



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS

DOCTORADO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

**IMPACTO DE LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES Y USO DE
RECURSOS NATURALES EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN
MÉXICO. UN ESTUDIO MULTISECTORIAL**

T E S I S

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE:
DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA**

P R E S E N T A

ILICH MIGUEL SANTIAGO ZÁRATE

**BAJO LA SUPERVISIÓN DE:
MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ DAMIÁN, DOCTOR EN
CIENCIAS**

CHAPINGO, EDO DE MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2023



APROBADA



**IMPACTO DE LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES Y USO DE
RECURSOS NATURALES EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN
MÉXICO. UN ESTUDIO MULTISECTORIAL**

Tesis realizada por **Ilich Miguel Santiago Zárate**, bajo la supervisión del comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

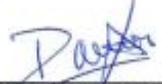
DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

DIRECTOR:



DR. MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ DAMIÁN

ASESOR:



DR. RAMON VALDIVIA ALCALÁ

ASESOR:



DR. CRISTÓBAL MARTÍN CUEVAS ALVARADO

LECTOR EXTERNO:



DRA. ARACELI GONZÁLEZ JUÁREZ

Chapingo, Texcoco, Estado de México, diciembre 2023.

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación.....	1
1.3	Planteamiento del problema de investigación	3
1.4	Objetivos	4
1.4.1	Generales	4
1.4.2	Particulares.....	4
1.5	Hipótesis.....	4
1.6	Estructura del documento.....	5
2	REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1	Matriz insumo producto	6
2.1.1	El Origen y Desarrollo del Análisis de Insumo-Producto.....	8
2.1.2	Adaptación del Análisis de Insumo-Producto para el Estudio del Medio Ambiente	9
2.1.3	Aplicaciones del Análisis de Insumo-Producto Ambiental.....	10
2.1.4	Críticas y Limitaciones del Análisis de Insumo-Producto Ambiental	12
2.1.5	La Importancia de una Aplicación Crítica del Análisis de Insumo-Producto Ambiental	13
2.2	Matrices de contabilidad Social ambiental.....	15
2.2.1	Importancia de las matrices de contabilidad social y ambiental.....	16
2.2.2	Definición y Concepto de Contabilidad Social-Ambiental	18
2.2.3	La matriz de contabilidad social como una extensión de la matriz insumo producto	20
2.2.4	El papel del Medio Ambiente en la Contabilidad Social	22
2.2.5	Aplicaciones de las Matrices de Contabilidad Social-Ambiental	24
2.2.6	Evaluación del Impacto Ambiental	24

2.2.7	Implicaciones de las Políticas y Decisiones de Inversión	26
2.2.8	Perspectiva Integral de la Interacción entre Economía y Medio Ambiente	27
2.2.9	Identificación y Cuantificación de Impactos Ambientales.....	29
2.2.10	Guía para las Decisiones de Política Pública y de la Empresa	30
2.2.11	Desafíos y Limitaciones de las Matrices de Contabilidad Social-Ambiental	32
2.2.12	Calidad y Disponibilidad de los Datos.....	32
2.2.13	Variabilidad y Complejidad de los Impactos Ambientales.....	33
2.2.14	Dificultades para Capturar Interacciones Dinámicas	34
2.2.15	El Futuro de las Matrices de Contabilidad Social-Ambiental	35
2.2.16	Necesidad de Mejorar la Calidad de los Datos	36
2.2.17	Avances en la Integración de los Factores Ambientales en la Contabilidad Social	36
2.2.18	Papel Potencial en el Diseño de Políticas Sostenibles	38
2.3	LITERATURA CITADA	38
3	EMISIONES DE CONTAMINANTES Y EL DESEMPEÑO ECONÓMICO EN MÉXICO: UN ANÁLISIS INSUMO PRODUCTO	48
3.1	1. INTRODUCCIÓN.....	49
3.2	2. MATERIALES Y MÉTODOS	51
3.3	3. RESULTADOS	62
3.4	Discusión.....	67
3.5	4. CONCLUSIONES.....	67
3.6	Referencias	69
4	IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y EL ANÁLISIS DE SUS POLÍTICAS PÚBLICAS	72
	Resumen	72
	Abstract	72
	keywords	72

4.1	INTRODUCCIÓN.....	73
4.2	MATERIALES Y MÉTODOS	73
4.2.1	FUNDAMENTOS DE LA SAMEA	74
4.2.2	MODELO DE MÚLTIPlicADORES CONTABLES DE LA SAMEA	75
4.2.3	Construcción de la SAMEA del estudio.	76
4.3	RESULTADOS	79
4.3.1	MULTIPLICADORES CONTABLES MONETARIOS	79
4.3.2	MULTIPLICADORES CONTABLES SOBRE EMISIONES CONTAMINANTES. 81	
4.3.3	SIMULACIÓN DE ESCENARIOS.	82
4.4	CONCLUSIONES.....	85
4.5	Referencias	86
5	CONCLUSIONES GENERALES.....	88
	APÉNDICES.....	90

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Versión simplificada de una Matriz Insumo Producto.....	52
Cuadro 2 Sectores económicos considerados de la MIP-2013.	57
Cuadro 3 Emisiones contaminantes brutas por sector productivo en la MIP-2013 (Gg CO2 eq)*	60
Cuadro 4 Dinámica de la demanda final para el periodo 2020-2029*	62
Cuadro 5 Índice de emisiones contaminantes de las ramas productivas definidas en la MIP-2013	63
Cuadro 6 Estructura de una SAM típica.....	74
Cuadro 7 Estructura de la SAMEA	75
Cuadro 8 Modelo de multiplicadores contables de la SAMEA	75
Cuadro 9 Matriz columna de emisiones contaminantes de la SAMEA-México.....	78
Cuadro 10 Multiplicadores contables de la producción sobre el valor añadido e ingreso de las instituciones.	79
Cuadro 11 Multiplicadores de la demanda de los hogares sobre la producción	80
Cuadro 12 Efectos multiplicadores de cada escenario simulado sobre el ingreso de las cuentas endógenas.	83
Cuadro 13 Efectos multiplicadores de cada escenario simulado sobre las emisiones contaminantes.	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Producción y emisiones de GEI, simuladas con base en el modelo IPD, 2013-2028*	65
Figura 2. Emisiones de GEI por tipo de gas emitido en escenarios A (línea sólida) y B (línea punteada), 2013-2028*	66
Figura 3 Esquema de la Matriz de Contabilidad Social de México para 2018	77
Figura 4 Multiplicadores sobre las emisiones contaminantes de las actividades productivas.	81
Figura 5 Impacto sobre el ingreso de los hogares y la emisión contaminante de los escenarios de política.	85

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1 SAMEA-México (Miles de millones de pesos).....	90
Apéndice 2 Cuentas de la Matriz de Contabilidad Social Agrupada de la investigación.....	92
Apéndice 3 Estructura de la SAM agregada del estudio	95

ABREVIATURAS USADAS

CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
CH4	Metano
CO2	Dióxido de Carbono
COVID 19	Coronavirus denominado SARS-CoV-2
EIOA	Environmental input-output analysis Environmentally Extended Social Accounting Matrix
ESAM	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FAO	
FBK	Formación bruta de capital
GEI	Gases de Efecto Invernadero Gigagramos de dióxido de carbono equivalente
GgCO2eq	
IGAE	Indicador Global de la Actividad Económica
MRIO	Insumo-producto multirregional Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INECC	
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero
INEGyCEI	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
IPCC	
IPD	Insumo Producto Dinámico
MIP	Matriz Insumo Producto
N2O	Óxido Nitroso
PIB	Producto Interno Bruto
SAM	Matriz de Contabilidad Social Matriz de Contabilidad Social y Medioambiental
SAMEA	Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEMARNAT	
SEEA	Sistema de Contabilidad Ambiental-Económica
SO2	El dióxido de azufre

DEDICATORIA

Con todo mi cariño y agradecimiento, dedico esta tesis a mis padres, que siempre han estado ahí para mí, que me ha apoyado y motivado en todo momento.

A mi ser más querido, mi mamá, Lourdes Zárate

A mis hermanos Dahir, Joel, Ángel, Lorena

A mi papá Joel

A mis amigos, Jhair, Alejandra, Jesdel, Chava, Fernando, Ivan,

A todos aquellos que contribuyen a ser de mí una mejor persona, mejor estudiante y profesional.

A las personas que han sido un apoyo incondicional durante la investigación y el proceso de escritura de la tesis.

A todas las personas que han inspirado la investigación.

“Si vas a intentarlo, ve hasta el final. De otra forma ni siquiera comiences”. Charles Bukowski.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado para realizar y culminar mis estudios de posgrado.

A mi alma mater, Universidad Autónoma Chapingo (UACH), por haberme acogido por tantos años en sus instalaciones, mi segunda casa.

Al posgrado de la DICEA por haberme recibido, cobijado y hacerme sentir parte de la familia por tantos años, muchas gracias

A mis familiares y amigos, que siempre han estado ahí para mí, y a mis compañeros, que me han apoyado y motivado en todo momento.

A mi director de tesis, Doctor Miguel Ángel Martínez Damián, por su guía, apoyo y paciencia durante todo el proceso de investigación y escritura de esta tesis. Su dedicación y conocimiento han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

A los integrantes del comité asesor, los Doctores Ramón Valdívia, Cristóbal Cuevas, por su valiosa contribución a la revisión de esta tesis. Sus comentarios y sugerencias han sido muy útiles para mejorar el trabajo.

A todos los profesores con los que tuve el tiempo y la oportunidad de convivir, por sus enseñanzas, consejos y conocimientos.

A las secretarías de posgrado, Chayito, Mirna, por todo el apoyo brindado, sus palabras de aliento y su siempre buena disposición de ayudar.

Esta tesis no habría sido posible sin el apoyo de todas estas personas. Les estoy profundamente agradecido.

Gracias totales

Ilich Miguel Santiago Zárate

Tal vez el elemento más importante en el dominio de las técnicas y tácticas de una carrera es la experiencia. Pero una vez que tienes los fundamentos, la adquisición de la experiencia es una cuestión de tiempo.” Greg LeMond

DATOS BIOGRÁFICOS



Nombre: Ilich Miguel Santiago Zárate

Fecha de Nacimiento: 16 de septiembre de 1990

Lugar de Nacimiento: San Pedro el Alto, Zimatlán de Álvarez, Oaxaca

CURP: SAZI900916HOCNRL00

Cédulas profesionales: Ingeniería en Economía Agrícola 11098750

Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales 12487686.

Nació en una pequeña comunidad del estado de Oaxaca, llamada San Pedro el Alto, perteneciente al municipio de Zimatlán de Álvarez, un 16 de septiembre de 1991, es el menor de 5 hermanos.

Asistió de 1996 a 2002 a la escuela primaria Mártires de Chicago que se encuentra en la misma comunidad, San Pedro el Alto.

Al culminar sus estudios de educación primaria en 2002, acudió a la escuela telesecundaria que se ubica en la Colonia Las Juntas, en la comunidad de San Pedro el Alto.

En el año 2007 ingresó al Instituto de Estudios de Bachillerato del estado de Oaxaca (IEBO), plantel 17, que se ubica en la colona las juntas, San Pedro el Alto.

En junio de 2011 ingresa a la Universidad Autónoma Chapingo, para cursar el propedéutico.

En el año 2012 ingresa a la División de Ciencias Económico Administrativas (DICEA), para cursar la carrera de ingeniero en economía agrícola.

De enero a abril de 2016 realizó sus prácticas profesionales en la Financiera Nacional de Desarrollo (FND), en la ciudad de Córdoba, Veracruz, apoyando en el seguimiento de los créditos y comprobaciones de estos.

En noviembre de 2016 obtiene el grado de ingeniero en economía agrícola, al presentar la tesis titulada “Análisis de la Rentabilidad y Eficiencia de la Producción de Maíz Grano de Temporal en los Principales DDRs de Oaxaca, 2015”.

En junio de 2019 obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales en la División de Ciencias Económico Administrativas (DICEA) en la UACH.

En julio de 2023 concluyó con sus estudios de posgrado siendo candidato a Doctor en Ciencias en Economía Agrícola en la UACH.

RESUMEN GENERAL

IMPACTO DE LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES Y USO DE RECURSOS NATURALES EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN MÉXICO. UN ESTUDIO MULTISECTORIAL¹

La investigación analiza los efectos de la actividad productiva de la economía mexicana sobre las emisiones de contaminantes. Para ello, utiliza dos enfoques complementarios: Un enfoque dinámico: basado en el modelo de Insumo Producto Dinámico (IPD), que permite evaluar los efectos directos e indirectos de la demanda final sobre las emisiones contaminantes. Un enfoque estático: basado en la construcción de una Matriz de Contabilidad Social Extendida Ambientalmente (SAMEA), que permite analizar las relaciones estructurales de la economía y sus externalidades medioambientales. Los resultados de la investigación indican que el crecimiento económico en México está asociado a un aumento de las emisiones contaminantes. En particular, un crecimiento rápido del consumo final provocaría un aumento en al menos un 25% de las emisiones contaminantes, incluso si se producen cambios tecnológicos. Los sectores de la energía, ganadería y agricultura son los principales emisores de contaminantes en México. Estos sectores también tienen un impacto significativo en las remuneraciones al capital. En el corto plazo, las políticas públicas que promueven el incremento de ingresos, como las transferencias gubernamentales, tienen las menores externalidades, de 0.69% de incremento en las emisiones de contaminantes, comparadas con el resto en el medio ambiente. Por el contrario, las políticas que promueven el incremento de las exportaciones primarias tienen un impacto negativo en el medio ambiente, debido a que se le asocia un incremento en las emisiones contaminantes de 1.35%. Las conclusiones de la investigación sugieren que México se encuentra lejos de poder lograr sus metas ambientales sin cambios profundos en las tecnologías productivas y en las políticas públicas. En particular, se requiere: Una transición hacia una economía baja en carbono. Esto implicará un cambio en el patrón de consumo y producción, así como la adopción de tecnologías más limpias. Además de una política pública que promueva el desarrollo sostenible. Esto implicará la integración de los objetivos ambientales en las políticas económicas.

Palabras clave: Cambio tecnológico, emisiones contaminantes, Matriz de Contabilidad Social Extendida Ambientalmente, Modelo de insumo producto dinámico, políticas públicas.

¹ Tesis de Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Ilich Miguel Santiago Zárate
Director de Tesis: Dr. Miguel Ángel Martínez Damián

GENERAL ABSTRACT

IMPACT OF POLLUTANTS EMISSIONS AND USE OF NATURAL RESOURCES IN AGRICULTURAL PRODUCTION IN MEXICO. A MULTISECTORAL STUDY²

The research analyzes the effects of the productive activity of the Mexican economy on pollutant emissions. To achieve this, it uses two complementary approaches: a dynamic approach based on the Dynamic Input-Output model (DPI), allowing the assessment of direct and indirect effects of final demand on pollutant emissions; and a static approach based on the construction of an Environmental Extended Social Accounting Matrix (ESAM), enabling the analysis of the economy's structural relationships and its environmental externalities. The research results indicate that economic growth in Mexico is associated with an increase in polluting emissions. In particular, rapid growth in final consumption would cause an increase of at least 25% in polluting emissions, even if technological changes occur. The energy, livestock and agriculture sectors are the main emitters of pollutants in Mexico. These sectors also have a significant impact on capital returns. In the short term, public policies that promote increased income, such as government transfers, have the lowest externalities, of 0.69% increase in pollutant emissions, compared to the rest in the environment. On the contrary, policies that promote the increase in primary exports have a negative impact on the environment, because they are associated with an increase in polluting emissions of 1.35%. The research conclusions suggest that Mexico is far from achieving its environmental goals without profound changes in productive technologies and public policies. Specifically, it requires a transition to a low-carbon economy, involving shifts in consumption and production patterns, alongside the adoption of cleaner technologies. Additionally, it needs a public policy that fosters sustainable development by integrating environmental objectives into economic policies.

Keywords: Technological change, pollutant emissions, Social and Environmental Extended Social Accounting Matrix, Dynamic Input-Output Model, public policies.

² Thesis, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Ilich Miguel Santiago Zárate
Advisor: Dr. Miguel ángel Martínez Damián

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

De acuerdo con el IPCC en su más reciente informe, indican que las emisiones antropogénicas acumuladas de gases de efecto invernadero (GEI) desde la era preindustrial han experimentado grandes aumentos en las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Entre 1750 y 2011 las emisiones antropogénicas de CO₂ a la atmósfera acumuladas fueron de 2 040 ± 310 GtCO₂. Alrededor del 40% de esas emisiones han permanecido en la atmósfera y el resto fueron removidas de la atmósfera y almacenadas en la tierra y en el océano. Los océanos han absorbido alrededor del 30% del CO₂ antropógeno emitido, provocando su acidificación. Alrededor de la mitad de las emisiones de CO₂ antropogénicas acumuladas entre 1750 y 2011 se han producido en los últimos 40 años (IPCC, 2014).

El aumento de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera del planeta, agrava el fenómeno del efecto invernadero, gracias al aumento en cantidad y variedad de algunos de los gases que integran el fenómeno. Las variaciones extremas en el efecto invernadero, provocado por el cambio en la concentración de dichos gases, genera la variabilidad del clima mundial mejor conocido como cambio climático.

1.2 Justificación

Desde el año 2012 México inició una transición legal e institucional para la atención de este fenómeno climático. El año 2020 supone el comienzo de una nueva etapa para México, ya que se deberían de comenzar a implementar las acciones comprometidas en el Acuerdo de París (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC], 2020); dentro de ellas la reducción no condicionada del 51% del volumen de sus emisiones para el año 2030 (Gobierno de la República, 2015).

Alcanzar los objetivos requiere un desacoplo entre misiones de GEI y PIB, a la fecha, y pese a que ha caído el ritmo de crecimiento en las emisiones contaminantes, no se muestra aún un desacoplamiento claro (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2020). Aún son necesarias políticas gubernamentales, más aún en una coyuntura como la del COVID-19, que ha pospuesto o cambiado algunas prioridades institucionales.

Por lo cual es imperante y necesario conocer la relación entre la producción o actividad sectorial y sus emisiones de GEI; ya que con base en ello es posible definir mejores y eficientes políticas o líneas de acción ante el cambio climático. Además de conocer el impacto de las decisiones del gobierno mexicano sobre el nivel de emisiones debido a las políticas que implementadas.

Un ejemplo de esta problemática es el sector agrícola, que, si bien es importante, es uno de los sectores más contaminantes, por lo cual un estudio del impacto de las emisiones de contaminantes y el uso de los recursos naturales en la producción agrícola en México es importante porque la agricultura es una actividad económica clave en el país y es vital para el suministro de alimentos y el sustento de millones de personas. Sin embargo, la producción agrícola también puede tener impactos negativos en el medio ambiente, como la emisión de gases de efecto invernadero y la contaminación del agua y del suelo.

Un estudio multisectorial que examine el impacto de estas emisiones y el uso de los recursos naturales en la producción agrícola en México puede ayudar a identificar los principales factores que contribuyen a estos impactos negativos y encontrar soluciones para reducirlos. Por ejemplo, se podrían identificar prácticas agrícolas más sostenibles que reduzcan el uso de agua y energía, y que también disminuyan la emisión de gases de efecto invernadero.

Además, un estudio de este tipo también puede ayudar a entender cómo estos impactos afectan a otros sectores, como la salud humana y la economía, lo que puede ser útil para la toma de decisiones a nivel gubernamental y empresarial. En

resumen, el estudio del impacto de las emisiones de contaminantes y el uso de los recursos naturales en la producción agrícola en México es importante para garantizar la sostenibilidad y la productividad del sector agrícola, así como para proteger el medio ambiente y mejorar la calidad de vida de las personas.

1.3 Planteamiento del problema de investigación

De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, n.d.), la creciente quema de combustibles y los cambios en el uso de la tierra han y continúan emitiendo cantidades cada vez mayores de gases de efecto invernadero (por ejemplo, dióxido de carbono [CO₂], metano [CH₄] y dióxido de nitrógeno [N₂O]); lo que se ha asociado a aumentos de la temperatura (cambio climático), por ejemplo, (Melillo et al., 1993) estimaron un aumento de entre 1.2°C y 4.5°C para el siglo XXI.

Para México son diversos los hallazgos de la literatura al respecto. Con base en un modelo de equilibrio general computable, (Boyd e Ibararán, 2016) cuantificaron los impactos del cambio climático sobre un agregado de cuentas macroeconómicas y sobre la producción sectorial. Como parte de sus conclusiones se sustrae que, con respecto al 2005, seguir como hasta ahora representaría una reducción del 6.42% en el Producto Interno Bruto (PIB) para 2020 y de 9.19% para 2030; se estima que la agricultura experimentará una pérdida de 5.12% para 2020 y de 9.95% a 2030.

Por lo anterior, la investigación plantea conocer la relación entre emisiones de contaminantes y la actividad productiva de la sociedad a través de la implementación de un modelo multisectorial con base en una matriz de insumo producto o MIP y de la matriz de contabilidad social ambiental (SAMEA), ambas matrices añaden no solo las relaciones entre actividades productivas, sino también las emisiones contaminantes.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Analizar la relación entre la producción o actividad sectorial y sus emisiones de GEI; ya que con base en ello es posible definir mejores y eficientes políticas o líneas de acción ante el cambio climático.

1.4.2 Particulares

- Implementación de un modelo multisectorial con base en una matriz de insumo producto o MIP, que añade no solo las relaciones entre actividades productivas, sino también las emisiones contaminantes, que puede servir de referencia sobre los retos y factores clave para la definición de las políticas ambientales.
- Cuantificar y analizar el comportamiento dinámico de la relación entre los sectores económicos y sus emisiones de contaminantes, con base en la matriz de contabilidad social; con ello será posible definir mejores y eficientes políticas o líneas de acción ante el cambio climático.

1.5 Hipótesis

Las emisiones de contaminantes de los principales sectores económicos están directamente relacionadas con el ritmo de crecimiento del consumo. En ausencia de cambios tecnológicos, un crecimiento rápido del consumo provocará un aumento de las emisiones contaminantes.

La política pública del gobierno tiene impacto sobre las emisiones contaminantes por sus efectos arrastre en la actividad económica y estos son de mayor o menor intensidad, dependiendo de los objetivos de políticas.

1.6 Estructura del documento

La presente investigación se compone de un apartado introductorio, además de cuatro capítulos más y los Apéndices respectivos. En la introducción se explica brevemente acerca del aumento de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera del planeta, lo que a su vez agrava el fenómeno del efecto invernadero, gracias al aumento en cantidad y variedad de algunos de los gases que integran el fenómeno. En el segundo capítulo se hace una revisión de las principales investigaciones que han contribuido y han abordado la temática del cambio climático, emisiones de GEI y políticas implementadas. Se revisan también algunas teorías y conceptos que resultaron de interés para la investigación. En el tercer capítulo se expone el artículo **“Emisiones de Contaminantes y el Desempeño Económico en México: Un Análisis Insumo Producto”**. En cuarto capítulo se expone el segundo artículo **“Impacto de las Actividades Económicas sobre el Medio Ambiente y el Análisis de sus Políticas Públicas”**. En el quinto capítulo se exponen las conclusiones y recomendaciones del estudio. Finalmente, en los apéndices se incluye información adicional que apoyo el desarrollo de capítulos de metodología y resultados.

