

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**

**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN**

**PROGRAMA DE POSGRADO**

**Cambios en la estructura productiva y emisiones de carbono en la economía salvadoreña para el período 2005-2014**

**Tesis sometida a consideración de la División de Educación y el Programa de Posgrado como requisito para optar al grado de**

***MAGISTER SCIENTIAE***

**en Economía, Desarrollo y Cambio Climático**

**Meraris Carolina López Díaz**

**Turrialba, Costa Rica**

**2020**

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero de la estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN ECONOMÍA, DESARROLLO  
Y CAMBIO CLIMÁTICO**

**FIRMANTES:**



---

Matías Piaggio, Ph.D.  
Codirector de tesis



---

Róger Madrigal, Ph.D.  
Codirector de tesis



---

Miguel Cifuentes, Ph.D.  
Miembro Comité Consejero



---

Emilio Padilla, Ph.D.  
Miembro Comité Consejero



---

Isabel A. Gutiérrez-Montes, Ph.D.  
Decana Escuela de Posgrado



---

Meraris Carolina López Díaz  
Candidata

## **Dedicatoria**

A Dios por darme sabiduría y coraje para emprender este proyecto.

A mi madre, Selma Carolina Díaz López, por confiar en mí y ser mi apoyo constante.

A mis hermanas, Liliana y Estéfani, por ser los pilares de mi vida.

A mis abuelas, Isabel y Mercedes, a mis abuelos, Carlos y Obdulio, mi inspiración  
diaria.

## **Agradecimientos**

A Matías Piaggio, por la confianza depositada en mí, por el acompañamiento constante y revisiones oportunas en la elaboración de este documento.

A Emilio Padilla, Róger Madrigal y Miguel Cifuentes, por su apoyo y seguimiento a mi trabajo.

Al Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD), por brindarme el financiamiento para poder estudiar la maestría.

A la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, por confiar en mí y darme la oportunidad de seguirme formando.

A todos mis colegas en CATIE, por todas las vivencias, que hicieron más amena mi estadía en el país de la pura vida.

## Índice

Cambios en la estructura productiva y emisiones de carbono en la economía salvadoreña para el período 2005-2014 .....	1
1. Resumen y palabras clave .....	1
2. Abstract and key words .....	1
3. Introducción.....	2
4. Antecedentes, justificación e importancia .....	3
5. Objetivos.....	3
6. Preguntas de investigación .....	4
7. Resultados principales .....	4
8. Conclusiones y recomendaciones .....	5
9. Bibliografía.....	6
Segunda parte: artículos científicos .....	9
Artículo I: Sectores clave en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero: una aplicación del análisis insumo-producto para el caso de El Salvador .....	9
1. Introducción .....	9
2. Metodología .....	12
2.1. Marco general del Insumo-producto .....	12
2.1.1. Coeficientes técnicos ( $a_{ij}$ ) .....	13
2.1.2. Matriz inversa de Leontief (L) .....	14
2.2. Sectores clave.....	14
2.3. Multiplicadores ponderados del valor agregado .....	16
2.4. Componentes propios y puros .....	16
3. Datos .....	17
3.1. Vector de emisiones sectoriales .....	17
3.2. Matriz insumo-producto.....	17
4. Resultados.....	18
5. Discusión de los resultados.....	24
6. Conclusiones .....	26
7. Bibliografía .....	27
8. Anexos artículo I.....	30
Artículo II: Emisiones de $CO_2$ en El Salvador: una aplicación del análisis Insumo-Producto y de descomposición estructural en el período 2005-2014 .....	34
1. Introducción .....	34

2. Metodología.....	38
2.1.1. Doble deflación .....	39
2.1.2. Análisis de descomposición estructural (ADE).....	40
3. Datos .....	43
4. Resultados.....	44
5. Discusión de los resultados.....	52
6. Conclusiones e implicaciones de política .....	53
7. Bibliografía.....	55
8. Anexos artículo II .....	59