2 REVISIÓN DE LITERATURA.

Existe una gran variedad de artículos que abordan el tema de las emisiones de contaminantes, en donde las matrices de insumo producto y la de contabilidad social han sido aplicadas. En los siguientes párrafos se presentarán una breve reseña y definición de la matriz insumo producto (MIP) y de la matriz de contabilidad social ambiental (SAMEA o ESAM). Posteriormente se hará un análisis de los principales estudios realizados, principalmente aquellos relacionados con matrices de contabilidad social ambiental.

2.1 Matriz insumo producto

En el mundo actual, la relación entre la economía y el medio ambiente es cada vez más evidente. Con la aparición y el continuo desarrollo de la era industrial, las actividades humanas han dejado una huella importante en la Tierra, provocando cambios en los ecosistemas y alteraciones ambientales a gran escala. Estos cambios han dado lugar a fenómenos tales como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, con implicaciones de largo alcance para la vida humana y la sostenibilidad de nuestra civilización (Steffen et al., 2007).

Para enfrentar estos desafíos, es importante comprender y cuantificar las interacciones entre la economía y el medio ambiente. A lo largo del siglo XX, los economistas y los científicos ambientales han desarrollado una serie de herramientas y métodos analíticos para este propósito. Una de las metodologías más influyentes en este campo es el análisis de insumo-producto (I-O).

El análisis de I-O fue desarrollado por el economista Wassily Leontief en la década de 1930 como una forma de explicar las complejas interdependencias entre diferentes sectores de la economía (W. W. Leontief, 1936) El modelo de Leontief ha demostrado ser extremadamente útil, y ha utilizado en una variedad de contextos, desde la planificación macroeconómica hasta el estudio de las redes comerciales globales (Miller & Blair, 2009a).

Además, en las últimas décadas se ha llevado cabo el análisis de I-O para el estudio de las interacciones entre la economía y el medio ambiente. En esta versión ambiental del análisis de I-O, conocida como análisis de insumo-producto ambiental (EIOA, por sus siglas en inglés), las matrices de I-O se utilizan para trazar los flujos de energía y materiales a través de la economía, proporcionando una visión más profunda de cómo nuestras actividades económicas impactan en el medio ambiente y cómo podríamos hacerlas más sostenibles (Nakamura, 1999a).

El análisis EIOA se ha convertido en una herramienta importante para la medición y la evaluación de la sostenibilidad. A través de las matrices de insumo-producto, es posible analizar en detalle cómo el consumo de diferentes productos y servicios se traduce en la utilización de recursos naturales, la generación de residuos y las emisiones de gases de efecto invernadero. Esta información es esencial para comprender dónde estamos y cómo podemos avanzar hacia un futuro sostenible (Hoekstra & Wiedmann, 2014a).

Este estudio examina el papel del análisis de insumo-producto en la comprensión del impacto medioambiental de las actividades económicas. Se realiza una discusión sobre el origen y desarrollo del análisis de I-O, seguido de una descripción de su adaptación para el estudio de los problemas ambientales. A continuación, se analizará algunas de las aplicaciones más importantes del análisis EIOA, incluyendo su uso para calcular las huellas ecológicas y de carbono, así como su aplicación en el contexto de la economía circular. Durante la discusión, se abordarán algunas de las críticas y limitaciones del análisis EIOA.

A pesar de sus limitaciones, el análisis de insumo-producto ambiental es una herramienta importante para el estudio de las interacciones entre la economía y el medio ambiente. El análisis EIOA proporciona información valiosa para la toma de decisiones y la formulación de políticas destinadas a promover la sostenibilidad. Sin embargo, también se debe tomar en cuenta las limitaciones del análisis EIOA y aplicarlo con discreción y consideración.

El uso de las matrices de insumo-producto para el estudio del medio ambiente es un campo de investigación interdisciplinario, que requiere la colaboración entre

economistas, científicos ambientales, ingenieros y hacedores de políticas. A través de este proceso colaborativo, el análisis EIOA puede ayudar a revelar las múltiples facetas de nuestras interacciones con el medio ambiente, brindando una base sólida para la acción y la reflexión.

Es importante señalar que el análisis de insumo-producto, ya sea económica o ambiental, no es una panacea. Este enfoque tiene limitaciones, y hay muchos aspectos de nuestras interacciones con el medio ambiente que el análisis EIOA no puede capturar. Sin embargo, esta metodología tiene un papel importante en la búsqueda colectiva de un futuro más sostenible.

Además, es importante destacar que la sostenibilidad no es solo un problema técnico que puede resolverse mediante el uso de herramientas analíticas. La sostenibilidad es un desafío que requiere cambios fundamentales en nuestras formas de pensar, en nuestras instituciones y en nuestras prácticas diarias. El análisis de insumo-producto puede proporcionar información valiosa para guiar estos cambios, pero por sí sola no producirá el cambio que necesitamos.

Finalmente, el propósito del capítulo es examinar el papel del análisis de insumo-producto en la comprensión del impacto medioambiental de las actividades económicas. A través de esta revisión, se espera contribuir a la comprensión del papel que pueden desempeñar las herramientas de evaluación en el desarrollo de la resiliencia y la creación de políticas eficaces y eficientes.

2.1.1 El origen y desarrollo del análisis de insumo-producto

El concepto de análisis de insumo-producto fue desarrollada por el economista Wassily Leontief en la década de 1930. Basado en su trabajo sobre las interrelaciones en la economía de los Estados Unidos, Leontief desarrolló un sistema que podía describir cómo los cambios en una parte de la economía pueden afectar a otras partes (Leontief, 1936). Este concepto se materializó en las matrices

de insumo-producto, que proporcionan una descripción detallada de las interacciones económicas entre diferentes sectores y regiones.

En la matriz de insumo-producto, las filas representan los insumos (recursos utilizados en la producción) y las columnas representan los productos (bienes y servicios producidos). Cada celda de la matriz muestra el valor de los insumos de una industria que se utilizan en la producción de otra industria. La matriz de insumo-producto proporciona una idea de la economía de una sociedad durante un período de tiempo. (Miller & Blair, 2009).

El análisis de insumo-producto proporciona una descripción integral de la economía, destacando las interdependencias entre diferentes sectores. Esta visión es importante para comprender la economía como un sistema interconectado, donde los cambios en una parte pueden tener efectos de onda en todo el sistema. Esta perspectiva sistémica es también crucial para comprender la interacción entre la economía y el medio ambiente, ya que los impactos ambientales de nuestras actividades económicas a menudo resultan de las interrelaciones complejas entre diferentes sectores y procesos (Nakamura, 1999a).

2.1.2 Adaptación del análisis de insumo-producto para el estudio del medio ambiente

En las últimas décadas, el análisis de insumo-producto ha sido adaptado para el estudio del impacto medioambiental de las actividades económicas. Esta adaptación ha dado lugar al análisis de insumo-producto ambiental (EIOA), que utiliza las matrices de insumo-producto para trazar los flujos de energía y materiales a través de la economía (Nakamura, 1999a).

En el EIOA, las matrices de insumo-producto se extienden para incluir las "entradas ambientales" (como la energía y los materiales utilizados) y las "salidas ambientales" (como los residuos y las emisiones generadas). Esta extensión permite a los analistas rastrear cómo el consumo de diferentes productos y servicios

se traduce en impactos ambientales, brindando una descripción detallada de la "dimensión ambiental" de las actividades económicas (Hoekstra & Wiedmann, 2014a).

El EIOA se ha utilizado en una variedad de aplicaciones, desde la evaluación ambiental hasta el análisis de políticas y la planificación de la sostenibilidad. A través de estas herramientas, el EIOA ha demostrado ser una herramienta valiosa para comprender y gestionar de nuestras interacciones con el medio ambiente.

2.1.3 Aplicaciones del análisis de insumo-producto ambiental

Una de las aplicaciones más importantes del EIOA es la medición de las huellas ecológicas y de carbono. La "huella ecológica" se refiere a la cantidad total de recursos naturales que son consumidos por una persona, una organización o un país. La "huella de carbono" se refiere a la cantidad total de gases de efecto invernadero que son emitidos como resultado de las actividades humanas. Las huellas se pueden calcular utilizando las matrices de insumo-producto ambiental, proporcionando una medida cuantitativa del impacto humano en el medio ambiente (Wiedmann Thomas & Minx Jan, 2008).

En este sentido (Lin et al., 2013), analizan la importancia de la contabilidad de la huella de carbono en el seguimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero a diferentes niveles, desde productos individuales hasta ciudades y países. El enfoque híbrido EIO-LCA, que combina los puntos sólidos del análisis de procesos y del análisis de insumo-producto medioambiental, se destaca como un método efectivo para el análisis de la huella de carbono. En el artículo subrayan la necesidad de realizar un análisis más detallado de la huella de carbono en las ciudades chinas, dada su importante contribución a las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, y analiza las características y diferencias de las emisiones urbanas chinas de GEI. Además, concluye que, el EIO-LCA híbrido es un enfoque prometedor que combina los puntos fuertes del análisis de procesos y del

análisis de insumo-producto medioambiental para superar sus limitaciones en el análisis de microsistemas y macrosistemas.

El EIOA también se ha utilizado en el contexto de la economía circular, un concepto que hace referencia a la idea de minimizar los residuos y maximizar la reutilización de los recursos en la economía. En este sentido, las matrices de insumo-producto pueden ser utilizadas para identificar oportunidades de reciclaje y reutilización, así como para evaluar los impactos ambientales de diferentes estrategias de economía circular (Haas et al., 2015).

Por su parte (Kjaer et al., 2015), en su estudio analizó la importancia de que las empresas amplíen sus esfuerzos de sostenibilidad desde la reducción de sus propios impactos ambientales hasta la inclusión de los impactos integrados en la cadena de suministro. El artículo explora el uso de análisis de insumo-producto ambiental (EIO) como un enfoque prometedor para lograr cuantificaciones ambientales, incluyendo todos los impactos de la cadena de suministro. Los autores utilizan tres estudios de casos para demostrar y evaluar el planteamiento, con el objetivo de responder a dos preguntas de investigación:

¿Cuáles son los puntos fuertes y débiles del enfoque EIO? y ¿Cómo influye la aplicación del enfoque EIO en la agenda medioambiental de las empresas? Los tres casos se refieren a una cuenta corporativa de la huella de carbono de tres organizaciones regionales danesas de atención sanitaria, un análisis EIO utilizado para la contabilidad medioambiental de pérdidas y ganancias de la empresa sanitaria Novo Nordisk A/S, y una evaluación del ciclo de vida de un buque cisterna operado por la naviera TORM A/S. Este artículo concluye que el enfoque EIO puede contribuir significativamente al proceso de desarrollo, incluida la logística y la gestión de la cadena de suministro.

En su estudio (Acquaye et al., 2017), hablan sobre la necesidad de tener marcos analíticos consistentes para medir el desempeño de la sustentabilidad ambiental en niveles nacional y empresarial, considerando las actividades indirectas de la cadena de suministro y las presiones ambientales. Proponen un enfoque que utiliza modelos multirregionales de insumo-producto para evaluar los sectores económicos a nivel

sectorial en países específicos y en la Cadena Global de Valor, calculando los efectos ambientales directos e indirectos. El estudio destaca las ventajas del enfoque de marco de modelado de insumo-producto multirregional (MRIO) y enfatiza la importancia de medir los impactos ambientales para evaluar si se están logrando patrones de consumo y producción más sostenibles.

Asimismo, los autores indican que medir el desempeño ambiental de las cadenas de suministro es un desafío debido a la complejidad inherente y la naturaleza dinámica de las cadenas de suministro, así como también a la existencia de múltiples medidas ya veces contradictorias. Por lo cual, el autor considera que el marco de modelado de insumo-producto multirregional (MRIO) se puede utilizar para calcular los efectos ambientales directos e indirectos, como el CO₂, el SO₂, la biodiversidad, el consumo de agua y la contaminación, y puede proporcionar un marco metodológico coherente para evaluar el desempeño de la sostenibilidad ambiental en todo el mundo.

Además, el EIOA se puede utilizar para evaluar las implicaciones de las políticas y decisiones de inversión. Por ejemplo, las matrices de insumo-producto pueden ser utilizadas para evaluar los impactos ambientales de diferentes escenarios de política energética, o para analizar los efectos de las inversiones en infraestructuras verdes (Hertwich, 2005).

2.1.4 Críticas y limitaciones del análisis de insumo-producto ambiental

A pesar de su utilidad, el análisis de insumo-producto ambiental no está exento de críticas. Una de las críticas más comunes es que el EIOA puede ser muy general y no capturar las variaciones detalladas en los impactos ambientales. Por ejemplo, es posible que el EIOA no refleje las diferencias en los impactos ambientales de los productos que son producidos en diferentes formas o en diferentes lugares (Suh & Huppel, 2005a).

Además, el EIOA depende de la disponibilidad de datos de alta calidad. Sin embargo, los datos sobre los flujos de energía y materiales a través de la economía a menudo son incompletos o inexactos, lo que puede limitar la precisión y la utilidad del análisis de insumo-producto ambiental (Lenzen, 2000a).

A pesar de estas limitaciones, el análisis de insumo-producto ambiental tiene un papel importante que desempeñar en la comprensión de las interacciones entre la economía y el medio ambiente. Por lo tanto, este método merece ser explorado y desarrollado aún más, en combinación con otras herramientas y metodologías.

2.1.5 La importancia de una aplicación crítica del análisis de insumo-producto ambiental

A pesar de las críticas y limitaciones, el análisis de insumo-producto ambiental sigue siendo una herramienta valiosa para comprender las interacciones entre la economía y el medio ambiente. Sin embargo, es importante que este método se aplique de manera crítica y reflexiva.

Un uso crítico del EIOA implica ser consciente de sus limitaciones y la cautela al interpretar sus resultados. Por ejemplo, los resultados del EIOA deben interpretarse en el contexto de los supuestos y los datos en los que se basan. Además, los resultados del EIOA no deben considerarse como la única fuente de información, sino que deben ser respaldados por otras herramientas y enfoques (Suh et al., 2004).

Además, una aplicación crítica del EIOA implica un compromiso con la mejora continua de los métodos y los datos. Esto implica trabajar para mejorar la calidad de los datos y para desarrollar nuevas metodologías que puedan abordar las limitaciones del EIOA. También implica seguir lo que en el campo y estar tratar a revisar y actualizar los métodos y los supuestos a medida que se disponga de nueva información y comprensión.

Finalmente, una aplicación crítica del EIOA implica un compromiso con la calidad y la implementación efectiva. Esto significa que los investigadores deben tratar de asegurarse de que sus trabajos son relevantes para los desafíos prácticos y las decisiones que enfrentan los tomadores de decisiones y los responsables de la formulación de políticas. Además, significa que los investigadores deben tratar de presentar sus hallazgos de una manera que sea accesible y comprensible para los no especialistas.

En resumen, el análisis de insumo-producto ambiental es una poderosa herramienta para comprender las interacciones entre la economía y el medio ambiente. A través de su enfoque integrado y cuantitativo, este enfoque brinda una visión única de la estructura y el funcionamiento de nuestra economía y su impacto en el medio ambiente.

Sin embargo, también es importante que este método se aplique de manera crítica y reflexiva. Esto implica ser consciente de las limitaciones del EIOA, la interpretación adecuada de sus resultados, el trabajo para mejorar sus métodos y datos, y los esfuerzos para que sus hallazgos sean relevantes y accesibles para los responsables de la toma de decisiones y los responsables de las políticas.

A medida que nos enfrentamos a desafíos ambientales cada vez más graves, desde el cambio climático hasta la pérdida de biodiversidad y el agotamiento de los recursos, es fundamental que tengamos las herramientas y la comprensión para superar estos desafíos. En este sentido, el análisis de insumo-producto ambiental proporciona una base prometedora para entender y resolver estos desafíos. Pero su éxito final dependerá de nuestra capacidad para utilizar este enfoque de manera crítica y reflexiva, y para integrarlo con otras herramientas y enfoques en nuestra gama.

2.2 Matrices de contabilidad social ambiental

La relación entre la economía y el medio ambiente es una de las cuestiones más críticas en el mundo moderno, con la necesidad cada vez mayor de un equilibrio entre el desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental (Stiglitz, 2019). En este contexto, la contabilidad social y ambiental surge como un enfoque fundamental que permite una evaluación integral de estas relaciones. A través de este enfoque, es posible mapear las transacciones económicas y sus implicaciones ambientales de una manera cuantitativa y coherente (Hoekstra & Wiedmann, 2014b).

Dado que nuestra economía global continúa creciendo y evolucionando, los impactos en el medio ambiente también han seguido un patrón similar. Nuestras actividades económicas, ya sea a través de la producción industrial, la explotación de recursos naturales o el consumo de bienes y servicios, tienen consecuencias significativas en nuestro entorno natural (Lenzen et al., 2012). Estos impactos pueden manifestarse de diversas formas, desde la emisión de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático, hasta la contaminación del agua y del aire, la degradación del suelo, la pérdida de biodiversidad y la alteración de los ecosistemas (Hoekstra & Wiedmann, 2014).

Por otro lado, el crecimiento económico ha llevado a mejoras en la salud y el bienestar de muchas personas. Sin embargo, este crecimiento también ha provocado un uso excesivo de los recursos naturales y una presión sin precedentes sobre el ecosistema mundial. El continuo crecimiento de la economía mundial, si no cambia, puede empujarnos más allá de los límites del planeta, afectando la sostenibilidad de nuestro planeta y la calidad de vida de las generaciones futuras. (Rockström et al., 2009), (Steffen et al., 2015).

Por lo tanto, es crucial contar con herramientas y enfoques que nos permitan entender y abordar estas interacciones complejas entre la economía y el medio ambiente. Aquí es donde entra la contabilidad social y ambiental, y más específicamente, las matrices de contabilidad social y ambiental

Las matrices contabilidad social y ambiental son una extensión del sistema contable que organiza los procesos económicos en la economía. Sin embargo, en lugar de centrarse únicamente en las interacciones económicas, estas matrices también incluyen factores ambientales, lo que brinda una imagen más amplia de la interacción entre la economía y el medio ambiente. (Lenzen et al., 2012).

Este enfoque proporciona un enfoque completo e integrado para analizar las relaciones económico-ambientales. Esto puede ayudar a determinar los impactos ambientales de diversas actividades económicas, evaluar la efectividad de las políticas y prácticas de desarrollo y proporcionar información para la toma de decisiones y el desarrollo de políticas en los sectores público y privado. (Suh & Huppes, 2005b).

En este apartado, se proporciona un acercamiento detallado de las matrices de contabilidad social y ambiental: cómo funcionan, qué beneficios ofrecen, qué desafíos enfrentan, y cómo se pueden mejorar y utilizar en el futuro.

2.2.1 Importancia de las matrices de contabilidad social y ambiental

En esta sección se argumenta que las matrices de contabilidad social y ambiental representan una herramienta importante que permite capturar la interacción entre la economía y el medio ambiente, proporcionando información vital para la toma de decisiones y la formulación de políticas. Sin embargo, a pesar de su importancia, también enfrenta grandes desafíos, especialmente en términos de calidad y disponibilidad de datos, y la complejidad de los impactos ambientales que intenta capturar.

Las matrices de contabilidad social y ambiental, al integrar datos tanto económicos como ambientales, tienen el potencial de cambiar fundamentalmente nuestra comprensión de la economía y su relación con el medio ambiente. Proporcionando un marco que puede desafiar las narrativas económicas tradicionales y apoyar la transición hacia una economía verdaderamente sostenible.

Sin embargo, a pesar de su valor potencial, la implementación y el uso de las matrices de contabilidad social y ambiental no están exentos de problemas. En particular, existen serios problemas en torno a la calidad y disponibilidad de los datos ambientales necesarios para alimentar estas matrices. La recopilación de datos ambientales es inconsistente, fragmentada o simplemente inexistente, lo que puede limitar la eficacia de estas matrices (T. O. Wiedmann et al., 2015).

Además, los efectos ambientales complejos e indirectos a menudo pueden dificultar su cuantificación y representación en las matrices de contabilidad. Por ejemplo, cómo se cuantifica y se registra el impacto de una actividad económica sobre la pérdida de biodiversidad o en el cambio climático puede ser un gran desafío (Lenzen et al., 2012).

A pesar de estas limitaciones, se puede argumentar que las matrices de contabilidad social y ambiental siguen siendo una herramienta importante que puede impulsar nuestra comprensión de la economía y su impacto en el medio ambiente. Con mejoras continuas en la recopilación de datos y en los métodos de análisis, las matrices de contabilidad social y ambiental pueden desempeñar un papel cada vez más importante en la gestión sostenible de nuestra economía global.

Cada vez más, académicos, organizaciones y gobiernos reconocen la importancia de incluir la sostenibilidad ambiental como parte integral de la planificación y la toma de decisiones económicas. Este cambio ha sido impulsado por la creciente conciencia de los desafíos ambientales, como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la degradación del suelo y la escasez de agua, y cómo estos desafíos están interrelacionados con nuestras actividades económicas (Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015).

El objetivo principal es proporcionar una evaluación integral de las matrices de contabilidad social y ambiental. Esta revisión buscó ir más allá de una simple descripción de estas matrices, y en cambio, trató de destacar su importancia y su capacidad para abordar algunas de las cuestiones más importantes de nuestro tiempo.

Una de las principales áreas de enfoque será la aplicación de las matrices de contabilidad social y ambiental en diferentes contextos. Se explora cómo estas matrices se han utilizado en la práctica, qué tipo de información han proporcionado, y cómo esa información ha sido utilizada para informar la toma de decisiones y la formulación de políticas.

Además, se examinó los beneficios y ventajas de las matrices de contabilidad social y ambiental en comparación con los enfoques convencionales de contabilidad y evaluación económica. Esta revisión intentará demostrar cómo las matrices de contabilidad social y ambiental pueden proporcionar una visión más completa y detallada de las interacciones económico-ambientales

Finalmente, se abordarán los desafíos y limitaciones de las matrices de contabilidad social y ambiental. Esta sección se abordó tanto de los problemas técnicos y metodológicos, así como cuestiones más amplias relacionadas con la recopilación de datos y la interpretación de los resultados.

2.2.2 Definición y concepto de contabilidad social-ambiental

Las matrices de contabilidad social-ambiental (ESAM) son una extensión de las matrices de contabilidad social (SAM), utilizadas por los economistas durante mucho tiempo para mapear las transacciones económicas dentro de una economía (Pyatt & Round, 1985). Las SAM brinda información detallada de cómo los diferentes sectores económicos interactúan entre sí y cómo se distribuyen los ingresos dentro de la economía. Al mismo tiempo, las SAM también permiten un análisis detallado de las relaciones entre la economía y los hogares, así como de las transacciones con el exterior.

Las ESAM amplían este marco al incorporar datos y variables ambientales. En términos simples, esto puede implicar agregar una serie de "cuentas ambientales" a la SAM existente. Estas cuentas ambientales pueden incluir datos sobre el uso de recursos naturales por parte de los diferentes sectores económicos, las emisiones de gases de efecto invernadero, la generación de residuos y otros impactos

ambientales relacionados con las actividades económicas (W. Leontief, 1970; Miller & Blair, 2009a).

Al incorporar estos datos ambientales en el marco de la SAM, las ESAM permiten un análisis detallado y coherente de las interacciones entre la economía y el medio ambiente. Por ejemplo, pueden utilizarse para identificar qué sectores económicos son los principales emisores de gases de efecto invernadero, o para evaluar cómo las políticas económicas o ambientales pueden afectar tanto a la economía como al medio ambiente (Suh & Huppes, 2005b; T. O. Wiedmann et al., 2015)

Además, al igual que las SAM, las ESAM también pueden ser utilizadas para realizar análisis de múltiples regiones o a nivel global. Por ejemplo, las ESAM se puede utilizar para analizar las interacciones económico-ambientales entre diferentes países o regiones, o para estudiar el impacto de las cadenas de suministro globales en el medio ambiente (Lenzen et al., 2012; Tukker & Dietzenbacher, 2013a).

Por lo tanto, Las ESAM representan una herramienta poderosa para el análisis económico y ambiental. Proporcionan un marco coherente y flexible que puede adaptarse a diferentes situaciones y necesidades, y que puede ser utilizado para abordar una amplia gama de cuestiones económicas y ambientales.

Las ESAM también son importantes para mapear la relación entre la producción económica y consumo, y los impactos ambientales, en un sistema integrado. Al hacerlo, las ESAM modelan las conexiones a menudo ocultas y complejas entre la actividad económica y los resultados ambientales.

Por ejemplo, las ESAM se pueden utilizar para demostrar cómo el consumo en un sector de la economía puede conducir a la producción en otro sector, lo que a su vez puede resultar en emisiones de gases de efecto invernadero o la generación de residuos. De manera similar, una ESAM se puede utilizar para analizar cómo los cambios en la política económica o ambiental pueden afectar estas relaciones intersectoriales y, por lo tanto, los resultados ambientales (Wiedmann et al., 2015)

En este sentido, las ESAM son una poderosa herramienta para la formulación de políticas y la toma de decisiones. Pueden ayudar a los formuladores de políticas a

comprender las implicaciones ambientales de las decisiones económicas, y a diseñar políticas que tengan en cuenta tanto los objetivos económicos como los ambientales (Lenzen et al., 2012).

Es importante señalar que las ESAM son solo una de las herramientas de los distintos métodos disponibles para el análisis económico-ambiental. Como ocurre con cualquier herramienta, las ESAM tienen sus limitaciones y no son apropiadas para todas las situaciones o preguntas de investigación. Sin embargo, si se utilizan correctamente y con una comprensión de sus limitaciones, las ESAM pueden proporcionar perspectivas valiosas y únicas sobre interacción entre la economía y el medio ambiente.

2.2.3 La matriz de contabilidad social como una extensión de la matriz insumo producto

Las matrices de contabilidad social (SAM) son una estructura de datos que proporciona una visión detallada y coherente de una economía en un año en particular (Round, 2003). Están diseñadas para mostrar de manera precisa las interrelaciones entre diferentes sectores económicos, hogares, instituciones gubernamentales, y el resto del mundo.

Las SAM son una extensión de las matrices de insumo-producto (MIP) desarrolladas por Leontief (1970). Si bien las MIP solo consideran las transacciones entre diferentes sectores económicos, las SAM incluye todos los flujos en la economía, incluidos los flujos de factores primarios (como el trabajo y el capital), los flujos entre las instituciones (como los hogares y el gobierno), y los flujos con el resto del mundo.

Una característica importante de las SAM es que cada columna de la matriz debe ser igual, es decir, los ingresos deben igualar los egresos. Esto refleja el principio contable fundamental de que cada transacción tiene una doble entrada, un débito y un crédito. Por ejemplo, si un hogar gasta dinero en bienes y servicios, esto se

registra como un egreso en la cuenta del hogar y un ingreso en la cuenta del sector productivo correspondiente (Pyatt & Round, 1985).

Las SAM representan un marco contable que incluye no sólo los flujos intersectoriales de bienes y servicios, que son los datos tradicionales de la matriz de insumo-producto (MIP), sino también las transacciones que ocurren entre diferentes actores institucionales (Round, 2003). Las columnas en una SAM representan a los productores o pagadores, mientras que las filas representan a los receptores de pagos. Así, cada celda en una SAM representa una transacción específica de un pagador a un receptor.

Las SAM también incluyen la contabilidad de las transferencias, que son flujos económicos que no están vinculados a la producción o consumo de bienes y servicios. Estos incluyen las transferencias de dinero entre instituciones, como los pagos de impuestos de los hogares al gobierno o las prestaciones sociales del gobierno a los hogares.

Además, las SAM pueden desglosarse para representar diferentes tipos de trabajo y capital, lo que permite un análisis más detallado de cómo estos factores de producción se utilizan en diferentes sectores de la economía. Por ejemplo, la columna de trabajo podría desglosarse en trabajo no cualificado, trabajo cualificado y trabajo altamente cualificado, lo que proporcionaría una imagen más detallada de cómo estos diferentes tipos de trabajo se distribuyen entre diferentes sectores económicos.

El uso de las SAM en el análisis económico y ambiental puede ser muy útil para identificar cómo las decisiones en un área de la economía pueden afectar a otros sectores. Por ejemplo, un aumento en la producción agrícola podría llevar a un aumento en la demanda de trabajo no cualificado en la agricultura, pero podría disminuir la demanda de trabajo no cualificado en otros sectores si los trabajadores se desplazan hacia la agricultura.

Aunque las SAM son una herramienta poderosa para el análisis económico y ambiental, es importante recordar que representan una imagen estática de la

economía en un año determinado. No muestran cómo los flujos económicos pueden cambiar con el tiempo en respuesta a cambios en las políticas o en las condiciones del mercado.

En resumen, las SAM son una extensión de las MIP que permiten un análisis más detallado de las interacciones económicas. Proporcionan una imagen detallada de cómo los bienes, servicios y factores de producción fluyen a través de la economía, y cómo estos flujos están interconectados.

2.2.4 El papel del medio ambiente en la contabilidad social

La contabilidad social, a través de las matrices de contabilidad social (ESAM), se enfoca en la interacción de los diferentes sectores económicos y las transacciones que se realizan entre ellos. No obstante, el papel del medio ambiente en la contabilidad social se ha vuelto cada vez más importante. Esto se debe a que las actividades económicas afectan en el medio ambiente, y las condiciones ambientales pueden afectar el desarrollo económico (J.-J. Ferng, 2001).

El medio ambiente proporciona muchos servicios ecológicos que son importantes para la economía. Estos servicios incluyen el abastecimiento de recursos naturales, como el agua y los minerales, la regulación del clima y la gestión de riesgos, y los beneficios culturales y recreativos que las personas obtienen de la naturaleza (Costanza et al., 1997). Estos servicios a menudo se pasan por alto en las ESAM tradicionales, pero su inclusión es esencial para representar la economía en su totalidad.

Asimismo, las actividades económicas podrían tener un impacto significativo en el medio ambiente. Por ejemplo, el crecimiento de la industria puede dar lugar a la emisión de contaminantes al aire, agua y suelo, en tanto que el crecimiento agrícola puede provocar a la deforestación y la pérdida de biodiversidad. Estos impactos ambientales pueden tener repercusiones económicas, como los costos de salud asociados con la contaminación del aire y el agua, y la pérdida de servicios ecosistémicos debido a la degradación ambiental (Suh & Kagawa, 2006) I.

En este sentido Lange, (2004), menciona que las Matrices de Contabilidad Social y Ambiental (ESAM), pueden ser útiles en el diseño de políticas ya que representan flujos económicos y ambientales que pueden proporcionar información valiosa. En específico, pueden ayudar a identificar los sectores que utilizan muchos recursos naturales o generan contaminación significativa, lo que puede ser útil para diseñar políticas que promuevan un uso más eficiente de los recursos y la reducción de la contaminación. Asimismo, al incluir el valor de los servicios ecosistémicos en las ESAM, se puede destacar su importancia para la economía y ayudar a justificar políticas que promuevan su conservación.

Las ESAM también pueden contribuir para evaluar el impacto de las políticas ambientales. En particular, si una política está diseñada para reducir las emisiones en un sector específico, las ESAM pueden ayudar a evaluar el impacto de esta política en la economía en su conjunto. Esto puede incluir los cambios en la producción y el empleo en el sector objetivo, así como en otros sectores que pueden verse afectados indirectamente. Esta capacidad de las ESAM para mostrar los impactos económicos y ambientales de las políticas las convierte en una herramienta valiosa para la toma de decisiones (W. Leontief, 1972).

Sumado a esto Boyd & Banzhaf (2007), destacan la importancia de las cuentas de contabilidad social ambiental (ESAM) en la representación de las interacciones entre la economía y el medio ambiente. A pesar de su mejora, todavía hay desafíos, como la dificultad en la recopilación de datos sobre el uso de recursos naturales y las emisiones de contaminantes, que pueden ser inciertos. Además, aunque se han intentado valorar los servicios ecosistémicos, sigue siendo un área de investigación activa y los métodos para hacerlo pueden variar considerablemente.

Finalmente, el papel del medio ambiente en la contabilidad social es importante para obtener una representación completa de la economía. Las ESAM brinda una herramienta valiosa para evaluar cómo las actividades económicas afectan al medio ambiente y cómo el estado del medio ambiente puede influir en la economía.

2.2.5 Aplicaciones de las matrices de contabilidad social-ambiental

Las Matrices de Contabilidad Social Ambiental (ESAM) se han utilizado en diversos contextos para evaluar las relaciones entre la economía y el medio ambiente. Las ESAM permite evaluar la sostenibilidad y el impacto ambiental de la actividad económica. Asimismo, las ESAM permiten a los investigadores y responsables de las políticas comprender mejor las interacciones entre la economía y el medio ambiente, y diseñar políticas y estrategias más efectivas para lograr un desarrollo sostenible (De Anguita & Wagner, 2010). A continuación, se detallan algunas de las aplicaciones más significativas de las ESAM.

2.2.6 Evaluación del impacto ambiental

La evaluación del impacto ambiental (EIA) es importante para entender cómo las actividades humanas afectan el medio ambiente y cómo podemos reducir los daños. En este proceso, las matrices de contabilidad social ambiental (ESAM) son cruciales ya que proporcionan un marco para entender el flujo de recursos y emisiones a través de diferentes sectores de la economía. Esto ayuda a identificar los sectores con un impacto ambiental significativo y proporciona una base para la formulación de políticas de gestión ambiental (Miller & Blair, 2009b).

Las ESAM, es una metodología para evaluar el impacto ambiental en diferentes niveles. En el nivel de sector económico, se pueden identificar los sectores que consumen más recursos y producen más emisiones. Esto es muy útil para políticas de mitigación que buscan reducir la contaminación en los sectores más afectados (Nakamura, 1999b).

Asimismo, las ESAM son útiles para evaluar cómo los cambios en la economía o la tecnología pueden afectar al medio ambiente. Por ejemplo, se pueden utilizar para prever cómo un cambio en la política energética o la adopción de una nueva tecnología más eficiente podría afectar al medio ambiente (J. J. Ferng, 2001).

Por lo tanto, las ESAM son una poderosa herramienta para la EIA. Pueden proporcionar información importante para la toma de decisiones, ayudar a identificar

las áreas de mayor impacto ambiental, a comprender la relación entre la economía y el medio ambiente, y a anticipar el impacto de los cambios en la economía o la tecnología sobre el medio ambiente.

En este tenor Morilla et al., (2007), en su artículo *Economic and environmental efficiency using a social accounting matrix*, discuten el uso de la matriz de contabilidad social y cuentas ambientales (SAMEA) para el análisis de la eficiencia económica y ambiental. El SAMEA integra datos económicos y ambientales, incluyendo el flujo circular físico del agua y las emisiones de gases de efecto invernadero. Los autores lo aplican para España en el año 2000 y calculan los multiplicadores domésticos de SAMEA, descomponiéndolos en efectos característicos, directos, indirectos e inducidos. Los resultados muestran que no hay una relación causal directa entre los sectores con alto encadenamiento económico hacia atrás y aquellos con alto encadenamiento hacia adelante en el deterioro ambiental. El estudio destaca la importancia de analizar la eficiencia de los sectores económicos para diseñar estrategias adecuadas tanto económicas como ambientales.

Por lo que podemos analizar que, la matriz de contabilidad social y cuentas ambientales (SAMEA) se puede utilizar como una herramienta para el análisis de la eficiencia económica y ambiental. Además, la descomposición de los multiplicadores SAMEA permite la evaluación de la eficiencia económica y ambiental y la identificación de potenciales ineficiencias en diferentes sectores.

Por su parte Mardones P & Saavedra E, (2011), en su estudio describen la construcción de una matriz de contabilidad social ambientalmente ampliada para la Región del Bío Bío de Chile, la cual se actualiza mediante el método Cross Entropy. Se utiliza esta matriz para identificar los sectores productivos más beneficiosos para la región en términos de producción, equidad, pobreza y contaminación ambiental. Se comparan los resultados con los sectores priorizados por la Agencia de Desarrollo Productivo del Bio-Bio para evaluar su efectividad. Además, el artículo discute la historia y las aplicaciones de las Matrices de Contabilidad Social y sus

extensiones, y destaca la importancia de identificar los sectores más beneficiosos para el desarrollo económico regional.

Los resultados mostraron que la mayoría de los sectores priorizados por la agencia eran relevantes para el desarrollo de la región, pero algunos sectores en posiciones destacadas del ranking de desarrollo económico no fueron priorizados.

2.2.7 Implicaciones de las políticas y decisiones de inversión

Las matrices de contabilidad social-ambiental (ESAM) pueden tener un efecto significativo en la formulación de políticas y las decisiones de inversión, ya que brindan una imagen integral del desempeño económico y su relación con el medio ambiente.

En el ámbito político, las ESAM pueden ser una herramienta valiosa para los tomadores de decisiones al momento de comprender cómo distintos sectores de la economía contribuyen a los problemas ambientales y detectar las áreas donde se podrían realizar intervenciones con mayor impacto. Esto permitiría a los políticos enfocar sus esfuerzos de manera más efectiva y evaluar el potencial impacto de diversas estrategias de intervención (W. Leontief, 1972).

Las ESAM tienen un papel crucial en la toma de decisiones de inversión. Al proporcionar una visión detallada de los flujos de materiales y energía en la economía, pueden ayudar a los inversores a identificar las oportunidades y riesgos relacionados con la sostenibilidad. En específico, pueden mostrar cómo las inversiones en determinados sectores o tecnologías podrían afectar a la sostenibilidad ambiental y al rendimiento económico. Es importante que los inversores consideren estos factores para tomar decisiones informadas y responsables que tengan en cuenta el impacto ambiental y social de sus inversiones (Duchin & Levine, 2011).

En resumen, las Evaluaciones de Sistemas Ambientales y Económicos (ESAM) son una herramienta importante para el desarrollo de políticas y decisiones de inversión. Al proporcionar una información detallada de las interacciones entre la economía y

el medio ambiente, las ESAM pueden ayudar en gran medida a guiar los esfuerzos de sostenibilidad.

2.2.8 Perspectiva integral de la interacción entre economía y medio ambiente

Las matrices de contabilidad social-ambiental (ESAM) son una herramienta esencial para comprender la relación entre la economía y el medio ambiente. Teniendo en cuenta tanto los factores económicos como los ambientales de la actividad económica, se logra una evaluación más detallada de los impactos económicos y ambientales de las políticas y actividades económicas. De esta manera, proporcionan una visión integral y completa de la interacción entre estos dos ámbitos, permitiendo una toma de decisiones más informada y responsable en cuanto a la gestión ambiental y el desarrollo económico sostenible (Miller & Blair, 2009b).

Las ESAM, son una herramienta analítica que permite considerar tanto los aspectos económicos como los ambientales de las actividades y políticas. A diferencia de otros enfoques que se enfocan en uno u otro aspecto, las ESAM proporcionan un marco único que ayuda a los analistas y a los responsables de la toma de decisiones a encontrar soluciones viables y sostenibles. Al incorporar ambos costos, las ESAM pueden ser una herramienta importante para identificar soluciones entre la economía y el medio ambiente (Suh & Huppel, 2005b).

La inclusión de los principios de contabilidad social y ambiental en la economía ha creado una visión integral que ayuda a comprender cómo se relacionan los sistemas económicos y ambientales. Esta interacción es compleja, ya que los cambios en una dimensión pueden tener consecuencias importantes en la otra.

La utilización de las matrices de contabilidad social-ambiental (ESAM) se convierte en una herramienta importante para el seguimiento de los intercambios económicos y ambientales, permitiendo una representación cuantitativa de la economía en su conjunto (Lenzen et al., 2010a). Las ESAM abarcan las transacciones

interindustriales, el gasto de los hogares, el comercio internacional y el uso de los recursos naturales y la generación de emisiones, lo que posibilita a los analistas identificar las implicaciones económicas y ambientales de cambios específicos en el sistema económico, tales como la introducción de nuevas tecnologías, cambios en las políticas de comercio o medidas de conservación del medio ambiente. Esta representación integral es fundamental para la toma de decisiones informadas y conscientes en cuanto a la economía y el medio ambiente se refiere (Minx et al., 2010).

Las ESAM tienen la capacidad de monitorear flujos físicos como el uso de agua, energía y recursos a lo largo de la cadena de valor, lo que permite una mejor comprensión de las actividades económicas que afectan el uso de recursos y la generación de residuos y emisiones. Esto puede ayudar a identificar estrategias de mitigación que reduzcan el impacto ambiental sin afectar el crecimiento económico, proporcionando una visión más completa de las opciones de política económica y ambiental (Hoekstra & Wiedmann, 2014b).

El enfoque integral que ofrecen las MASAE es fundamental para abordar los retos de la sostenibilidad. La preocupación por la degradación del medio ambiente, el cambio climático y la pérdida de biodiversidad ha creado la necesidad de modelos económicos que sean eficientes y sostenibles desde el punto de vista ecológico. Al brindar una perspectiva económica y ambiental integral, las MASAE permiten a los responsables de la toma de decisiones evaluar y seleccionar las opciones de política que mejor equilibren estos objetivos (Tukker & Dietzenbacher, 2013b).

En síntesis, las matrices de contabilidad social-ambiental brindan una perspectiva integral que nos ayuda a observar y comprender las interacciones complejas entre los sistemas económicos y naturales. Este conocimiento es fundamental para enfrentar los retos de la sostenibilidad en el siglo XXI.

2.2.9 Identificación y cuantificación de impactos ambientales

Las ESAM tienen un gran potencial para identificar y cuantificar de los impactos ambientales de las actividades económicas. A través de un análisis detallado de los flujos de materiales y energía en la economía, estas herramientas pueden proporcionar una visión detallada de cómo las diferentes actividades económicas afectan al medio ambiente. Esto es especialmente importante para identificar los sectores que son grandes emisores de gases de efecto invernadero, o para cuantificar el uso de recursos naturales por parte de diferentes industrias. Por lo tanto, las ESAM son una herramienta valiosa para evaluar el impacto ambiental de las actividades económicas y para proporcionar información la toma de decisiones (Lenzen, 2003).

La información recopilada puede ser de gran utilidad para los encargados de la toma de decisiones, ya que les permitirá identificar las áreas en las que las intervenciones tendrán un mayor impacto en la disminución de los efectos ambientales. También es importante para aquellas empresas que buscan reducir su impacto ambiental, ya que les permitirá identificar las áreas de su cadena de suministro o procesos de producción donde pueden lograr las mayores reducciones. Esta información es muy importante para tomar decisiones informadas y responsables en cuanto a la protección del medio ambiente (Hendrickson et al., 2006).

En el ámbito de la economía y la gestión ambiental, la identificación y cuantificación de los impactos ambientales es un tema de gran relevancia. Para llevar a cabo esta tarea, resulta fundamental contar con herramientas adecuadas, como las matrices de contabilidad social-ambiental (ESAM). Estas matrices ofrecen un enfoque sistemático y cuantitativo que permite identificar y medir los impactos ambientales relacionados a las actividades económicas, lo que resulta esencial para poder tomar decisiones informadas en materia de gestión ambiental (W. Leontief, 1970).

En el estudio de la evaluación del ciclo de vida de productos y servicios, la metodología ESAM se puede utilizar para seguir el flujo de materiales y energía a lo largo de toda la cadena de suministro, desde la extracción de los recursos naturales hasta la eliminación final (Suh, 2004). Esto permite identificar los impactos

ambientales en cada etapa de la producción, incluyendo el uso de recursos, la emisión de contaminantes y la generación de residuos. De esta manera, se pueden tomar decisiones informadas para reducir los impactos negativos en el medio ambiente y promover una economía más sostenible (Hoekstra & Wiedmann, 2014b).

La identificación y cuantificación de los impactos es un aspecto fundamental en la gestión ambiental. En este sentido, las metodologías las matrices de contabilidad social ambiental (ESAM) son herramientas valiosas que permiten no solo identificar los impactos ambientales, sino también cuantificarlos en términos físicos y monetarios (Lenzen et al., 2010b).

La evaluación de políticas y estrategias de gestión requiere de una cuantificación precisa de los impactos. Las ESAM permiten obtener una medida cuantitativa de los impactos, lo que facilita la comparación de diferentes opciones y la toma de decisiones informadas. Es esencial contar con herramientas como las ESAM para evaluar las implicaciones ambientales de las alternativas de políticas y estrategias de gestión (Hertwich & Peters, 2009).

Por lo tanto, las matrices de contabilidad social-ambiental proveen una metodología sistemática y cuantitativa para identificar y medir los impactos ambientales relacionados con las actividades económicas. Estas matrices son una herramienta importante para la gestión ambiental y la toma de decisiones en un mundo que cada vez más reconoce la importancia de equilibrar el desarrollo económico con la sostenibilidad ambiental.

2.2.10 Guía para las decisiones de política pública y de la empresa

Las ESAM pueden ser una herramienta valiosa para las decisiones de política pública y empresarial. Al procurar una visión detallada de la economía y su relación con el medio ambiente, estas pueden ayudar a los responsables de la toma de decisiones a desarrollar políticas y estrategias que promuevan el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental (T. Wiedmann, 2009).

Las empresas pueden beneficiarse de las ESAM como una importante herramienta para la toma de decisiones en relación con la sostenibilidad. Al brindar un panorama detallado sobre los impactos ambientales de las diferentes actividades económicas, las ESAM pueden ayudar a las empresas a identificar las áreas donde el impacto ambiental puede reducirse significativamente. Asimismo, pueden proporcionar una base para evaluar el impacto de diferentes estrategias de sostenibilidad, como la adopción de procesos de producción más eficientes o la utilización de fuentes de energía más limpias. En definitiva, las ESAM son una herramienta valiosa para que las empresas puedan tomar decisiones informadas y responsables en relación con la sostenibilidad (Tukker & Dietzenbacher, 2013a).