### **Índice de cuadros**

Cuadro 1. Preguntas de investigación.....	4
---	---

### **Índice de Tablas**

#### ***Artículo I: Sectores clave en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero: una aplicación del análisis insumo-producto para el caso de El Salvador***

Tabla 1. Producción y emisiones directas de CO <sub>2</sub> por sector productivo.....	18
Tabla 2. El Salvador: Total de enlaces de CO <sub>2</sub> hacia atrás, 2014.....	20

#### ***Artículo II: Emisiones de CO<sub>2</sub> en El Salvador: una aplicación del análisis Insumo-Producto y de descomposición estructural en el período 2005-2014***

Tabla 1. El Salvador: cambios observados en las emisiones de CO <sub>2</sub> por sector productivo, 2005-2014 (miles de toneladas).....	36
Tabla 2. Descomposición del cambio total en las emisiones de CO <sub>2</sub> entre 2005 y 2014 (Miles de toneladas).....	44
Tabla 3. Desagregación de los efectos Estructura y Nivel de la demanda final (Miles de toneladas).....	47
Tabla 4. Resultados de los indicadores de variabilidad para las 24 descomposiciones estructurales para todos los sectores (en miles de toneladas y %).....	48
Tabla 5. Resultados sectoriales de los indicadores de variabilidad para las 24 descomposiciones estructurales .....	50

## **Índice de gráficos**

### ***Artículo I: Sectores clave en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero: una aplicación del análisis insumo-producto para el caso de El Salvador***

Gráfico 1. El Salvador: emisiones de CO <sub>2</sub> derivadas de la quema de combustibles fósiles, 1971-2014 (Millones de toneladas).....	11
Gráfico 2. El Salvador: misiones de CO <sub>2</sub> directas y totales por sector (%).....	20
Gráfico 3. El Salvador: multiplicadores no ponderados y ponderados de las emisiones de CO <sub>2</sub> .....	22
Gráfico 4. El Salvador: componentes propios y puros para las emisiones de CO <sub>2</sub> .....	23
Gráfico 5. El Salvador: multiplicadores ponderados de las emisiones de CO <sub>2</sub> y del valor agregado.....	24

### ***Artículo II: Emisiones de CO<sub>2</sub> en El Salvador: una aplicación del análisis Insumo-Producto y de descomposición estructural en el período 2005-2014***

Gráfico 1. El Salvador: emisiones de CO <sub>2</sub> derivadas de la quema de combustibles fósiles, 1971-2014 (Millones de toneladas).....	36
--	----

## **Lista de acrónimos, abreviaturas y unidades**

<b>ADE</b>	Análisis de descomposición estructural
<b>BCR</b>	Banco Central de Reserva de El Salvador
<b>CH4</b>	Metano
<b>CO2</b>	Dióxido de carbono
<b>EEDF</b>	Efecto estructura de la demanda final
<b>EIE</b>	Efecto intensidad de las emisiones
<b>ENDF</b>	Efecto nivel de la demanda final
<b>ET</b>	Efecto tecnológico
<b>GEI</b>	Gases de efecto invernadero
<b>MIP</b>	Matriz insumo-producto
<b>MNP</b>	Multiplicadores no ponderados
<b>MP</b>	Multiplicadores ponderados
<b>N20</b>	Óxido nitroso