Las ESAM, pueden ser una herramienta valiosa para las empresas en términos de sostenibilidad. Al brindar información concisa y detallada sobre los impactos ambientales, las empresas pueden demostrar a sus partes interesadas que están implementando medidas efectivas para reducir su huella ambiental. De esta manera, las ESAM pueden ayudar a las empresas a cumplir con las crecientes expectativas de las partes interesadas y mejorar su reputación en términos de sostenibilidad (Schandl & West, 2010).

En síntesis, las matrices de contabilidad social-ambiental proveen una amplia gama de ventajas al ofrecer una visión global de la relación entre la economía y el medio ambiente. Además, ayudan a identificar y cuantificar los impactos ambientales, así como también sirven como guía para la toma de decisiones en el ámbito empresarial y gubernamental.

Las matrices de contabilidad social-ambiental (ESAM) son herramientas fundamentales para orientar las decisiones tanto en el ámbito de la política pública como empresarial. Estas matrices proporcionan un marco analítico para comprender las complejas interacciones que existen entre las actividades económicas y los impactos ambientales. Asimismo, son una herramienta eficaz para evaluar las implicaciones de diferentes opciones de política y gestión. Por lo tanto, las ESAM son una herramienta importante para la toma de decisiones económicas y ambientales informadas y responsables (Miller & Blair, 2009b).

En esta sección se demostró la importancia de las ESAM como herramienta para la toma de decisiones en política pública y empresarial en relación con la gestión ambiental. Su uso puede ayudar a alcanzar un equilibrio más sostenible entre la actividad económica y el medio ambiente, lo cual es necesario para garantizar un futuro próspero tanto para el planeta como para la humanidad.

2.2.11 Desafíos y limitaciones de las matrices de contabilidad social-ambiental

Las matrices de contabilidad social-ambiental (ESAM) son una herramienta sumamente útil para analizar las interacciones entre la economía y el medio ambiente. No obstante, como cualquier herramienta, presentan ciertos desafíos y limitaciones que deben tenerse en cuenta a la hora de su aplicación. Es fundamental tener en cuenta estos factores al momento de utilizar las ESAM, para asegurar que los resultados obtenidos sean precisos y confiables. Por lo tanto, es importante conocer a fondo las características de estas matrices y estar al tanto de las mejores prácticas para su uso (Lenzen, 2000b).

2.2.12 Calidad y disponibilidad de los datos

Las ESAM presentan una importante limitación en cuanto a la calidad y disponibilidad de los datos. La recopilación de datos de las matrices se realiza desde diversas fuentes, lo que puede dar lugar a diferencias significativas en su calidad. Además, en países en desarrollo, donde los sistemas de recopilación de datos pueden no ser muy complejo, pueden existir lagunas en la información (Giljum et al., 2011). Estos problemas pueden afectar la precisión de las matrices y limitar su aplicabilidad.

La calidad y la accesibilidad de los datos son consideraciones importantes cuando se utilizan matrices de contabilidad social-ambiental (ESAM). Esto puede presentar serios obstáculos y desafíos significativos para los analistas y usuarios de las ESAM, haciendo que su manejo sea una tarea de gran importancia y

responsabilidad. Es fundamental garantizar la precisión y confiabilidad de los datos para poder obtener resultados confiables y tomar decisiones informadas (Lenzen, 2000b).

Para la construcción de una matriz de contabilidad social-ambiental (ESAM) es fundamental contar con información precisa y detallada de diversas variables. Esto incluye la producción y consumo de diferentes sectores económicos, así como los flujos de recursos y los impactos ambientales asociados. Sin embargo, obtener estos datos puede ser un gran desafío en la práctica (Giljum et al., 2011).

La calidad de los datos es una preocupación importante en el análisis de las ESAM. Incluso cuando la información está disponible, puede haber problemas con su precisión, consistencia o representatividad. Por ejemplo, los datos pueden estar desactualizados, haber sido recopilados utilizando diferentes metodologías o definiciones que dificultan la comparabilidad, o pueden representar promedios que ocultan variaciones significativas. Estos problemas pueden introducir incertidumbre en los análisis y reducir la precisión de las ESAM (Lenzen, 2000b).

La importancia de mejorar la calidad y disponibilidad de los datos en la contabilidad ambiental es clara dados los desafíos que se presentan. Es fundamental tener precaución al interpretar y utilizar los resultados de las ESAM, dadas las incertidumbres y las limitaciones de los datos para una adecuada toma de decisiones.

2.2.13 Variabilidad y complejidad de los impactos ambientales

La implementación y uso de las matrices de contabilidad social-ambiental (ESAM) presentan dos importantes desafíos: la variabilidad y la complejidad de los impactos ambientales. Ambos desafíos se enfocan en la necesidad de capturar y modelar la diversidad de formas en que las actividades económicas pueden afectar el medio ambiente. Abordar estas barreras es fundamental para lograr una gestión ambiental efectiva y sostenible (Hoekstra & Wiedmann, 2014b).

La variabilidad hace referencia a cómo el efecto de un evento en el medio ambiente puede cambiar en diferentes situaciones. Por ejemplo, la huella de carbono de un producto puede variar en gran medida dependiendo de su lugar de producción y uso. Los procesos de producción en distintas partes del mundo pueden tener niveles de eficiencia energética muy diferentes, y la combinación de fuentes de energía puede variar de un país a otro, lo que da lugar a emisiones de gases de efecto invernadero diferentes. Este grado de variabilidad puede dificultar enormemente los esfuerzos para mapear y cuantificar los impactos ambientales a través de las ESAM (Lenzen et al., 2010a).

Los retos presentados requieren una continua innovación y perfeccionamiento en las técnicas de modelado y análisis. Asimismo, enfatiza la importancia de tomar medidas de precaución al tomar decisiones basadas en las ESAM, considerando las incertidumbres y limitaciones inherentes a estas herramientas.

2.2.14 Dificultades para capturar interacciones dinámicas

Las matrices de contabilidad social y ambiental (ESAM) pueden presentar limitaciones en la captura de las complejas interacciones entre la economía y el medio ambiente. Estas matrices suelen ser estáticas y reflejan una instantánea de la economía en un momento específico. No obstante, las interacciones entre la economía y el medio ambiente son dinámicas y pueden cambiar con el tiempo debido a diversos factores, tales como los avances tecnológicos, las políticas gubernamentales y las tendencias de consumo. Es importante tener en cuenta estas limitaciones al utilizar las ESAM para informar sobre la sostenibilidad económica y ambiental de una región o país (Miller & Blair, 2009b).

Capturar y modelar las relaciones dinámicas en el medio ambiente es un reto importante al utilizar las matrices de contabilidad social-ambiental (ESAM). Estas interacciones son esenciales para comprender el funcionamiento de los ecosistemas y su respuesta a las presiones humanas. No obstante, estas interacciones son inherentemente complejas, no lineales y dependen de factores

externos y condiciones iniciales, lo que dificulta su representación en modelos matemáticos (Clark et al., 2016).

Un buen ejemplo de estas interacciones dinámicas son los "efectos de desplazamiento" son un fenómeno que puede ocurrir cuando se realizan intervenciones ambientales en un área determinada. Estos efectos pueden tener consecuencias no deseadas en otro lugar o en un momento posterior. Por ejemplo, la protección de un bosque puede aumentar la presión sobre los bosques en otra zona si la demanda de madera no disminuye. Estos efectos pueden ser difíciles de capturar en las ESAM, ya que requieren un seguimiento a lo largo del tiempo y geográficamente. Es importante tener en cuenta estos efectos al realizar intervenciones ambientales para minimizar cualquier impacto negativo en el futuro (Lenzen et al., 2013).

Para afrontar los desafíos actuales en la sostenibilidad ambiental, resulta necesario implementar nuevos enfoques y técnicas de modelado mejorados. Con la inclusión de interacciones dinámicas y retroalimentaciones en las ESAM se logrará una mejor representación de los sistemas ambientales, lo que permitirá una toma de decisiones más precisas y sostenible.

2.2.15 El Futuro de las matrices de contabilidad social-ambiental

El uso de las matrices de contabilidad social ambiental es una herramienta de gran utilidad para la planificación futura y gestión sostenible. A pesar de su potencial, existen una serie de desafíos y oportunidades que deben abordarse para maximizar su eficiencia. Es importante tener en cuenta estos factores para poder utilizar adecuadamente esta herramienta y lograr un efecto positivo en el medio ambiente y la sociedad.

2.2.16 Necesidad de mejorar la calidad de los datos

La eficacia de las ESAM está estrechamente relacionada con la calidad y disponibilidad de los datos. Si los datos son deficientes o incompletos, la evaluación ambiental puede ser estimado de manera sesgada o imprecisa. Por lo cual, los datos precisos y confiables son esenciales para garantizar que las ESAM sean efectivas en la evaluación del medio ambiente (Lenzen et al., 2013).

El desempeño de las matrices de contabilidad social ambiental (ESAM) está fuertemente relacionada con la calidad de los datos empleados. El uso de datos imprecisos, incompletos o de baja calidad puede dificultar el análisis y llevar a decisiones incorrectas. Además, la falta de datos comparables a nivel internacional puede dificultar las comparaciones y las comparaciones transfronterizas. Es fundamental contar con información precisa y confiable para garantizar la eficacia de las ESAM y, por ende, tomar decisiones informadas y acertadas en materia ambiental y social (Tukker & Dietzenbacher, 2013b).

Es necesario continuar investigando para crear y confirmar indicadores ambientales que sean sólidos y significativos desde una perspectiva científica, pero que también sean relevantes y comprensibles para quienes toman decisiones (Sala et al., 2017).

2.2.17 Avances en la integración de los factores ambientales en la contabilidad social

En los últimos años, se ha avanzado significativamente en la integración de los factores ambientales en la contabilidad social. Por ejemplo, el Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SEEA) de las Naciones Unidas ofrecen un marco conceptual para las estadísticas integradas del medio ambiente y su relación con la economía. Esto incluye la evaluación de los impactos de la economía en el medio ambiente, así como la contribución del medio ambiente a la economía. (Gutiérrez-Martín et al., 2015).

En su investigación Muñoz Prieto & Enciso Yzaguirre, (2021), analizan la relevancia de la sustentabilidad ambiental para las organizaciones y cómo la contabilidad

tradicional puede ser insuficiente para capturar y reportar aspectos ambientales. Sugieren que la contabilidad ambiental puede ser una herramienta útil para las empresas de economía social para aportar información y lograr objetivos de sostenibilidad ambiental. El artículo también destaca la necesidad de un reporte más transparente, homogéneo y completo de la información ambiental en las normas contables. La implementación de un marco de contabilidad ambiental dentro de las empresas de la economía social se ve como una oportunidad para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible.

En este mismo sentido y en el contexto de la economía actual de mercado, resulta fundamental el desarrollo de políticas ambientales a nivel nacional que establezcan objetivos estratégicos para la utilización y preservación de los recursos medioambientales. Para ello, es necesario una combinación de instrumentos de mercado con acciones preventivas y correctivas. Sin embargo, para llevar a cabo estas iniciativas, se requieren instrumentos contables que permitan el diseño de las acciones y la evaluación de sus resultados en cuanto al equilibrio ambiental. Es imprescindible contar con una gestión eficiente y sostenible de los recursos naturales para garantizar un futuro próspero y equilibrado para nuestro planeta (De vega & Rajovitzky, 2014).

Por lo cual De vega & Rajovitzky, (2014) consideran que la contabilidad ambiental es una herramienta relevante desde una perspectiva macroeconómica para comprender el papel que desempeña el medio ambiente en la economía del país. Las cuentas ambientales son una fuente importante de información que destaca tanto la contribución de los recursos naturales al bienestar económico como los costos asociados con la contaminación o la disminución de estos recursos.

A pesar de los avances logrados en la integración de los factores ambientales en la contabilidad social, todavía existen limitaciones en la disponibilidad y calidad de los datos, así como en la complejidad de los sistemas ecológicos y económicos que dificultan su completa implementación. No obstante, los avances continuos en este campo pueden representar una herramienta valiosa para el diseño y la implementación de políticas sostenibles.

2.2.18 Papel Potencial en el Diseño de Políticas Sostenibles

En su artículo Contrafatto & Burns, (2013) demuestran la utilidad de las ESAM para apoyar a los tomadores de decisiones en la creación de políticas sostenibles. Mediante el monitoreo de los impactos ambientales y sociales de la actividad económica, las ESAM permiten identificar áreas que requieren políticas para proteger el medio ambiente y fomentar la equidad social. De igual forma, se analizan los desafíos asociados al uso de las ESAM, entre ellos su complejidad y la dificultad para obtener los datos necesarios. No obstante, concluyen que las ESAM son una herramienta valiosa para el desarrollo sostenible, ya que permiten identificar áreas prioritarias para la protección del medio ambiente y el fomento de la equidad social, así como para el seguimiento del progreso en el tiempo.

La cuantificación del impacto ambiental de las actividades económicas y sectoriales es fundamental para identificar áreas problemáticas y oportunidades para la intervención política (Miller & Blair, 2009b). En este sentido, las matrices son herramientas clave para identificar las industrias que generan la mayor cantidad de emisiones o utilizan desproporcionadamente recursos naturales. Con este conocimiento, se pueden diseñar políticas específicas para fomentar la innovación y eficiencia en estas áreas, como exenciones fiscales o regulaciones más estrictas. Como tal, se busca promover un desarrollo sostenible y responsable con el medio ambiente.

2.3 LITERATURA CITADA

Acquaye, A., Feng, K., Oppon, E., Salhi, S., Ibn-Mohammed, T., Genovese, A., & Hubacek, K. (2017). Measuring the environmental sustainability performance of global supply chains: A multi-regional input-output analysis for carbon,

- sulphur oxide and water footprints. *Journal of Environmental Management*, 187, 571–585. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.059>
- Boyd, J., & Banzhaf, S. (2007). What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics*, 63(2–3), 616–626. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2007.01.002>
- Boyd, R., & Ibararán, M. E. (2016). El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial. *Gaceta de Economía*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/113389/2011_El_costo_del_cambio_climatico.pdf
- Clark, W. C., Van Kerkhoff, L., Lebel, L., & Gallopin, G. C. (2016). Crafting usable knowledge for sustainable development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(17), 4570–4578. <https://doi.org/10.1073/PNAS.1601266113>
- Contrafatto, M., & Burns, J. (2013). Social and environmental accounting, organizational change and management accounting: A processual view. *Management Accounting Research*, 24(4), 349–365. <https://doi.org/10.1016/J.MAR.2013.10.004>
- Costanza, R., D'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & Van Den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 1997 387:6630, 387(6630), 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- De Anguita, P. M., & Wagner, Jhon. E. (2010). *Environmental social accounting matrices: Theory and applications* (Routledge., Ed.; Routledge.). [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=uxbHBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP23&dq=Wagner,+J.+E.+\(2001\).+Environmental+social+accounting+matri ces:+A+tool+for+sustainability+analysis.+Ecological+Economics&ots=z1u350OWyA&sig=kuyk67KBnCDmzAw0eTRe8aYN7aU#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=uxbHBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP23&dq=Wagner,+J.+E.+(2001).+Environmental+social+accounting+matri ces:+A+tool+for+sustainability+analysis.+Ecological+Economics&ots=z1u350OWyA&sig=kuyk67KBnCDmzAw0eTRe8aYN7aU#v=onepage&q&f=false)

- De vega, R. E., & Rajovitzky, A. G. (2014). Contabilidad Ambiental. Contabilidad y responsabilidad social de la empresa (Editorial Académica Española, Ed.; Académica Española).
- Duchin, F., & Levine, S. H. (2011). SECTORS MAY USE MULTIPLE TECHNOLOGIES SIMULTANEOUSLY: THE RECTANGULAR CHOICE-OF-TECHNOLOGY MODEL WITH BINDING FACTOR CONSTRAINTS. [Http://Dx.Doi.Org/10.1080/09535314.2011.571238](http://Dx.Doi.Org/10.1080/09535314.2011.571238), 23(3), 281–302. <https://doi.org/10.1080/09535314.2011.571238>
- Ferng, J.-J. (2001). Using composition of land multiplier to estimate ecological footprints associated with production activity. *Ecological Economics*, 37(2), 159–172. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(00\)00292-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00292-5)
- Giljum, S., Lutz, C., Jungnitz, A., Bruckner, M., & Hinterberger, F. (2011). European resource use and resource productivity in a global context. In P. Ekins & S. Speck (Eds.), *Environmental Tax Reform (ETR): A Policy for Green Growth* (Oxford University).
- Gobierno de la Republica. (2015). Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162974/2015_indc_esp.pdf
- Gutiérrez-Martín, C., Borrego-Marín, M. del M., & Berbel, J. (2015). Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica para el Agua (SCAE-Agua). Universidad de Sevilla, 108–119.
- Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., & Heinz, M. (2015). How circular is the global economy?: An assessment of material flows, waste production, and recycling in the European union and the world in 2005. *Journal of Industrial Ecology*, 19(5), 765–777. <https://doi.org/10.1111/JIEC.12244>
- Hendrickson, C. T., Lave, L. B., & Matthews, H. S. (2006). Environmental Life Cycle Assessment of Goods and Services: An Input-output. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=NZm6qWiHwYoC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Environmental+life+cycle+assessment+of+goods+and+services:+>

[An+input-output+approach&ots=004C3fru-4&sig=Ar-6Bz1Onu0e1cLl6Uu3FXy3-wo#v=onepage&q=Environmental%20life%20cycle%20assessment%20of%20goods%20and%20services%3A%20An%20input-output%20approach&f=false](https://doi.org/10.1021/es0497375)

Hertwich, E. G. (2005). Life Cycle Approaches to Sustainable Consumption: A Critical Review. *Environmental Science & Technology*, 39(13), 4673–4684. <https://doi.org/10.1021/es0497375>

Hertwich, E. G., & Peters, G. P. (2009). Carbon footprint of nations: A global, trade-linked analysis. *Environmental Science and Technology*, 43(16), 6414–6420. https://doi.org/10.1021/ES803496A/SUPPL_FILE/ES803496A_SI_001.PDF

Hoekstra, A. Y., & Wiedmann, T. O. (2014a). Humanity's unsustainable environmental footprint. *Science*, 344(6188), 1114–1117. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1248365>

Hoekstra, A. Y., & Wiedmann, T. O. (2014b). Humanity's unsustainable environmental footprint. *Science*, 344(6188), 1114–1117. https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1248365/ASSET/0D95844E-BB6F-4F72-BC3E-CCB57D13E2E6/ASSETS/GRAPHIC/344_1114_F3.JPEG

INECC. (2020). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGyCEI). El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero-inegycei>

IPCC. (2014). Cambio climático 2014 Informe de síntesis Resumen para responsables de políticas. https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM_es.pdf

Kjaer, L., Høst-Madsen, N., Schmidt, J., & McAlone, T. (2015). Application of Environmental Input-Output Analysis for Corporate and Product Environmental Footprints—Learnings from Three Cases. *Sustainability*, 7(9), 11438–11461. <https://doi.org/10.3390/su70911438>

- Lenzen, M. (2000a). Errors in conventional and input-output-based life-cycle inventories. *Journal of Industrial Ecology*, 4(4), 127–148. <https://doi.org/10.1162/10881980052541981>
- Lenzen, M. (2000b). Errors in Conventional and Input-Output—based Life—Cycle Inventories. *Journal of Industrial Ecology*, 4(4), 127–148. <https://doi.org/10.1162/10881980052541981>
- Lenzen, M. (2003). Environmentally important paths, linkages and key sectors in the Australian economy. *Structural Change and Economic Dynamics*, 14(1), 1–34. [https://doi.org/10.1016/S0954-349X\(02\)00025-5](https://doi.org/10.1016/S0954-349X(02)00025-5)
- Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K., & Geschke, A. (2013). BUILDING EORA: A GLOBAL MULTI-REGION INPUT–OUTPUT DATABASE AT HIGH COUNTRY AND SECTOR RESOLUTION. *Ecological Economics*, 95, 20–49. <https://doi.org/10.1080/09535314.2013.769938>
- Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K., Foran, B., Lobefaro, L., & Geschke, A. (2012). International trade drives biodiversity threats in developing nations. *Nature* 2012 486:7401, 486(7401), 109–112. <https://doi.org/10.1038/nature11145>
- Lenzen, M., Pade, L. L., & Munksgaard, J. (2010a). CO2 Multipliers in Multi-region Input-Output Models. *Ecological Economics*, 69(4), 391–412. <https://doi.org/10.1080/0953531042000304272>
- Lenzen, M., Pade, L. L., & Munksgaard, J. (2010b). CO2 Multipliers in Multi-region Input-Output Models. *Ecological Economics*, 69(4), 391–412. <https://doi.org/10.1080/0953531042000304272>
- Leontief, W. (1970). Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output Approach. *The Review of Economics and Statistics*, 52(3), 262. <https://doi.org/10.2307/1926294>

- Leontief, W. (1972). Air pollution and the economic structure: Empirical results of input-output computations. *Input-Output Techniques*.
<https://cir.nii.ac.jp/crid/1573105974039842816>
- Leontief, W. W. (1936). Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States. Source: *The Review of Economics and Statistics*, 18(3), 105–125. <https://about.jstor.org/terms>
- Lin, J., Liu, Y., Meng, F., Cui, S., & Xu, L. (2013). Using hybrid method to evaluate carbon footprint of Xiamen City, China. *Energy Policy*, 58, 220–227.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.03.007>
- Mardones P, C., & Saavedra E, J. (2011). MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL EXTENDIDA AMBIENTALMENTE PARA ANALISIS ECONOMICO DE LA REGION DEL BIO BIO. *Revista de Análisis Económico*, 26(1), 17–51.
<https://doi.org/10.4067/S0718-88702011000100002>
- Melillo, J. M., McGuire, A. D., Kicklighter, D. W., Moore, B., Vorosmarty, C. J., & Schloss, A. L. (1993). Global climate change and terrestrial net primary production. *Nature*, 363(6426), 234–240. <https://doi.org/10.1038/363234a0>
- Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009a). *Input-Output Analysis Foundations and Extensions* (Cambridge University Press., Ed.).
<http://digamo.free.fr/io2009.pdf>
- Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009b). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions* (Cambridge university press, Ed.).
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=viHaAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR24&dq=Input-output+analysis:+foundations+and+extensions&ots=grlnjse_bT&sig=P-rswHX9zbtzx8rL7VEuqJ5p4k#v=onepage&q=Input-output%20analysis%3A%20foundations%20and%20extensions&f=false
- 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. (2010). INPUT–OUTPUT ANALYSIS AND

CARBON FOOTPRINTING: AN OVERVIEW OF APPLICATIONS.
Https://Doi.Org/10.1080/09535310903541298, 21(3), 187–216.
<https://doi.org/10.1080/09535310903541298>

Morilla, C. R., Díaz-Salazar, G. L., & Cardenete, M. A. (2007). Economic and environmental efficiency using a social accounting matrix. *Ecological Economics*, 60(4), 774–786. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.02.012>

Muñoz Prieto, M., & Enciso Yzaguirre, V. (2021). La Contabilidad ambiental como herramienta para la incorporación de la sostenibilidad ambiental en las empresas de Economía Social. *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, 103, 149. <https://doi.org/10.7203/CIRIEC-E.103.17838>

Nakamura, S. (1999a). An interindustry approach to analyzing economic and environmental effects of the recycling of waste. *Ecological Economics*, 28(1), 133–145. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)00031-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00031-7)

Nakamura, S. (1999b). An interindustry approach to analyzing economic and environmental effects of the recycling of waste. *Ecological Economics*, 28(1), 133–145. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)00031-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00031-7)

Pyatt, G., & Round, J. I. [editors]. (1985). Social accounting matrices: a basis for planning. In *The World Bank. The World Bank*. <https://doi.org/10.3/JQUERY-UI.JS>

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., De Wit, C. A., Hughes, T., Van Der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., ... Walker, B. (2009). Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society*, 14(2). <https://about.jstor.org/terms>

Round, J. (2003). Social Accounting Matrices and SAM-based Multiplier Analysis.

- Sala, S., Anton, A., McLaren, S. J., Notarnicola, B., Saouter, E., & Sonesson, U. (2017). In quest of reducing the environmental impacts of food production and consumption. *Journal of Cleaner Production*, 140, 387–398. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.054>
- Schandl, H., & West, J. (2010). Resource use and resource efficiency in the Asia–Pacific region. *Global Environmental Change*, 20(4), 636–647. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2010.06.003>
- SEMARNAT. (2020). El Medio Ambiente en México 2013-2014. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/05_atmosfera/5_2_2.html
- Steffen, W., Crutzen, P. J., & McNeill, J. R. (2007). The Anthropocene: ¿Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature? 36(8), 614–621.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., De Vries, W., De Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223). https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1259855/SUPPL_FILE/STEFFEN-SM.PDF
- Stiglitz, J. E. (2019). *Measuring What Counts: The Global Movement for Well-Being* (The New Press., Ed.; The New Press.). <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=JNWNDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR6&dq=measuring+What+Counts:+The+Global+Movement+for+Well-Being&ots=3mH4LGRF-L&sig=MfnGh2qRgywNcBrnJcKSB5NkyzQ#v=onepage&q=measuring%20What%20Counts%3A%20The%20Global%20Movement%20for%20Well-Being&f=false>

- Suh, S. (2004). Functions, commodities and environmental impacts in an ecological-economic model. *Ecological Economics*, 48(4), 451–467.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2003.10.013>
- Suh, S., & Huppes, G. (2005a). Methods for Life Cycle Inventory of a product. *Journal of Cleaner Production*, 13(7), 687–697.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2003.04.001>
- Suh, S., & Huppes, G. (2005b). Methods for Life Cycle Inventory of a product. *Journal of Cleaner Production*, 13(7), 687–697.
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2003.04.001>
- Suh, S., & Kagawa, S. (2006). Industrial ecology and input-output economics: an introduction. <https://doi.org/10.1080/09535310500283476>, 17(4), 349–364.
<https://doi.org/10.1080/09535310500283476>
- Suh, S., Lenzen, M., Treloar, G. J., Hondo, H., Horvath, A., Huppes, G., Jolliet, O., Klann, U., Krewitt, W., Moriguchi, Y., Munksgaard, J., & Norris, G. (2004). System Boundary Selection in Life-Cycle Inventories Using Hybrid Approaches. *Environmental Science & Technology*, 38(3), 657–664.
<https://doi.org/10.1021/es0263745>
- Tukker, A., & Dietzenbacher, E. (2013a). GLOBAL MULTIREGIONAL INPUT-OUTPUT FRAMEWORKS: AN INTRODUCTION AND OUTLOOK. <https://doi.org/10.1080/09535314.2012.761179>, 25(1), 1–19.
<https://doi.org/10.1080/09535314.2012.761179>
- Tukker, A., & Dietzenbacher, E. (2013b). GLOBAL MULTIREGIONAL INPUT-OUTPUT FRAMEWORKS: AN INTRODUCTION AND OUTLOOK. <https://doi.org/10.1080/09535314.2012.761179>, 25(1), 1–19.
<https://doi.org/10.1080/09535314.2012.761179>
- UNFCCC. (n.d.). CLIMATE CHANGE: IMPACTS, VULNERABILITIES AND ADAPTATION IN DEVELOPING COUNTRIES.

Wiedmann Thomas, & Minx Jan. (2008). A definition of “carbon footprint.” *Ecological Economics Research Trends*, 1, 1–11.

Wiedmann, T. (2009). A review of recent multi-region input–output models used for consumption-based emission and resource accounting. *Ecological Economics*, 69(2), 211–222.
<https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2009.08.026>

Wiedmann, T. O., Schandl, H., Lenzen, M., Moran, D., Suh, S., West, J., & Kanemoto, K. (2015). The material footprint of nations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(20), 6271–6276.
https://doi.org/10.1073/PNAS.1220362110/SUPPL_FILE/SD01.XLSX

3 EMISIONES DE CONTAMINANTES Y EL DESEMPEÑO ECONÓMICO EN MÉXICO: UN ANÁLISIS INSUMO PRODUCTO

Resumen:

La investigación analiza los efectos directos e indirectos de la actividad productiva de la economía mexicana sobre las emisiones contaminantes con base en el modelo de Insumo Producto Dinámico o IPD; se formularon escenarios a partir del 2019 sobre el comportamiento de la demanda final por sus bienes y servicios.

Los resultados indican que un crecimiento rápido en el consumo final a partir del 2020 y seguir como hasta ahora (lo observado de 2013 a 2019) significaría emitir más de 177,626 Gg de CO₂ equivalente en 2028 respecto a 2019 (es decir, al menos 25% más); mientras que un ritmo de recuperación lento se traduciría en tan solo 7.87% adicional. Cualquiera que sea el caso, se infiere que México se encuentra lejos de poder lograr sus metas ambientales a menos que haya cambios profundos en las tecnologías productivas.

Palabras-clave: Medio ambiente, Análisis multisectorial, Gases de efecto invernadero, Insumo-producto

Clasificación JEL: C67, E01, Q50 & Q51.

POLLUTANT EMISSIONS AND ECONOMIC PERFORMANCE IN MEXICO: AN INPUT- OUTPUT ANALYSIS

ABSTRACT:

The research proposes to analyze the direct and indirect effects of the productive activity of the Mexican economy on polluting emissions based on the Dynamic Product Input

or IPD model; Based on this, scenarios were formulated from 2019 on the behavior of the final demand for its goods and services.

The results indicate that after 2020, rapid growth in consumption, and continuing as before (what has been observed from 2013 to 2019), would mean, compared to its 2019 level, the additional emission of 177,626 Gg of CO₂ equivalent (that is, , at least 25% more); while a slow recovery rate would mean an additional emission of only 7.87%. Both indicate that Mexico is far from being able to achieve its environmental goals.

Keyword: Environment, Multi-sector analysis, Greenhouse gases, Input-output

3.1 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, n.d.), la creciente quema de combustibles y los cambios en el uso de la tierra han y continúan emitiendo cantidades cada vez mayores de gases de efecto invernadero (por ejemplo, dióxido de carbono [CO₂], metano [CH₄] y dióxido de nitrógeno [N₂O]); lo que se ha asociado a aumentos de la temperatura (cambio climático), por ejemplo, (Melillo et al., 1993) estimaron un aumento de entre 1.2°C y 4.5°C para el siglo XXI.

Si bien no hay una predicción certera sobre sus impactos; se resaltan los potenciales sobre la productividad agrícola, ya que sus reducciones podrían acarrear riesgo para la seguridad alimentaria, millones de personas de ingresos bajos podrían estar en riesgo de hambre y pobreza (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2016).

Para México son diversos los hallazgos de la literatura al respecto. Con base en un modelo de equilibrio general computable, (Boyd e Ibarrarán, 2016) cuantificaron los

impactos del cambio climático sobre un agregado de cuentas macroeconómicas y sobre la producción sectorial. Como parte de sus conclusiones se sustrae que, con respecto al 2005, seguir como hasta ahora representaría una reducción del 6.42% en el Producto Interno Bruto (PIB) para 2020 y de 9.19% para 2030; se estima que la agricultura experimentará una pérdida de 5.12% para 2020 y de 9.95% a 2030.

En Ruiz (2011) y Ruiz (2014) se analiza la emisión de Gases de Efecto Invernadero o GEI en los procesos productivos de la economía mexicana; lo hacen a través de un análisis insumo-producto. En el primer estudio se encuentran a la generación de energía, industria alimentaria y la industria química como parte de las ramas estratégicas de la política ambiental. Mientras que en (Ruiz, 2014) se retoman los hallazgos y se analizan los efectos de un cambio en la tecnología de algunos de los sectores clave y altamente emisores de GEI; sus resultados indican que es necesario hacer profundas modificaciones tecnológicas en el sector energético ya que es el precursor directo e indirecto de muchas de las emisiones contaminantes.

Desde el año 2012 México inició una transición legal e institucional para la atención de este fenómeno climático. El año 2020 supone el comienzo de una nueva etapa para México, ya que se deberían de comenzar a implementar las acciones comprometidas en el Acuerdo de París (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC], 2020); dentro de ellas la reducción no condicionada del 51% del volumen de sus emisiones para el año 2030 (Gobierno de la República, 2015).

Alcanzar los objetivos requiere un desacoplo entre misiones de GEI y PIB, a la fecha, y pese a que ha caído el ritmo de crecimiento en las emisiones contaminantes, no se muestra aún un desacoplamiento claro (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2020). Aún son necesarias políticas gubernamentales, más aún

en una coyuntura como la del COVID-19, que ha pospuesto o cambiado algunas prioridades institucionales.

Condición de lo previo es el conocimiento sobre la relación entre la producción o actividad sectorial y sus emisiones de GEI; ya que con base en ello es posible definir mejores y eficientes políticas o líneas de acción ante el cambio climático.

La investigación plantea hacerlo a través de la implementación de un modelo multisectorial con base en una Matriz de Insumo Producto o MIP, que añade no solo las relaciones entre actividades productivas, sino también las emisiones contaminantes. A diferencia de Ruiz (2011) y Ruiz (2014), se propone la implementación de la versión dinámica del modelo Insumo-Producto, con lo que se añade explícitamente el papel de la formación de capital en la economía; además, se plantea un horizonte de planeación a partir del 2020 (año clave de la política ambiental) por lo que puede servir de referencia sobre los retos y factores clave para la definición de las políticas ambientales.

Además de la presente sección, el documento se divide en otras tres. En la segunda se exponen los materiales y métodos de la investigación, a saber: el modelo insumo-producto dinámico y su adición de las relaciones ambientales. En la tercera parte se exponen los resultados y, finalmente, en la sección cuatro se brindan algunas conclusiones.

3.2 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La sección se divide en dos apartados: en el primero de ellos se expone el modelo Insumo-Producto o IP, en su versión estática y dinámica, así como su extensión ambiental, donde se añade esta dimensión a las relaciones económicas; y finalmente, se expone la

información utilizada y como es que fue adecuada para ajustarse a la metodología a emplear. A continuación, se expone el modelo IP.

El modelo Insumo producto

Una Matriz Insumo Producto o MIP puede ser considerada como una vasta colección de datos que describen el sistema económico; sus interrelaciones sectoriales con respecto a su producción y sus usos de esta, así como las compras al exterior, además puede ser considerada una técnica analítica adecuada para explicar y predecir el comportamiento del sistema económico (Christ, 1955; UN. Statics Division, 1999). En el cuadro 1 se dispone la forma general de una MIP. **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se dispone la forma general de una MIP.

Cuadro 1 Versión simplificada de una Matriz Insumo Producto.

	Sectores	Demanda final	Producción total
Sectores	Z	f	X
Pagos sectoriales	V		
Desembolsos totales	X'		

Fuente: construido con base en UN (1999).

Los datos en la MIP están dados en unidades monetarias. La matriz Z , de dimensiones $n \times n$, contiene la demanda intermedia entre los n sectores económicos; f es

una matriz $n \times 1$ con su demanda final (gobierno, hogares y resto del mundo); X es una matriz $n \times 1$ con su producción final (demanda intermedia + final) y ; V es una matriz $1 \times n$ con los pagos sectoriales (a factores productivos e importaciones) de las actividades productivas (Christ, 1955; Miller & Blair, 2009). Dado que la MIP contiene importaciones y exportaciones de bienes y servicios, puede ser considerada como una representación de una economía abierta.

Pasar de la MIP a su forma analítica requiere hacer una serie de supuestos sobre la tecnología de las distintas ramas productivas de la economía. En el trabajo seminal de (Leontief, 1986) se asume que esta tecnología tiene rendimientos constantes a escala y que los sectores productivos usan insumos en proporciones fijas (Miller y Blair, 2009).

El supuesto de proporciones fijas acarrea implícitamente la idea de no sustitución entre insumos, como es señalado por Christ (1995, p 141):

The assumption [...] is often attacked because economists expect to find, and do find, substitution among inputs when relative prices change. This assumption too is defended on the general grounds of simplicity: data gathering and computation are much easier if one can regard an industry as a single process with fixed technical coefficients. In addition, analyses based on this assumption may yield empirically satisfactory results in certain problem.

Con base en los supuestos es posible expresar matricialmente la producción de los sectores, X , como sigue:

$$X = AX + f \quad (1)$$

Donde: A es la matriz de coeficientes técnicos, cuyos elementos son obtenidos como sigue: $a_{ij} = z_{ij}/x_j$ y f , la demanda final de los sectores económicos. Resolviendo para la

producción, X , se culmina con el siguiente modelo lineal que determina el equilibrio entre está y la demanda final que enfrentan los sectores productivos.

$$X = (I - A)^{-1}f = Mf \quad (2)$$

En caso de existir la inversa de la matriz, $M = (I - A)^{-1}$, se recupera la inversa de Leontief o la matriz de requerimientos totales; que clarifica la dependencia entre producción y demanda. En términos de cálculo, sus elementos m_{ij} se corresponden con la derivada parcial de la producción del sector i respecto a la demanda final del sector j (Miller y Blair, 2009). En adelante se sigue la convención de mencionar elementos matriciales mencionando primero las hileras i y, posteriormente, columnas j .

Análisis ambiental Insumo-producto

De acuerdo con la clasificación de Miller y Blair (2009) para añadir las relaciones ambientales a las económicas se siguió el enfoque generalizado, de tal manera que se amplió la matriz de coeficientes técnicos, M , con columnas adicionales que reflejaron la contaminación generada por la actividad productiva.

Al igual que Ruiz (2011) y Chapa & Ortega (2017a), se definió el nivel de contaminantes asociados con la actividad económica como sigue:

$$E = DX \quad (3)$$

Donde E , es el nivel de contaminantes, D una matriz de coeficientes técnicos o intensidad de emisiones de la producción (Chapa & Ortega, 2017b; Morilla et al., 2007; Pal & Pohit, 2014), y X la matriz columna de producción. Dado que X puede ser expresado en

términos de la inversa de Leontief, M , y la demanda final, f , (véase ecuación 2); se obtiene el siguiente modelo de emisiones contaminantes.

$$E = DMf = M_e f \quad (4)$$

Definiendo a $M_e = DM$, se obtiene la matriz de multiplicadores de emisiones contaminantes, que permite obtener el impacto sobre las emisiones totales generadas en cierta rama industrial por unidad de demanda final (de Santana Ribeiro et al., 2018). Un indicador asociado al análisis ambiental IP es el siguiente:

$$M_j^p = \sum_{i=1}^n d_{kj} m_{ij} \quad (5)$$

Donde d_{kj} es la intensidad de emisiones del contaminante k por la actividad j y m_{ij} es el elemento en hilera i y columna j en la inversa de Leontief. El indicador hace referencia a las emisiones requeridas para lograr una variación de una unidad monetaria en la demanda total del sector j (de Santana Ribeiro et al., 2018).

$$I_a = \frac{M_j^p}{\frac{1}{n} \sum_j M_j^p} \quad (6)$$

Insumo-Producto dinámico.

Del modelo IP se infiere que todo lo que se produce se utiliza, sin embargo, algunos insumos contribuyen al proceso productivo, pero no son usados inmediatamente en la producción. La forma en que se incorpora este hecho al modelo (definido por ecuación (2)) es a través de la adición de una matriz de coeficientes de capital, B , de la siguiente manera (Ronald E. Miller & Peter D. Blair, 2009; Santos, 2005):

$$(I - A)X_t - B(X_{t+1} - X_t) = f_t \text{ o } (I - A + B)X_t - BX_{t+1} = f_t \quad (7)$$

Donde los elementos, b_{ij} , de la matriz B son definidos como sigue:

$$b_{ij} = \frac{k_{ij}}{x_j} \quad (8)$$

La intuición detrás de la forma dinámica del modelo IP o IPD es la siguiente: dado que ciertas ramas industriales producen insumos, y prevén que la economía crece, anticipan su producción para hacer frente a la demanda futura del resto de industrias; así la producción actual no solo está conformada por la demanda intermedia y final actual, sino también futura.

Como es señalado por (Miller & Blair, 2009), de la ecuación (7) es posible derivar expresiones “*forward looking*” o “*backward looking*”. La primera de ellas se correspondería con $X_t = G^{-1}(f_t + BX_{t+1})$ donde $G = (I - A + B)$; y la última con $X_t = B^{-1}(GX_t - f_t)$.

En la investigación se emplea la forma “*forward looking*” del modelo IPD. Ya que se tiene información de las condiciones iniciales del sistema: demanda intermedia y final al año cero (ambas dispuesta en la MIP-2013), y las finales: que se refieren a los niveles proyectados o supuestos de la demanda final.

Pasar del modelo caracterizado por la ecuación (7) a uno que incorporase las emisiones contaminantes actuales y futuras requirió extrapolar las relaciones dispuestas en el apartado de materiales y métodos, ecuación (3), con lo obtenido en la presente. Se recuperaron las emisiones contaminantes al periodo t de la siguiente manera:

$$E_t = DX_t^* \quad (9)$$

Donde X_t^* es el nivel de demanda intermedia para el periodo t, resultante de dar solución al modelo (7) en su forma “*forward looking*”.

Base de datos y su tratamiento

La subsección se divide en tres apartados: en el primero se expone la MIP utilizada y el tratamiento dado para obtener su matriz inversa de Leontief, así como la matriz de coeficientes de capital; en el segundo se presenta la manera de proceder para añadir la dimensión ambiental a las relaciones de la MIP y; finalmente, en su tercer apartado se aborda el cómo se hicieron las modelaciones a partir del modelo IPD.

General

Para llevar a cabo la investigación se hizo uso de la Matriz de Insumo-Producto elaborada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática (INEGI) para 2013, la más reciente. En adelante se referirá a ella como MIP-2013.

La MIP-2013 fue descargada del sitio oficial de INEGI (<https://www.inegi.org.mx/app/tmp/tabuladoscn/default.html?tema=MIP>) a nivel sector del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte o SCIAN; sin embargo, para hacer énfasis en la actividad agropecuaria, se distinguió del sector 11-Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza, sus diversos subsectores. Con ello se conformó una matriz de dimensiones 24x24. En el Cuadro 2 se exponen los sectores que componen la matriz.

Cuadro 2 Sectores económicos considerados de la MIP-2013.

111 - Agricultura
112 - Cría y explotación de animales

113 - Aprovechamiento forestal
114 - Pesca, caza y captura
115 - Servicios relacionados con las actividades agropecuarias y forestales
21 - Minería
22 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final
23 - Construcción
31-33 - Industrias manufactureras
43 - Comercio al por mayor
46 - Comercio al por menor
48-49 - Transportes, correos y almacenamiento
51 - Información en medios masivos
52 - Servicios financieros y de seguros
53 - Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles
54 - Servicios profesionales, científicos y técnicos
55 - Corporativos
56 - Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación
61 - Servicios educativos

62 - Servicios de salud y de asistencia social
71 - Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos
72 - Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas
81 - Otros servicios excepto actividades gubernamentales
93 - Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales

Fuente: elaboración propia

De la MIP-2013 se obtuvo su matriz de coeficientes técnicos de acuerdo con el procedimiento descrito en la sección de materiales y métodos, y, al aplicar el álgebra matricial se obtuvo su inversa de Leontief, como se muestra en la ecuación (2).

Ya que se plantea aplicar el modelo IPD, insumo adicional de la inversa de Leontief es la matriz de coeficientes de capital, la cual requiere datos sobre el uso o existencias de capital por parte de las actividades productivas de la MIP-2013. Los datos se obtuvieron de las tablas de origen y destino del INEGI (<https://www.inegi.org.mx/app/tmp/tabuladoscn/default.html?tema=TODFBCF>), para cada sector productivo y para 2013. Con los datos, la matriz de coeficientes fue obtenida al aplicar la relación dispuesta en ecuación (8).

Adición de la dimensión ambiental

Para añadir la dimensión ambiental se siguió el procedimiento descrito en Ruiz (2011)³; del Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero de México

³ A diferencia del autor, las emisiones causadas por la quema se asignaron a la agricultura.

(INEGyCEI, 2020) se sustrajo la información de emisiones contaminantes por tipo de actividad económica para 2013; los datos se concatenaron con los sectores definidos en Cuadro 2. En el Cuadro 3 se exponen las emisiones consideradas para los sectores productivos en Gg de CO2 equivalente.

Cuadro 3 Emisiones contaminantes brutas por sector productivo en la MIP-2013 (Gg CO2 eq) *.

	CO2	CH4	N2O
	GgCO2eq	GgCO2eq	GgCO2eq
111 - Agricultura	518.19	1,423.04	28,924.83
112 - Cría y explotación de animales	0.00	62,278.56	5,269.96
21 - Minería	52,583.74	9,201.80	24.65
22 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	208,149.56	15,046.78	329.42
23 - Construcción	19,570.59	2,187.55	280.41
31-33 - Industrias manufactureras	47,605.12	302.72	805.50
43 - Comercio al por mayor	2,596.81	5.94	1.36
46 - Comercio al por menor	2,596.81	5.94	1.36

48-49 - Transportes, correos y almacenamiento	161,390.75	322.30	3,046.84
---	------------	--------	----------

*Se omite la adición de las ramas productivas sin elementos compatibles con el INEGyCEI.

Además, la parte de residuos es eliminada de la contabilidad.

Fuente: elaboración propia con datos del INEGyCEI (2020)

Simulación

Para la simulación, como es señalado en el apartado de materiales y métodos, Insumo producto dinámico, se hicieron necesarios los siguientes insumos: 1) condiciones iniciales para la demanda final y producción total y; 2) niveles de demanda final para el periodo de planeación. Para (1) la información provino de la MIP-2013, mientras que para (2) se siguió el procedimiento que sigue.

Para obtener la demanda final en el periodo de planeación, se obtuvieron datos de las cuentas de bienes y servicios a precios del 2013 del Banco de Información Económica del INEGI (<https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>). Con ellos se construyó su comportamiento para el periodo 2013-2019; para el periodo 2020-2028 se consideraron dos escenarios: 1) la demanda final crece a la tasa promedio observada de 2013 a 2019 (es decir, se omite el efecto de la COVID-19) (ESCENARIO A) y; 2) se asume una caída en la demanda final para 2020, de acuerdo con lo observado en los Indicadores Globales de Actividad Económica (IGAE), y de 2021-2028 la demanda crece a la tasa promedio observada de 2013 a 2019 (por lo que se asume una recuperación lenta de la pandemia) (ESCENARIO B).

El escenario B considera, respecto al A, un crecimiento moderado de la demanda final de los distintos bienes y servicios de la economía. En el siguiente cuadro se muestra la dinámica considerada para las simulaciones en términos de sus tasas de crecimiento promedio anuales. Por fines prácticos⁴ se agruparon los sectores en grandes agregados: primario, secundario y terciario; y se proveen las tasas de crecimiento por periodos.

Cuadro 4 Dinámica de la demanda final para el periodo 2020-2029*.

	Escenario A	Escenario B
Primario	1.03%	1.18%
Secundario	2.75%	1.10%
Terciario	3.07%	1.90%

*Por cómo está definido el Escenario A, sus tasas de crecimiento promedio para el periodo 2020-2029 se corresponden con las del 2013-2019.

Fuente: elaboración propia.

3.3 3. RESULTADOS

La sección es dividida en dos apartados. En el primero se exponen las ramas clave en la política ambiental y en la segunda las simulaciones hechas con base en el modelo IPD.

⁴ Para más detalle contactar al autor de correspondencia.

Sectores clave

En el Cuadro 5 se exponen los índices de emisiones contaminantes de las ramas productivas definidas en la MIP-2013 para cada contaminante en la INEGyCEI (2020). El sector minero, energético, manufacturero y de transporte, promueven en mayor medida las emisiones de CO₂ por cada millón de pesos en demanda final; mientras que el aprovechamiento forestal y la pesca generan una menor emisión del contaminante, por lo que estos dos últimos pudiesen considerarse como clave.

Cuadro 5 Índice de emisiones contaminantes de las ramas productivas definidas en la MIP-2013

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
111 - Agricultura	0.1249	2.1309	15.0726
112 - Cría y explotación de animales	0.1187	11.9227	3.2151
113 - Aprovechamiento forestal	0.0095	0.0083	0.0053
114 - Pesca, caza y captura	0.0023	0.0020	0.0013
115 - Servicios relacionados con las actividades agropecuarias y forestales	0.0007	0.0081	0.0169
21 - Minería	1.4052	0.7529	0.2035
22 - Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final	12.2144	2.5240	0.6631

23 - Construcción	0.4366	0.1226	0.0483
31-33 - Industrias manufactureras	4.6517	4.0831	2.5764
43 - Comercio al por mayor	0.9273	1.2689	0.9730
46 - Comercio al por menor	0.1903	0.1868	0.1399
48-49 - Transportes, correos y almacenamiento	2.7295	0.2950	0.5753

Fuente: elaboración propia.

Con respecto al CH₄, las mayores emisiones por cada millón de pesos se hayan en los sectores de la agricultura, ganadería, energético, manufacturas y comercio al por mayor, y los menores en el aprovechamiento forestal y la pesca. Comportamiento que se replica para del N₂O.

En síntesis, obviando los efectos de las ramas productivas sobre el PIB, el aprovechamiento forestal y la pesca son actividades productivas que, si bien emiten contaminantes a la naturaleza, sus efectos son por mucho menor a los de otras ramas productivas (como la generación de energía o las manufacturas) por cada millón de pesos de demanda final, por lo que añadirlos a las políticas públicas medioambientales es necesario.

Simulación

Con base en la implementación del modelo IPD, en Figura 1 se disponen los niveles esperados de producción y emisiones de GEI bajo los escenarios A y B, consistentes con su dinámica simulada (ver Cuadro 4).

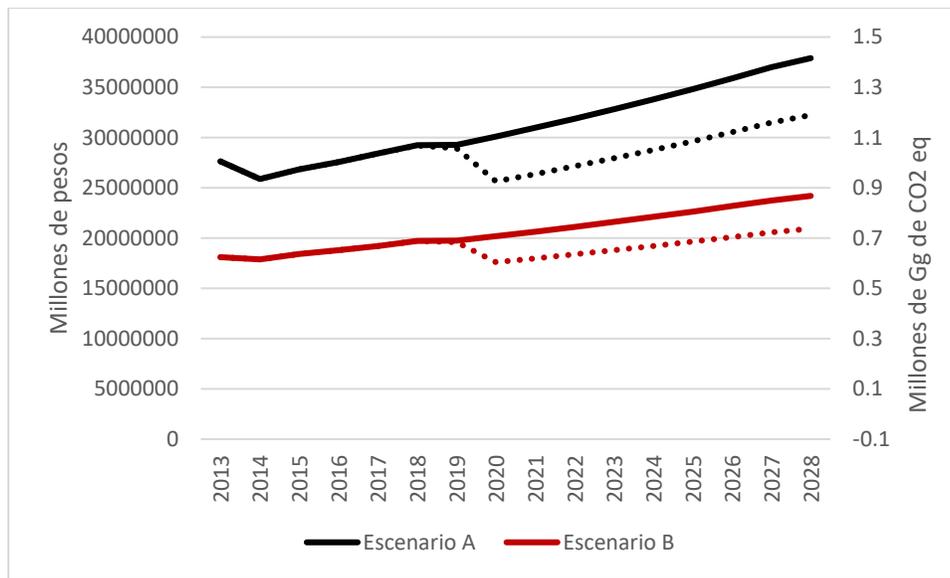


Figura 1. Producción y emisiones de GEI, simuladas con base en el modelo IPD, 2013-2028*.

*eje derecho corresponde a las emisiones de GEI (series color rojo) y el izquierdo a la producción (series color negro).

Fuente: elaboración propia.

Se destaca lo siguiente. Seguir con una dinámica en el consumo igual a lo observado de 2013 a 2019 (Escenario A), si bien generaría mayor producción y por ende acrecentaría el PIB de la economía mexicana, también aumentaría las emisiones de GEI; por ejemplo, de su nivel observado en 2019 estas serían al menos 25.72% mayores. Mientras que optar

por un ritmo de consumo más lento a partir del 2020 (Escenario B), reduciría ese valor a solo 7.87%, sin embargo, el nivel de producción caería, comparado con el escenario A, un 15.52% al 2029.

La dinámica particular de las emisiones de GEI por tipo de gas es expuesta en Figura 2. Las emisiones de CO2 replican el patrón observado en la Figura 1, además de ser las más afectadas; en el escenario A las emisiones aumentan, respecto a lo observado en 2019, un 24.11%, mientras que en el B lo hacen un 5.26%, al 2029 la diferencia entre ambos escenarios es cercana al 16.65%

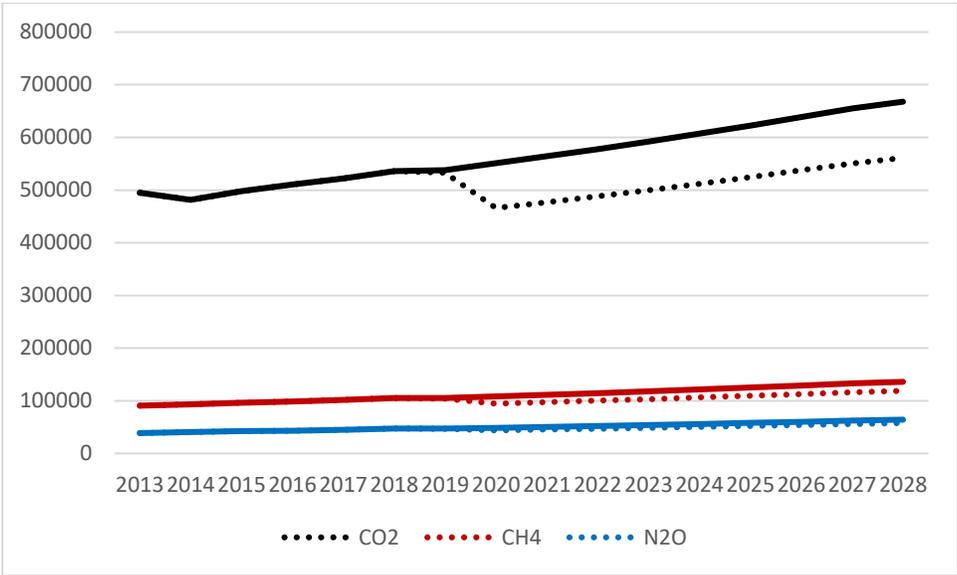


Figura 2. Emisiones de GEI por tipo de gas emitido en escenarios A (línea sólida) y B (línea punteada), 2013-2028*.

Fuente: elaboración propia.

El N2O es el gas con mayor incremento esperado, en el escenario A se espera aumente un 36.09% y en el B un 23.17%, ambos comparados con el nivel observado en 2019. Por su parte para el NH4 se esperan aumentos de 29.32 y 14.22%. Empero, sus niveles siguen estando muy por debajo de las de CO2.

3.4 Discusión

Los hallazgos encontrados en la investigación se asemejan a lo encontrado por (de Santana Ribeiro et al., 2018), para Brasil, donde la ganadería fue concebida como una actividad promotora de la contaminación ambiental. La presencia del sector energético y las manufacturas como los mayores contaminantes fue acorde a lo reportado para México por Ruiz (2011); quien cataloga a algunas de sus ramas como estratégicas para abatir la contaminación ambiental.

De la misma manera, los resultados de la investigación siguen la misma dinámica de lo encontrado por (Rodríguez et al., 2009), en donde estima los sectores contaminantes, emisores de gases de efecto invernadero, en los cuales señala al sector de la producción eléctrica, gas y agua como los mayores generadores de contaminantes con un 24 por ciento de esas emisiones totales de las actividades productivas.

Sin embargo, se debe de poner especial énfasis en los sectores clave, forestal y pesca, los cuales generan ciertamente emisiones de gases de efecto invernadero, pero en proporciones pequeñas, por lo cual sus efectos son mucho menores en daños al ambiente y por cada millón en la producción de demanda final, respecto a otros sectores.

3.5 4. CONCLUSIONES

El año 2020 ha sido uno de los más turbulentos a nivel nacional e internacional; la pandemia de la COVID-19 ha traído consigo no solo recesión económica, además ha modificado la forma en que interactúa la sociedad y la manera en que consumen bienes y

servicios, empero de aliviar, temporalmente, la emisión de contaminantes y la presión sobre los recursos naturales (CEPAL, 2020)

Coyuntura complicada para el gobierno mexicano, ya que además de enfocar sus esfuerzos para incentivar la recuperación económica, necesita dar comienzo al cumplimiento de sus objetivos no condicionados expuestos en el marco del acuerdo de París.

La investigación presenta una serie de simulaciones sobre el nivel esperado de emisiones de GEI en la economía mexicana para distintos escenarios; consistentes con ritmos distintos en su demanda final de bienes y servicios.

Los resultados indican que posterior al 2020, un crecimiento rápido en el consumo, y seguir pautas como las observadas de 2013 a 2019, aumentarían los GEI en al menos un 25%; mientras que un ritmo de recuperación lento significaría la emisión de solo un 7.87% más a lo observado en 2019. Pese a ello las emisiones siguen estando lejos de su reducción no condicionada del 51% para el año 2030 (Gobierno de la República, 2015), más bien se infiere que este no será el caso. Por lo que es necesario analizar o reformular las políticas que permitan llegar a la meta ambiental y resolver los graves problemas que enfrenta México.

Conflictos de interés

No se tienen conflictos de intereses.

3.6 Referencias

- Álvarez, A. C., David, G., Leidy, R., Riveros, C., Melo, S., & Ordoñez, D. (2016). Construcción de la matriz de contabilidad social de agua como insumo económico. *Archivos de Economía*. <https://www.dnp.gov.co/estudios-y-publicaciones/estudios-economicos/Paginas/archivos-de-economia.aspx><http://www.dotec-colombia.org/index.php/series/118-departamento-nacional-de-planeacion/archivos-de-economia>
- Boyd, R., & Ibararán, M. E. (2016). El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial. *Gaceta de Economía*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/113389/2011_El_costo_del_cambio_climatico.pdf
- CEPAL. (2020). *El rol de los recursos naturales ante la pandemia por el COVID-19 en América Latina y el Caribe*. Comisión Económica Para América Latina y El Caribe. <https://www.cepal.org/es/enfoques/rol-recursos-naturales-la-pandemia-covid-19-america-latina-caribe>
- Chapa, J., & Ortega, A. (2017a). Identifying the Main Emitters of Carbon Dioxide in Mexico: A Multi-Sectoral Study. *Economía*, 17(2), 135–172. <http://economia.lacea.org/Forthcoming%20papers/JChapa%20AOrtega%20SAM%20Mexico%20Aug%202016.pdf>
- Chapa, J., & Ortega, A. (2017b). Identifying the Main Emitters of Carbon Dioxide in Mexico: A Multi-Sectoral Study. *Economía*, 17(2), 135–172.
- Christ, C. F. (1955). A Review of Input-Output Analysis. *Princeton University Press*, 137–182. <https://www.nber.org/system/files/chapters/c2866/c2866.pdf>
- Cordero, S. I., & Molina, A. (2017, September). Efectos medioambientales y Contaminación del Aire. La utilidad de la Matriz Insumo Producto para su análisis. *Sociedad de Economía Crítica*. https://www.researchgate.net/profile/Sebastian-Cordero-4/publication/336856415_Efectos_medioambientales_y_Contaminacion_del_Aire_La_utilidad_de_la_Matriz_Insumo_Producto_para_su_analisis/links/5db77bc74585151435cdd305/Efectos-medioambientales-y-Contaminacion-del-Aire-La-utilidad-de-la-Matriz-Insumo-Producto-para-su-analisis.pdf
- Cristian Mardones, P., & Jorge Saavedra, E. (2011). MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL EXTENDIDA AMBIENTALMENTE PARA ANALISIS ECONOMICO DE LA REGION DEL BIO BIO. *Revista de Análisis Económico*, 26(1), 17–51. <https://doi.org/10.4067/S0718-88702011000100002>
- de Santana Ribeiro, L. C., de Area Leão, E. J., & da Silva Freitas, L. F. (2018). Greenhouse Gases Emissions and Economic Performance of Livestock, an Environmental Input-Output Analysis. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 56(2), 225–238. <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560203>

- FAO. (2016). *The state of food and agriculture: climate change, agriculture and food security*. www.fao.org/publications/sofa/sofa2016
- Gobierno de la Republica. (2015). *Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162974/2015_indc_esp.pdf
- INECC. (2020). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGyCEI)*. El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero-inegycei>
- INEGyCEI. (2020). *Datos Abiertos de México - Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGyCEI)*. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero-inegycei>
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014 Informe de síntesis Resumen para responsables de políticas*. https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM_es.pdf
- Leontief, W. (1986). *Input-Output Economics*. Oxford University Press. <https://liremarx.noblogs.org/files/2020/02/Wassily-Leontief-Input-Output-Economics-Oxford-University-Press-USA-1986.pdf>
- Melillo, J. M., McGuire, A. D., Kicklighter, D. W., Moore, B., Vorosmarty, C. J., & Schloss, A. L. (1993). Global climate change and terrestrial net primary production. *Nature*, 363(6426), 234–240. <https://doi.org/10.1038/363234a0>
- Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). *Input–Output Analysis Foundations and Extensions* (Second). Cambridge University Press. <https://soc.razi.ac.ir/documents/443820/0/%D8%AF%D8%A7%D8%AF%D9%87%20%D8%B3%D8%AA%D8%A7%D9%86%D8%AF%D9%87>
- Morilla, C. R., Díaz-Salazar, G. L., & Cardenete, M. A. (2007). Economic and environmental efficiency using a social accounting matrix. *Ecological Economics*, 60(4), 774–786. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2006.02.012>
- Pal, B. D., & Pohit, S. (2014). Environmentally Extended Social Accounting Matrix for Climate Change Policy Analysis for India. *Journal of Regional Development and Planning*, 3(1), 61–75. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2122951>
- Rodriguez, C., Cardenete, M. A., & Llanes, G. (2009). Multiplicadores domésticos SAMEA en un modelo multisectorial económico y ambiental de España. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 9(1), 111–135. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2905523>
- Rodríguez Morilla, C., Llanes Díaz- Salazar, G. J., & Cardenete, M. A. (2005). *La SAMEA y la eficiencia económica y ambiental en España* (Centro de Estudios Andaluces, Ed.).

- Ruiz, P. (2011). Estimación de los costos relativos de las emisiones de gases de efecto invernadero en las ramas de la economía mexicana. *El Trimestre Económico*, 78(309), 173–191. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-718X2011000100173
- Ruiz, P. (2014). Políticas de mitigación del cambio climático en México: un análisis de insumo-producto. *Realidad, Datos y Espacio. Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 5(1), 16–31. https://rde.inegi.org.mx/rde_11/doctos/rde_11_opt.pdf
- Schuschny, A. R. (2005). *Tópicos sobre el Modelo de Insumo-Producto: teoría y aplicaciones* (Comisión Económica para América Latina y el Caribe., Ed.). CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4737/S0501011_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SEMARNAT. (2020). *El Medio Ambiente en México 2013-2014*. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/05_atmosfera/5_2_2.html
- UN. Statics Division. (1999). *Handbook of input-output table compilation and analysis*. <https://digitallibrary.un.org/record/370160>
- UNFCCC. (n.d.). *CLIMATE CHANGE: IMPACTS, VULNERABILITIES AND ADAPTATION IN DEVELOPING COUNTRIES*.

4 IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y EL ANÁLISIS DE SUS POLÍTICAS PÚBLICAS

Resumen

La investigación analiza, a partir de la construcción de una Matriz de Contabilidad Social Extendida Ambientalmente o SAMEA para México, las relaciones estructurales de la economía mexicana y sus externalidades medioambientales, en especial las relacionadas con las emisiones contaminantes de su actividad productiva.

Los hallazgos indican que los sectores de la energía, ganadería y agricultura son los de mayores multiplicadores sobre las emisiones contaminantes y, salvo por el energético, también resultan ser los de mayor impacto en las remuneraciones al capital. Con base en la simulación de escenarios, en el corto plazo y bajo precios constantes, las políticas relacionadas con transferencias gubernamentales hacia los hogares son prioritarias, ya que promueven el incremento de ingresos y tienen las menores repercusiones sobre las emisiones contaminantes; por su parte, el incremento de exportaciones primarias se obtiene con los mayores impactos ambientales.

Palabras clave

Economía mexicana; Emisiones de contaminantes; Externalidades; Impacto ambiental; Matriz de Contabilidad Social.

Abstract

The research analyzes, based on the construction of an Environmentally Extended Social Accounting Matrix or EESAM for Mexico, the structural relationships of the Mexican economy and its environmental externalities, especially those related to pollutant emissions from its productive activity.

The findings indicate that the energy, livestock, and agriculture sectors have the highest multipliers on pollutant emissions and, except for the energy sector, they also have the greatest impact on capital remuneration. Based on scenario simulation, in the short term and under constant prices, policies related to government transfers to households are a priority as they promote income growth and have the least impact on pollutant emissions. On the other hand, increasing primary exports is achieved with the greatest environmental impacts.

keywords

Environmental impact; Externalities; Mexican economy; Pollutant emissions; Social Accounting Matrix

4.1 INTRODUCCIÓN

En el marco del desarrollo económico sostenible, resulta relevante no solo el prever los efectos económicos y sociales que pueden acarrear las políticas económicas; es necesario tomar conciencia de sus externalidades medioambientales para implementar normas que pretendan prevenir y hacer compatible el desarrollo económico y social con la viabilidad de los sistemas naturales; principalmente lo relacionado con las emisiones contaminantes a la atmósfera, causantes del denominado efecto invernadero (Rodríguez Morilla et al., 2005).

Dado su comportamiento sistémico, resulta difícil, si no imposible, prever todos los efectos que una medida o política económica específica tendrá en un sistema económico determinado, por lo que se requiere de herramientas que sean capaces de representar la situación base y proyecciones de la situación contrafactual. Una de las existentes son las matrices de contabilidad social o SAM por sus siglas en inglés (*Social Accounting Matrix*), que capturan una imagen desagregada de una economía, representando matricialmente todas las transacciones y transferencias monetarias ocurridas y, con base en su modelo de multiplicadores, permiten simular los efectos de equilibrio general que tienen sobre la economía cambios exógenos en el corto plazo (Cristian Mardones & Jorge Saavedra, 2011).

Si bien, la SAM es una representación monetaria, diversos autores han hecho ampliaciones a su estructura para analizar los efectos económicos en otras dimensiones, como la ambiental, dando resultado a la denominada SAMEA o SAM extendida ambientalmente (ESAM por sus siglas en inglés). Lo hacen a partir de agregar nuevas hileras/columnas relacionadas con la disponibilidad de los recursos naturales y su uso por las actividades productivas, para lo cual toman como base la valoración económica de los recursos analizados (Jeong-In, 1993; López-López & Yúnez-Naude, 2019) o asumen relaciones constantes de los valores monetarios con las variables físicas y a partir de ellas hacen inferencia de sus cambios (Morilla et al., 2009).

Por su cobertura nacional y la disponibilidad de información, la investigación emplea el segundo enfoque para cuantificar y analizar la relación entre los sectores económicos y las emisiones de contaminantes, y con base en un modelo de multiplicadores se simulan diversos escenarios de política pública en términos de sus beneficios monetarios y externalidades.

La SAM base de la investigación es la elaborada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática de México (INEGI) para 2018 y la adición de la dimensión ambiental se hizo con base en Morilla et al. (2009) y Santiago (2023).

4.2 MATERIALES Y MÉTODOS

Una matriz de contabilidad social (SAM, por sus siglas en inglés), es una representación matricial del flujo circular del dinero de una economía para un periodo determinado; detalla los vínculos entre las industrias o actividades, los factores de producción, los hogares, el gobierno y el resto del mundo. Por convención, las entradas, m_{ij} ,

de la SAM dan razón del gasto que realiza la cuenta j por adquirir los bienes y/o servicios de la cuenta i . De tal manera que la suma de las columnas son los gastos totales de cada cuenta y las hileras sus ingresos; al ser una matriz cuadrada, ambos conceptos son iguales.

En el cuadro 6 se dispone la estructura de una SAM típica. Los factores de producción reciben su pago por su uso en las actividades productivas (M_{21}), que se distribuye a los hogares (M_{32}) para su adquisición de bienes y servicios en la economía local (M_{13} y M_{14}) y del resto del mundo (M_{51}). También se captura la captación de remesas (M_{35}) y las transferencias de recursos entre hogares (M_{33}) y con el gobierno (M_{43} y M_{34}), así como el ingreso del gobierno por impuestos a la producción (M_{41}) y las importaciones de bienes en la economía doméstica (M_{51}) y las exportaciones (M_{15}).

Cuadro 6 Estructura de una SAM típica.

		(1)	(2)	Instituciones		(5)
				(3)	(4)	
Actividades (1)				M_{13}	M_{14}	M_{15}
Factores productivos (2)		M_{21}				
Instituciones	Hogares (3)		M_{32}	M_{33}	M_{34}	M_{35}
	Gobierno (4)	M_{41}		M_{43}		M_{45}
Resto del mundo (5)		M_{51}		M_{51}		

Fuente: elaboración propia.

Desde la perspectiva de Pyatt (1991) una SAM incluye como elementos fundamentales a los Activos; estos últimos son propiedad de las instituciones y pueden ser de dos tipos: reales o financieros. Los primeros dividiéndose en 1) Capital físico; 2) Recursos naturales o Capital Natural y; 3) Capital humano. A pesar de su relevancia, es común que en el análisis empírico se omita algún tipo de activo (principalmente el capital natural), ya sea por el objetivo de la investigación o por la disponibilidad de información.

Como señala Xie (2000), es notable que las actividades económicas tienen un impacto importante sobre el ambiente y viceversa; sin embargo, los esfuerzos por generar información ambiental relacionada con las cuentas nacionales (SCN) son recientes. Al respecto, diversos enfoques han surgido para hacer frente a esta oportunidad; uno de ellos son las SAM extendidas ambientalmente o SAMEA, que vinculan el SCN con los flujos físicos de emisiones y/o uso de recursos naturales.

4.2.1 FUNDAMENTOS DE LA SAMEA

La SAMEA añade a la estructura de la SAM típica, cuentas ambientales que dan cuenta de la relación existente entre una economía y el ambiente (Cristian Mardones & Jorge Saavedra, 2011).

El proceso consiste en agregar a la SAM típica (Cuadro 7) dos sub matrices de flujos expresadas en unidades físicas, ver Cuadro 7. Por filas, se agregan los flujos de recursos naturales que el sistema productivo utiliza como inputs (por ejemplo, agua); y por columnas se recogen las emisiones de las cuentas hacia la naturaleza, como es el caso de las

contaminantes (tema de la investigación). La adición de las sub matrices depende del tipo de información disponible y los objetivos de la investigación.

Cuadro 7 Estructura de la SAMEA

	Cuentas 1-5	Medio ambiente (emisiones)
Cuentas 1-5	SAM (Figura 1)	Emisiones de contaminantes
Medio ambiente (inputs)	Inputs de recursos naturales y/o residuos reabsorbidos	

Fuente: elaboración propia a partir de Morilla et al. (2009).

4.2.2 MODELO DE MÚLTIPlicADORES CONTABLES DE LA SAMEA

La matriz dispuesta en el Cuadro 7, permite llevar la contabilidad tanto de los flujos monetarios en la economía como de sus emisiones contaminantes y su utilización de recursos naturales. Pasar de la SAMEA a un modelo estructurado que sirva para simular choques sobre la economía en estudio, requiere distinguir dentro de sus cuentas a aquellas endógenas y exógenas.

Ya que el estudio pretende simular el choque de distintas políticas públicas y del resto del mundo en la economía local, se consideran como exógenas a la cuenta de gobierno y el resto del mundo (cuentas cuatro y cinco).

Matricialmente, Cuadro 8, las transacciones monetarias entre cuentas endógenas, \mathbf{N} , pueden ser expresadas como el producto de una matriz cuadrada, \mathbf{A}_n , de propensiones medias a consumir y un vector de ingreso endógeno, \mathbf{y}_n . Por su parte, las fugas, \mathbf{L} , que experimenta la economía estudiada, son expresadas como el producto de una matriz no cuadrada, \mathbf{A}_l , de propensiones medias de fuga y de ingreso endógeno, \mathbf{y}_n , y \mathbf{X} es la matriz de inyecciones exógenas a cuentas endógenas.

Cuadro 8 Modelo de multiplicadores contables de la SAMEA

	Cuentas endógenas	Cuentas exógenas	Total	Emisiones
Cuentas endógenas	$N = A_n \hat{y}_n$	X	$y_n = A_n y_n + X$	$EM_n = E_n y_n$
Cuentas exógenas	$L = A_l \hat{y}_n$	R	$y_x = A_l y_n + R_i$	
Total	$y_n' = (iA_n + iA_l) \hat{y}_n$	$y_x' = iX + iR$		EM
Inputs ambientales	$IN_n = IN_n y_n$		IN	

Fuente: Construido a partir de Pyatt y Round (1979) y Morilla et al (2007)

Al resolver para la ecuación de total de las cuentas endógenas, se obtiene:

$$y_n = (I_n - A_n)^{-1}X = M_a X; \text{ donde } I_n \text{ es matriz identidad de } nxn$$

La ecuación determina el equilibrio de productos e ingresos, consistente con cualquier nivel de entradas externas; donde M_a es la matriz de multiplicadores contables que relaciona el ingreso endógeno, y_n , con las inyecciones exógenas, X .

Si bien la identidad determina la relación monetaria entre los componentes de la economía, modelar la relación entre los flujos monetarios y físicos de las variables medioambientales requiere suponer que éstas tienen una relación proporcional con la producción en la economía⁵. Así, la matriz de multiplicadores para las emisiones de gases de efecto invernadero, M_e , se define como sigue a partir de la matriz de multiplicadores contables de la SAMEA:

$$M_e = E_n M_a$$

Donde E_n es un vector hilera que contiene las emisiones de gases de efecto invernadero, en Gg de CO2 equivalente, por unidad de ingreso endógeno, denominadas como coeficientes técnicos o intensidad de emisiones.

De manera similar, la matriz de multiplicadores sobre los inputs ambientales se define como la multiplicación del vector columna IN_n y la matriz de multiplicadores de la SAM típica, M_a . Los valores de IN_n se obtienen como la razón de inputs por unidad de ingreso de las cuentas endógenas. Debido a las limitantes de información, la investigación no analiza la parte de inputs; sin implicar una modificación en el modelo de multiplicadores.

4.2.3 CONSTRUCCIÓN DE LA SAMEA DEL ESTUDIO.

La matriz base de la investigación es la del INEGI para 2018 (INEGI,2022), su esquema se presenta en la Figura 3. Está conformada por 171 cuentas de bienes y servicios, 76 subsectores económicos, 20 agregados de generación del ingreso, 22 unidades económicas sobre las cuales se distribuye la generación del valor añadido de la economía (cuentas de asignación del ingreso primario, de distribución del ingreso secundario y de utilización), 18 cuentas de capital, una de variación de existencia y formación bruta de capital (FBK), 27 cuentas financieras y dos agregados del resto del mundo.

⁵ Es decir, si con un valor monetario de X se obtuvieron Y unidades de contaminantes; entonces cada unidad monetaria tiene un costo de Y/X contaminantes.

	Cuenta de bienes y servicios		Cuenta de producción	Cuenta de generación del ingreso	Cuenta de asignación del ingreso primario	Cuenta de distribución secundaria del ingreso	Cuenta utilización del ingreso	Cuenta de capital	Variación de Existencias	Formación bruta de capital fijo	Cuenta financiera	Cuenta corriente con el RM	Cuenta de capital con el RM
	Productos	Industrias	Ingresos primarios	Sectores institucionales	Sectores institucionales	Sectores institucionales	Sectores institucionales	Industrias	Industrias	Activos financieros			
Cuenta de bienes y servicios		Consumo Intermedio					Gastos de Consumo		Variación de existencias	FBKF		Exportaciones	
Cuenta de producción	Industrias	Producción											
Cuenta de generación del ingreso	Categorías de ingresos primarios	Valor agregado bruto											
Cuenta de asignación del ingreso primario	Sectores institucionales	Impuestos netos a los productos	Ingreso Generado Neto	Ingresos a la propiedad								Ingresos a la propiedad y remun. recibidos del RM	
Cuenta de distribución secundaria del ingreso	Sectores institucionales			Ingreso Nacional Neto	Transferencias corrientes							Transferencias corrientes del RM	
Cuenta utilización del ingreso	Sectores institucionales				Ingreso Disponible Neto	Ajuste por cambio en los derechos de pensiones						Compras de no residentes en el país	
Cuenta de capital	Sectores institucionales					Ahorro Neto	Transferencias de capital				Emisión neta de pasivos		Transferencias de capital del RM
Variación de Existencias	Industrias						Variación de existencias						
Formación bruta de capital fijo	Industrias		Consumo de Capital fijo				FNKF						
Cuenta financiera	Activos financieros						Adquisición neta de activos financieros						Endeudamiento neto
Cuenta corriente con el RM		Importaciones		Ingresos a la propiedad pagados al RM	Transferencias corrientes al RM	Compras de residentes en el extranjero							
Cuenta de capital con el RM							Transferencias de capital al RM					Balance corriente externo	

Figura 3 Esquema de la Matriz de Contabilidad Social de México para 2018

Fuente: tomado de INEGI (2022).

Debido a la información disponible sobre emisiones contaminantes de los sectores productivos de la economía mexicana y los fines de la investigación, la matriz original fue agregada en grandes grupos. El procedimiento fue el siguiente:

- 1) De la matriz original se identificaron las cuentas relevantes que conformaran las grandes cuentas o agregados de la investigación, por ejemplo, dado que para la parte de contaminantes solo se tiene información del sector minero en su conjunto, de la SAM-original se identificaron sus subsectores: Extracción de petróleo y gas, y Minería de minerales metálicos y no metálicos, excepto petróleo y gas.
- 2) Las cuentas identificadas se agruparon para conformar los elementos de la matriz del estudio, en adelante SAM-agrupada. En el Apéndice 2 se disponen las cuentas consideradas y se da una breve descripción de los elementos que consideran.

Para los bienes, solo se clasificó la demanda por los del sector primario y no primario. Mientras que, para los hogares, la agrupación de bajo, medio y alto se hizo con base en las cuentas por deciles de ingreso de la SAM-original. El bajo concentra las cuentas de los deciles uno a tres, el medio del cuatro al siete y el alto del ocho al diez.

La decisión de los sectores económicos a considerar fue acorde a los datos disponibles de emisiones contaminantes y el proceso considerado es el de Santiago (2023). En el Apéndice 3 se dispone la estructura de la SAM-Agrupada, sobre la cual se elabora el modelo multisectorial de la investigación y que sustenta las simulaciones realizadas, y se incluye la división de las cuentas en endógenas y exógenas.

Dada la selección de cuentas exógenas, en el modelo de multiplicadores es posible analizar: 1) impactos de las exportaciones y la demanda del gobierno en bienes y servicios domésticos y; 2) Impacto de remesas y transferencia de recursos del gobierno a los hogares.

La adición de la dimensión ambiental implicó añadir una nueva columna a la SAM-agregada. Se utilizó información sobre emisiones contaminantes por tipo de actividad económica para 2018 del Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero de México (INEGyCEI, 2020) y con base en el procedimiento de Santiago (2023), se identificó la aportación de las actividades económicas en la SAM-agregada y la información se dispuso en un vector columna (ver apartado respectivo). En adelante se refiere a este resultado como SAMEA-México, en el Cuadro 9 se especifican los valores de emisiones contaminantes de las actividades productivas consideradas. En el Apéndice 1 se dispone la SAMEA-México completa.

Cuadro 9 Matriz columna de emisiones contaminantes de la SAMEA-México.

	CO2 (GgCO2eq)	CH4 (GgCO2eq)	N2O (GgCO2eq)	TOTAL (GgCO2eq)
Agricultura (A1)	518.19	1,423.04	28,924.83	30,866.06
Ganadería (A2)	0	62,278.56	5,269.96	67,548.52
Minería (A6)	52,583.74	9,201.80	24.65	61,810.19
Energía (A7)	208,149.56	15,046.78	329.42	223,525.76
Construcción (A8)	19,570.59	2,187.55	280.41	22,038.55
Manufacturas (A9)	47,605.12	302.72	805.5	48,713.34
Servicios (A10)	166,584.37	334.18	3049.56	169,968.11

Fuente: elaborado con base en Santiago (2023)

Nota: para los sectores A3-A5 no se consideran emisiones contaminantes debido a que en la base original no se especifican.

4.3 RESULTADOS

4.3.1 MULTIPLICADORES CONTABLES MONETARIOS

Una vez construida la SAMEA-México; se consideraron como cuentas exógenas al gobierno y resto del mundo, y se obtuvo su matriz de propensiones medias a consumir y sus multiplicadores contables asociados (en el apartado 2.2 se dispone el procedimiento). En el Cuadro 10 se muestran los multiplicadores de la producción (A1-A10, ver Apéndice 2) sobre el valor añadido: trabajo (F1) y capital (F2), y el ingreso de las instituciones (I1-I5). La lectura de las entradas es para cada hilera *i* y columna *j*, el efecto/impacto que tiene una inyección exógena de 1 unidad monetaria sobre la cuenta *j* en la cuenta *i*. Por ejemplo, en (1,1) tenemos que una inyección de 1 unidad monetaria en la producción de la agricultura (A1) se traduce en un aumento de 0.4957 unidades en las remuneraciones al factor productivo trabajo (F1).

Cuadro 10 Multiplicadores contables de la producción sobre el valor añadido e ingreso de las instituciones.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
F1	0.4957	0.4802	0.4639	0.5302	0.7132	0.4327	0.5089	0.5523	0.4809	0.6119
F2	1.6158	1.4517	1.6697	1.4684	1.2673	1.6028	1.5131	1.4462	1.2870	1.5084
I1	0.5789	0.5207	0.5974	0.5274	0.4595	0.5733	0.5429	0.5200	0.4625	0.5429
I2	0.3784	0.3437	0.3858	0.3524	0.3314	0.3690	0.3591	0.3503	0.3106	0.3692
I3	0.3696	0.3405	0.3702	0.3553	0.3688	0.3522	0.3570	0.3572	0.3153	0.3813
I4	1.1164	1.0360	1.1079	1.0900	1.1828	1.0515	1.0878	1.1021	0.9707	1.1834
I5	2.6888	2.4701	2.7030	2.5680	2.6158	2.5749	2.5878	2.5762	2.2761	2.7431

Fuente: elaboración propia

Resalta que cualquier crecimiento en la producción tiene mayor impacto sobre los ingresos del capital, con valores de hasta tres a uno, independientemente de la actividad. Los mayores efectos sobre las remuneraciones al trabajo se tienen cuando hay incrementos en los servicios agrícolas (A5), el sector de servicios (A10) y la construcción (A8), y los menores en la minería (A6), sector forestal (A3) y ganadería (A2). Por la parte del capital, los de mayor impacto resultan los sectores primarios: sector forestal (A3) y agricultura (A1) y la minería (A6), y los menores: otros servicios agrícolas (A5), manufacturas (A9) y energía (A8).

El hecho de que el sector primario exhiba altos impactos en el capital versus el trabajo puede deberse a que generalmente los productores ligados al mercado son grandes y hacen

uso intensivo de bienes de capital, por lo que sus remuneraciones al trabajo son menores que los pequeños productores; quienes producen para el autoconsumo y con uso intensivo de mano de obra familiar, que no se captura plenamente en las cuentas nacionales y por ende en la SAMEA-México.

Los multiplicadores obtenidos para el trabajo y capital son acordes a lo encontrado por Núñez (2018), quien emplea una SAM para 2003 con mayor desagregación sectorial y encuentra impactos similares, para el sector primario (uno de los promotores de emisiones contaminantes) sus efectos sobre el trabajo y capital resultan de 0.63 y 1.86, respectivamente; más elevados que los de la investigación, lo que puede indicar una pérdida de peso en la generación del valor añadido entre 2003 y 2018.

Con respecto a los multiplicadores sobre el ingreso de las instituciones (I1-I5), independiente de la actividad productiva, los mayores se encuentran en los relacionados a los hogares (I3-I5) y los menores a las instituciones financieras (I2). Se encuentra una asociación directa de los incrementos exógenos de la producción sectorial y el ingreso de los hogares: los de la parte baja de la distribución tienen los menores retornos y los de la alta los mayores; en algunos casos resultan más de siete veces superiores. Es decir, los hogares con menor ingreso se ven menos beneficiados ante crecimientos en la producción.

En el Cuadro 11 se muestran los multiplicadores de la demanda de los hogares sobre la producción sectorial. A diferencia de lo previo, el efecto sobre la producción ante inyecciones exógenas sobre el ingreso de los hogares no replica la tendencia. Al contrario, los hogares de ingreso bajo exhiben los multiplicadores mayores y los de ingreso alto los menores. Por lo que, si bien el crecimiento en la producción nacional beneficia más a los de mayor ingreso, estos no promueven la producción en la misma medida, y son los de menor ingreso, los menos favorecidos, los de mayor efecto multiplicador. Adicionalmente, independientemente del tipo de hogar, los sectores “ganadores” son los servicios, las manufacturas y la construcción.

Cuadro 11 Multiplicadores de la demanda de los hogares sobre la producción

Sector	Tipo de hogares		
	Ingreso bajo	Ingreso medio	Ingreso alto
Agricultura	0.0546	0.0492	0.0440
Ganadería	0.0400	0.0363	0.0326
Forestal	0.0026	0.0023	0.0021
Pesquero	0.0027	0.0024	0.0022
Otros servicios agrícolas	0.0005	0.0005	0.0004
Minería	0.0971	0.0943	0.0911
Energía	0.0494	0.0480	0.0463
Construcción	0.2014	0.1956	0.1889
Manufacturas	0.9774	0.9490	0.9163
Servicios	1.2692	1.2324	1.1901

Fuente: elaboración propia.

El hallazgo es acorde a lo encontrado por Aguayo-Téllez et.al. (2009), quienes mencionan que los “flujos monetarios exógenos sobre los hogares de los deciles más ricos tienen efectos multiplicadores totales pequeños [...], mientras que flujos monetarios exógenos sobre los hogares de los deciles más pobres tienen efectos multiplicadores totales grandes, con efectos multiplicadores más pequeños sobre ellos mismos”; lo que en parte explica los problemas de distribución en México y por qué la producción no crece en sintonía con la generación de riqueza sesgada hacia los deciles más altos.

4.3.2 MULTIPLICADORES CONTABLES SOBRE EMISIONES CONTAMINANTES.

Con base en los multiplicadores contables de la parte monetaria de la SAMEA-México se obtuvieron los multiplicadores sobre las emisiones contaminantes. En la Figura 4 se muestran los relacionados a las actividades productivas de la matriz. Resalta que los mayores sectores que promueven la emisión de contaminantes ante una inyección exógena (gráfico de líneas) son la energía, la ganadería y la agricultura, ante un aumento en su producción de un millón de pesos las emisiones contaminantes incrementan 0.34, 0.18 y 0.08 giga gramos de CO2 equivalente o Gg CO2 eq, respectivamente. Mientras que los de menor impacto son el pesquero (0.04), el forestal (0.04) y otros servicios agrícolas (0.05).

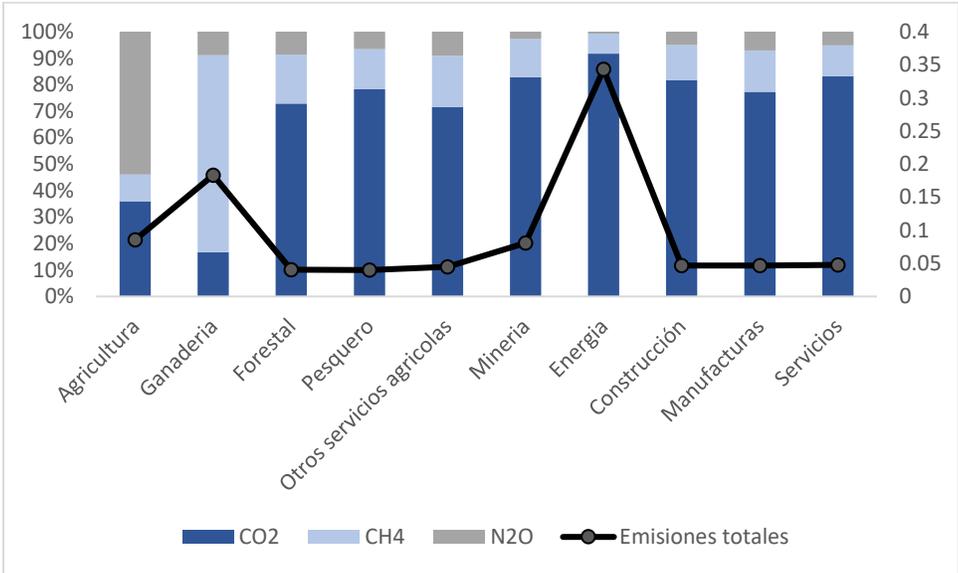


Figura 4 Multiplicadores sobre las emisiones contaminantes de las actividades productivas.

Fuente: elaboración propia.

Los efectos sobre los gases contaminantes son heterogéneos (gráfico de barras). Para el top tres de sectores contaminantes: el sector de energía promueve en mayor medida las emisiones de dióxido de carbono (CO2) por el tipo de combustibles utilizados en sus

procesos, la ganadería el metano (N₂O) por los desechos generados por los animales y la agricultura con la emisión de óxido nitroso (N₂O), entre otros, por el uso de fertilizantes químicos; sus efectos representan un 91.66, 74.39 y 53.95% de su efecto multiplicador total, respectivamente.

Los resultados son acordes a lo encontrado por Ruiz (2011; 2014) y Santiago (2023); quienes con base en la implementación de estudios de insumo producto para México encuentran al sector energético como uno de los prioritarios en la política ambiental nacional, ya que es uno de los principales precursores. Adicionalmente, el que el sector forestal sea de los menores contaminantes se corresponde con Santiago (2023).

En el marco de la política pública nacional, durante la administración federal 2018-2024 se han hecho grandes inversiones a los sectores relacionados con la energía, entre los destacados se encuentra la construcción de la refinería de dos bocas, que tiene planeado procesar 340 mil barriles diarios de petróleo crudo y ha significado una inversión superior a los 160 mil millones de pesos.

Con base en los hallazgos, esta inyección exógena puede significar un crecimiento de alrededor 54 mil Gg CO₂ eq, poco más de la mitad de lo que se genera en el sector actualmente. Por lo que, de no haber un cambio en la tecnología productiva, es muy probable que México no cumpla con sus acuerdos internacionales en materia ambiental.

4.3.3 SIMULACIÓN DE ESCENARIOS.

Con base en los multiplicadores monetarios y de emisiones contaminantes se simularon seis escenarios consistentes con incrementos en: 1) gasto público en la adquisición de bienes y servicios (por ejemplo, la construcción de la nueva refinería o el tren maya); 2) exportaciones del sector primario; 3) transferencias del gobierno a hogares de ingreso bajo; 4) transferencias del gobierno a hogares de ingreso medio; 5) transferencias del gobierno a hogares de ingreso alto y; 6) remesas hacia hogares de ingreso bajo.

Para todos se consideró un flujo de 100 mil millones de pesos, cerca de 3.6% del total gastado por el gobierno en 2018. Los incrementos en las transferencias gubernamentales pueden ser resultado de diversos programas, por ejemplo, los insignia de la administración federal 2018-2024: pensión de adultos mayores, beca Benito Juárez y jóvenes construyendo el futuro. Debido a limitantes en la estructura de la matriz, no se distingue la población objetivo específica.

Para generar el escenario VI las cuentas endógenas y exógenas fueron redefinidas. De tal manera que la cuenta del gobierno se hizo endógena y solo el sector externo fue considerado como exógeno. Por este motivo los resultados pueden no ser del todo comparables con el resto de los escenarios.

En adelante, dado que uno de los supuestos de los modelos multisectoriales es la existencia de precios constantes, las variaciones simuladas se corresponden con cambios en cantidad y en el muy corto plazo, donde no hay cambio tecnológico.

Para evaluar los impactos se consideraron los resultantes sobre la producción sectorial, el valor agregado, el ingreso de los hogares y las emisiones contaminantes. En el Cuadro 12 se dispone el total de ingreso de las cuentas endógenas de la SAMEA-México y la variación porcentual de cada escenario.

Cuadro 12 Efectos multiplicadores de cada escenario simulado sobre el ingreso de las cuentas endógenas.

Cuenta	Ingreso (miles de millones de pesos)	Escenario					
		I	II	III	IV	V	VI
A1	670	0.55%	5.80%	0.81%	0.73%	0.66%	1.04%
A2	498	0.57%	5.37%	0.80%	0.73%	0.66%	1.03%
A3	32	0.55%	5.89%	0.82%	0.74%	0.66%	1.04%
A4	33	0.55%	5.86%	0.82%	0.74%	0.66%	1.04%
A5	6	0.55%	5.89%	0.82%	0.74%	0.66%	1.04%
A6	1,444	0.70%	0.57%	0.67%	0.65%	0.63%	0.93%
A7	734	0.70%	0.57%	0.67%	0.65%	0.63%	0.93%
A8	2,994	0.70%	0.57%	0.67%	0.65%	0.63%	0.93%
A9	14,525	0.70%	0.57%	0.67%	0.65%	0.63%	0.93%
A10	18,866	0.70%	0.57%	0.67%	0.65%	0.63%	0.93%
Total	39,802	0.70%	0.73%	0.68%	0.66%	0.63%	0.94%
Valor agregado							
F1	6,158	0.70%	0.68%	0.68%	0.66%	0.63%	0.94%
F2	16,033	0.70%	0.78%	0.68%	0.66%	0.63%	0.94%
Total	22,191	0.70%	0.75%	0.68%	0.66%	0.63%	0.94%
Ingreso de hogares							
I4	4,928	0.56%	0.60%	5.80%	0.56%	0.54%	6.11%
I5	14,355	0.60%	0.63%	0.59%	2.40%	0.56%	0.88%
I6	33,352	0.60%	0.64%	0.60%	0.59%	1.36%	0.91%
Total	52,635	0.60%	0.63%	1.09%	1.08%	1.06%	1.39%

Fuente: elaboración propia.

De los efectos multiplicadores se resalta lo siguiente:

- 1) El incremento en las exportaciones primarias (escenario II) tiene impactos superiores sobre la producción sectorial y su valor agregado, seguido por el incremento del gasto público en bienes y servicios (escenario I). Que se explica por los mayores efectos de derrame hacia las actividades económicas.
- 2) Los mayores efectos multiplicadores sobre el ingreso se obtienen a través de las políticas de transferencias hacia los hogares. Resultan ser 0.4 unidades porcentuales más elevados que los escenarios I y II.

- 3) Los hogares de ingreso bajo son los más beneficiados en su ingreso a causa del incremento en las transferencias gubernamentales y sus impactos sobre la actividad económica y la generación de valor son generalmente superiores al resto de hogares.

Lo que sugiere que, en el corto plazo, si se desea priorizar la actividad económica y el crecimiento del PIB, las políticas deben orbitar en torno a la inversión pública y la promoción de las exportaciones nacionales. Sin embargo, no obstante que estas estrategias también incrementan los ingresos de los hogares, estos son mayormente beneficiados por transferencias gubernamentales, por lo que puede ser una estrategia deseable si lo que se requiere es resolver problemas de distribución o pobreza.

El efecto de las remesas sobre los escenarios I a V es superior, sin embargo, debido a la reconfiguración de cuentas (expuesto al inicio de la sección) sus resultados no son del todo comparables.

Con la finalidad de contrastar los resultados monetarios con las externalidades medioambientales, en el Cuadro 13 se muestran los posibles impactos sobre las emisiones contaminantes de cada escenario y en la Figura 3 se resume el impacto en el valor añadido y contaminantes.

Cuadro 13 Efectos multiplicadores de cada escenario simulado sobre las emisiones contaminantes.

Contaminante	Gg de CO2 eq	Escenario					
		I	II	III	IV	V	VI
CO2	495,012	0.70%	0.57%	0.67%	0.65%	0.63%	0.93%
CH4	90,775	0.61%	3.94%	0.76%	0.71%	0.65%	1.00%
N2O	38,684	0.57%	5.13%	0.80%	0.72%	0.65%	1.03%
Total	624,471	0.68%	1.35%	0.69%	0.67%	0.63%	0.95%

Fuente: elaboración propia.

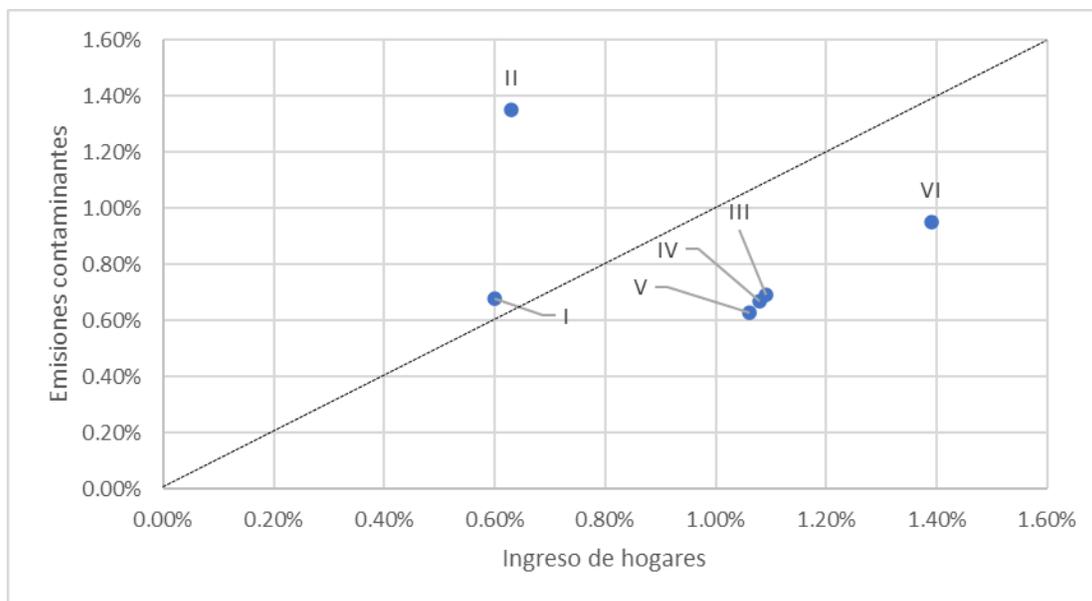


Figura 5 Impacto sobre el ingreso de los hogares y la emisión contaminante de los escenarios de política.

Fuente: elaboración propia.

En general, las políticas con mayores efectos multiplicadores sobre la producción son también las de mayores externalidades. Al incremento de las exportaciones, escenario II (el de mayor beneficio económico con 0.75% de crecimiento en el valor agregado) se le asocia un incremento en las emisiones contaminantes de 1.35%. Esta relación directa entre lo económico y lo ambiental es acorde a Temkin et al. (2018), que encuentra una correlación positiva con el producto interno bruto y el peso relativo de ciertos sectores de la economía.

Al comparar el ingreso de los hogares y la emisión de contaminantes (Figura 5), los escenarios prioritarios serían aquellos por debajo de la línea de 45 grados ya que generan una menor emisión de contaminantes por unidad de ingreso. Mientras más por debajo de esta línea el escenario es preferido. En este sentido, los “ganadores” serían los relacionados con transferencias (II-V) y el perdedor sería el crecimiento de las exportaciones del sector primario⁶.

4.4 CONCLUSIONES

De acuerdo con los multiplicadores de la SAMEA-México, se encuentra que cualquier crecimiento en la producción tiene mayor impacto sobre los ingresos del capital, que existe una asociación directa de los incrementos exógenos de la producción sectorial y el ingreso de los hogares, de tal manera que los hogares de la parte alta de la distribución son los más beneficiados y a la vez son los de menores multiplicadores sobre la producción. Lo que explican, en parte, las desigualdades históricas de México.

⁶ El ejercicio se puede hacer con otros multiplicadores y dar resultados distintos.

Por el lado de las externalidades, los sectores que promueven la emisión de contaminantes son el energético, la ganadería y la agricultura. En el marco de la política actual, las altas inversiones en el sector energético, principalmente el de hidrocarburos, se puede traducir en un crecimiento de las emisiones contaminantes de alrededor 54 mil Gg CO₂ eq, poco más de la mitad de lo que se genera en el sector actualmente.

Por lo que, con base en los hallazgos y simulaciones de escenarios, es necesario promover el cambio tecnológico en los sectores contaminantes y su productividad/competitividad; de tal suerte que aumenten sus efectos multiplicadores sobre la economía (producción, valor añadido e ingresos) y reduzcan sus externalidades al ambiente.

4.5 Referencias

- Aguayo-Téllez, Ernesto; Chapa-Cantú, Joana C.; Ramírez-Grimaldo, Nelly C.; Rangel-González, Erick (2009). Análisis de la generación y redistribución del ingreso en México a través de una matriz de contabilidad social. *Estudios Económicos*, pp. 225-311.
- Chapa J, Ortega A. (2017). Identifying the Main Emitters of Carbon Dioxide in Mexico: A Multi-Sectoral Study. *Economía*;17(2):135-172. <https://www.muse.jhu.edu/article/658244>.
- Jeong-In, K. (1993). Environmental accounting in a social accounting matrix framework: the case of Mexico. Minnesota. <https://doi.org/10.16953/deusbed.74839>
- López-López, J. & Yúnez-Naude, A. (2019). Hacia la incorporación de los recursos naturales de México en estudios multisectoriales. Documento de Trabajo: CEE-COLMEX. Recuperado de <https://cee.colmex.mx/dts/2019/DT-2019-2.pdf>.
- Morilla, C. R., Díaz-Salazar, G. L., & Cardenete, M. A. (2007). Economic and environmental efficiency using a social accounting matrix. *Ecological Economics*, 60(4), 774–786. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2006.02.012>
- Núñez Rodríguez, Gaspar. (2018). Social accounting matrix and analysis of productive sectors in Mexico. *Contaduría y administración*, 63(1)<https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2018.873>
- Pal BD, Pohit S. (2014). Environmentally Extended Social Accounting Matrix for Climate Change Policy Analysis for India. *J Reg Dev Plan*;3(1): pp. 61-75. doi:10.2139/ssrn.2122951
- Pyatt, G. (1991). Fundamentals of Social Accounting. *Economic Systems Research*, 3(3), 315–341. <https://doi.org/10.1080/09535319100000024>
- Pyatt, G., & Round, J. I. (1979). Accounting and Fixed Price Multipliers in a Social Accounting Matrix Framework. *The Economic Journal*, 89(356), 850. <https://doi.org/10.2307/2231503>

- Temkin, B.; Ávila, S; y Martínez, E. (2018). El impacto diferencial de la globalización económica y la democracia sobre las emisiones de CO2 en países ricos y pobres. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 34, núm. 1, pp. 169-183.
- Wang Y, Wang W, Mao G. (2013). Industrial CO2 emissions in China based on the hypothetical extraction method: Linkage analysis. *Energy Policy*, 62: pp. 1238-1244. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.06.045>
- Xie, J. (2000). An Environmentally Extended Social Accounting Matrix. *Environmental and Resource Economics*, 16, pp. 391-406.
- Santiago, I. (2023). Emisiones de contaminantes y el desempeño económico en México: un análisis insumo producto. Universidad Autónoma Chapingo: Tesis doctorado.

5 CONCLUSIONES GENERALES

La pandemia de COVID-19 ha tenido un impacto significativo en la economía y el medio ambiente de México, muestra de ello es el año 2020, año de grandes cambios y desafíos para México y el mundo. La pandemia de COVID-19 causó una recesión económica, así como cambios en la forma en que las personas se relacionan y consumen. Estos cambios llevaron a una reducción temporal de las emisiones de contaminantes y la presión sobre los recursos naturales

Sin embargo, el gobierno mexicano se enfrenta un desafío importante en su intento de impulsar la recuperación económica al mismo tiempo que cumple sus objetivos de reducción de emisiones, mismos objetivos no condicionado expuesto en el marco del acuerdo de Paris.

Por lo cual, de acuerdo con la investigación y las simulaciones de insumo producto dinámico se pronosticó que:

Un crecimiento rápido en el consumo llevaría a un aumento significativo de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Datos muestran que posterior al 2020, un crecimiento rápido en el consumo, y seguir pautas como las observadas de 2013 a 2019, aumentarían los GEI en al menos un 25%.

Sin embargo, un ritmo de recuperación lento significaría un aumento más moderado de las emisiones, solo un 7.87% más a lo observado en 2019.

No obstante, estaría lejos del objetivo de reducción del 51% para 2030. Por lo que es necesario analizar o reformular las políticas que permitan llegar a la meta ambiental y resolver los graves problemas que enfrenta México.

Otras conclusiones interesantes arrojadas con base en el modelo general de corto plazo, SAMEA, tenemos que:

Un crecimiento económico tiende a beneficiar más a los hogares de altos ingresos que a los de bajos ingresos, dado que existe una asociación directa de los incrementos exógenos de la producción sectorial y el ingreso de los hogares, de tal manera que los hogares de la parte alta de la distribución son los más beneficiados y a la vez son los de menores multiplicadores sobre la producción. Lo que explican, en parte, las desigualdades históricas de México.

Esto se debe en parte a que los sectores que promueven la emisión de contaminantes, como el energético, la ganadería y la agricultura, son los que tienen los mayores multiplicadores sobre la producción. En el marco de la política actual, las altas inversiones en el sector energético, principalmente el de hidrocarburos, se puede traducir en un crecimiento de las emisiones contaminantes de alrededor 54 mil Gg CO₂ eq, poco más de la mitad de lo que se genera en el sector actualmente.

En cuanto a las políticas necesarias para promover el desarrollo sostenible, se puede concluir que:

Las políticas con mayores efectos multiplicadores sobre la producción son también las de mayores externalidades. El escenario de mayor beneficio económico, incremento del gasto de gobierno (1.92%), se le asocia un incremento en las emisiones contaminantes de 1.87%, esta relación directa entre lo económico y lo ambiental es una correlación positiva con el producto interno bruto y el peso relativo de ciertos sectores de la economía.

Si se comparan las transferencias entre hogares, se tiene que las emisiones hechas por los hogares de la parte alta de la distribución son más de cuatro veces superiores a las detonadas por los de la parte baja. Además, son muy cercanas a las relacionadas con el crecimiento de 10% en las exportaciones del sector primario (escenario II), que se caracterizan por incrementar en más de 1% las emisiones de metano y nitratos

Por lo cual, es necesario promover el cambio tecnológico en los sectores contaminantes para aumentar su productividad y competitividad, así como para reducir sus externalidades al ambiente. Esto permitiría impulsar el crecimiento económico sin comprometer el medio ambiente.

Para lograr estos objetivos, el gobierno mexicano deberá implementar políticas que promuevan el cambio tecnológico en los sectores contaminantes, así como la reducción de las desigualdades históricas.

Algunas recomendaciones resultado de la investigación son:

Implementar un plan de transición energética que priorice las energías renovables y la eficiencia energética.

Promover la agricultura sostenible y la ganadería sustentable.

Invertir en tecnologías limpias para la industria.

Desarrollar políticas fiscales y de subsidios que incentiven la inversión en sostenibilidad.

Cambios en los hábitos de consumo, como el fomento al transporte público y el consumo de productos locales.

Regulaciones más estrictas para el sector energético, incluida la transición a energías renovables.

Inversiones en investigación y desarrollo de tecnologías limpias

Estas recomendaciones podrían ayudar a México a alcanzar sus objetivos de reducción de emisiones y desarrollo sostenible, al mismo tiempo que impulsa la recuperación económica.

APÉNDICES

Apéndice 1 SAMEA-México (Miles de millones de pesos)

	BYS 1	BYS1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
BYS1	0	0	26	99	2	1	1	0	0	1
BYS1	560	-560	138	158	4	13	2	474	268	1,217
A1	658	12	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	449	49	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0	1,444	0	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	734	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0	2,994	0	0	0	0	0	0	0	0
A9	13	14,512	0	0	0	0	0	0	0	0
A10	0	18,866	0	0	0	0	0	0	0	0
F1	0	0	81	43	3	5	2	78	91	484
F2	0	0	425	198	22	15	1	892	376	1,291
I1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FBKF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I3	5	1,296	0	0	0	0	0	0	0	0
RoW	217	9,234	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrección	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SAMEA-México (parte 2). Miles de millones de pesos.

	A9	A10	F1	F2	I1	I2	I4	I5	I6	CC
BYS1	853	13	0	0	0	0	102	200	265	0
BYS1	9,603	4,738	0	0	0	0	1,719	4,344	8,801	0
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	A9	A10	F1	F2	I1	I2	I4	I5	I6	CC
A4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F1	1,014	4,357	0	0	0	0	0	0	0	0
F2	3,055	9,758	0	0	0	0	0	0	0	0
I1	0	0	0	5,337	77	258	18	75	132	0
I2	0	0	0	692	599	2,685	91	361	643	0
I4	0	0	548	714	145	169	3,021	6	30	0
I5	0	0	2,160	1,809	448	373	3	8,880	53	0
I6	0	0	3,450	3,255	3,681	979	8	34	20,762	0
CC	0	0	0	0	-801	967	-65	239	1,672	821
VE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	790
FBKF	0	0	0	4,090	0	0	0	0	0	1,095
CF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,344
I3	0	0	0	136	1,427	576	8	137	824	0
RoW	0	0	0	0	589	126	24	79	170	6
Corrección	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SAMEA-México (parte 3). Miles de millones de pesos.

	VE	FBKF	CF	I3	RoW	Corrección	CO2	CH4	N2O
BYS1	94	26	0	0	290	0	0	0	0
BYS1	697	5,158	0	2,744	8,503	0	0	0	0
A1	0	0	0	0	0	0	518	1,423	28,925
A2	0	0	0	0	0	0	0	62,279	5,270
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0	0	0	0	0	0	52,584	9,202	25
A7	0	0	0	0	0	0	208,150	15,047	329
A8	0	0	0	0	0	0	19,571	2,188	280
A9	0	0	0	0	0	0	47,605	303	806
A10	0	0	0	0	0	0	166,584	334	3,050
F1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	VE	FBKF	CF	I3	RoW	Corrección	CO2	CH4	N2O
F2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I1	0	0	0	155	112	0	0	0	0
I2	0	0	0	1,001	61	0	0	0	0
I4	0	0	0	135	160	0	0	0	0
I5	0	0	0	234	395	-1	0	0	0
I6	0	0	0	591	595	-2	0	0	0
CC	0	0	3,758	-540	5	0	0	0	0
VE	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FBKF	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CF	0	0	0	0	414	0	0	0	0
I3	0	0	0	5,921	5	4	0	0	0
RoW	0	0	0	95	413	0	0	0	0
Corrección	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Apéndice 2 Cuentas de la Matriz de Contabilidad Social Agrupada de la investigación.

Concepto	Cuenta	Descripción
Bienes y servicios	Primarios (BYS1)	Contabiliza los bienes y servicios del sector primario de la economía: agrícolas, pecuarios, forestales, etc.
	No primarios (BYS2)	Contabiliza los bienes y servicios que no pertenecen al sector primario de la economía: químicos, manufacturas, servicios, etc.
Actividades	Agricultura (A1)	Contabiliza la producción del sector agrícola mexicano y su generación de valor añadido.
	Ganadería (A2)	Contabiliza la producción del sector ganadero y su generación de valor añadido.
	Forestal (A3)	Contabiliza la producción del sector forestal y su generación de valor añadido.
	Pesquero (A4)	Contabiliza la producción del sector pesquero y su generación de valor añadido.
	Otros servicios agrícolas (A5)	Contabiliza la producción de los servicios que provee el sector agrícola y su generación de valor añadido, por ejemplo, capacitación.
	Minería (A6)	Contabiliza la producción del sector minero (petróleo y minerales) y su generación de valor añadido.
	Energía (A7)	Contabiliza la producción del sector energético y su generación de valor añadido.
	Construcción (A8)	Contabiliza la producción del sector de la construcción y su generación de valor añadido.
	Manufacturas (A9)	Contabiliza la producción del sector manufacturero y su generación de valor añadido.

	Servicios (A10)	Contabiliza la producción del sector servicios y su generación de valor añadido.
Factores	Trabajo (F1)	Contabiliza la cantidad de valor generada por el factor trabajo y su dispersión a los hogares.
	Capital (F2)	Contabiliza la cantidad de valor generada por el factor capital y su dispersión a los hogares.
Instituciones	No financieras (I1)	Contabiliza el ingreso que generan y gastan las entidades no financieras ⁷ .
	Financieras (I2)	Contabiliza el ingreso que generan y gastan las entidades financieras (Banca central, Fondos de pensión, Sociedades de seguros, etc.)
	Gobierno (I3)	Contabiliza el ingreso que generan y gastan los distintos niveles de gobierno mexicano.
	Hogares bajo ingreso (I4)	Contabiliza el ingreso que generan y gastan las entidades los hogares de bajos ingresos.
	Hogares mediano ingreso (I5)	Contabiliza el ingreso que generan y gastan las entidades los hogares de medianos ingresos.
	Hogares alto ingreso (I6)	Contabiliza el ingreso que generan y gastan las entidades los hogares de altos ingresos.
Cuenta de capital (CC)		Contabiliza las transacciones ligadas a las adquisiciones de activos no financieros y las transferencias de capital que llevan a una redistribución de riqueza.
Variación de existencia (VE)		Contabiliza la diferencia en el volumen de mercancías existente entre principio y fin de cada período.
FBK		Contabiliza la compra de bienes que los productores realizan para incrementar sus activos fijos
Cuenta financiera (CF)		Indica los tipos de activos financieros utilizados por cada sector para incurrir en pasivos y adquirir activos financieros
Resto del mundo (RdM)		Contabiliza las importaciones, exportaciones y otras métricas que relacionan la economía doméstica con el exterior.

Fuente: elaboración propia.

⁷ Son Sociedades sin fines de lucro que tienen por objeto realizar operaciones de ahorro y préstamo únicamente con sus Socios.

Apéndice 3 Estructura de la SAM agregada del estudio

CUENTAS ENDOGENAS										EXOGENAS	
	Bienes y servicios	Actividades	Factores	Instituciones (excluyendo el gobierno)	Cuenta de capital	Variación de existencia	F B K	Cuenta financiera	Gobierno	Resto del mundo (RdM)	
CUENTAS ENDOGENAS	Bienes y servicios	Costos de transacción	Consumo intermedio		Gasto de consumo de las instituciones	Variación de existencias	F B K		Gasto de consumo	Exportaciones	
	Actividades	Producción									
	Factores		Valor añadido								
	Instituciones (excluyendo el gobierno)			Ingreso generado neto	Transferencias corrientes				Transferencias corrientes	Transferencias del RdM	
	Cuenta de capital				ahorro	transferencias de capital		emisión de pasivos		transferencias del RdM	
	Variación de existencia					variación de existencias					
	FBK			consumo de capital fijo		formación neta de capital fijo					
	Cuenta financiera					adquisición de activos				endeudamiento	

EXOGENAS	Gobierno	Impuestos			Transferencias corrientes					Transferencias del RdM
	Resto del mundo	importaciones		ingresos pagados al RdM	compras de residentes en el extranjero	transferencias de capital al RdM				balance corriente

Fuente: elaboración propia