# **Cambios en la estructura productiva y emisiones de carbono en la economía salvadoreña para el período 2005-2014**

## **1. Resumen y palabras clave**

El diseño de políticas de mitigación es determinante dadas sus implicaciones ambientales, sociales y económicas, así como los co-beneficios que se derivan de la puesta en marcha de acciones dirigidas a la disminución de emisiones. Esta tesis indaga, mediante la aplicación del análisis insumo-producto, cuáles son los sectores clave de la economía salvadoreña respecto a las emisiones de  $CO_2$  para el año 2014, identificando los sectores que emiten  $CO_2$  directamente y también aquellas ramas que bajo dicho enfoque no figuran, pero que cuando se analizan las interacciones dentro de la estructura productiva se vuelven importantes por el arrastre que tienen hacia otros sectores. Los principales resultados exponen que las ramas transporte; electricidad, gas y agua; construcción y productos del petróleo, químicos y minerales no metálicos son los sectores clave para la mitigación. Asimismo, se aplica un análisis de descomposición estructural (ADE) a través del cual se identifican el efecto intensidad de las emisiones (EIE), cambio tecnológico (ET), estructura y nivel de la demanda final (EEDF y ENDF) como fuentes de cambio de las emisiones. Los resultados indican que los dos componentes que han determinados la tendencia de las emisiones en el período son EIE y ENDF. Asimismo, se incorpora un análisis de sensibilidad de los resultados, aplicando 24 técnicas de descomposición.

**Palabras clave:** Emisiones de  $CO_2$ , sectores clave, cambio estructural, análisis insumo-producto, análisis de descomposición estructural, sensibilidad, El Salvador.

## **2. Abstract and key words**

The design of mitigation policies is decisive given their environmental, social and economic implications, as well as the co-benefits derived from the implementation of actions aimed at reducing emissions. Thus, this thesis investigates through the application of the input-output analysis which are the key sectors of the Salvadoran economy with respect to  $CO_2$  emissions for 2014, identifying the direct emissions derived from the production process carried out by the sectors to satisfy the final demand, as well as those emissions that are generated indirectly due to interconnections with other productive branches. The main results show those sectors that must be key for the implementation of policies for technological improvement or aimed at final demand. Likewise, an analysis of structural decomposition (ADE) is applied through which the effect intensity of emissions (EIE), technological change (ET), structure and level of final demand (EEDF and ENDF) are identified as sources of change of emissions. The results indicate that the two components that have determined the trend of emissions in the period are EIE and ENDF. Likewise, a sensitivity analysis of the results is incorporated, applying 24 decomposition techniques.

**Key words:**  $CO_2$  emissions, key sectors, structural change, input-output analysis, structural decomposition analysis, sensitivity, El Salvador.

### **3. Introducción**

La economía vuelca al ambiente diferentes emisiones de los denominados gases de efecto invernadero (GEI) como consecuencia de los procesos de producción y consumo. Las emisiones de GEI se producen tanto al producir bienes y servicios para satisfacer la demanda final de cada sector productivo, así como para producir insumos para otros sectores económicos.

De acuerdo con Casler y Blair (1997:19), “muchas emisiones contaminantes provienen de la actividad económica, y las interrelaciones entre las industrias afectan significativamente su naturaleza y magnitud”. Esto sugiere que diferentes estructuras económicas tendrán impactos diferenciados en las emisiones de GEI derivados de las interacciones entre los diversos sectores productivos. Es así como, no necesariamente una economía centrada en las ramas de comercio y servicios será baja en emisiones, pues de manera indirecta a través de su relación con otros sectores podría estarse contaminando significativamente.

Casler y Blair (1997) ponen de ejemplo la producción de vehículos, en la que no solo se emite por el ensamblaje de los autos (emisiones directas), sino también por la utilización de los diferentes componentes como neumáticos o acería (emisiones indirectas). Alcántara (2007) sostiene que hay sectores que pueden catalogarse como “proveedores de otras ramas”, los cuales son inducidos a contaminar para poder satisfacer las demandas de insumos de otras producciones, de ahí la importancia de destacar no solo las emisiones directas, sino también las indirectas.

La diferenciación entre emisiones directas e indirectas cobra relevancia en el marco del diseño de políticas públicas, ya que permiten identificar cuáles son las políticas más adecuadas para los emisores directos (opciones centradas en el último eslabón de la cadena de producción) y cuáles podrían ser las políticas más acertadas para aquellos sectores que contaminan de manera indirecta (políticas basadas en la demanda intermedia y final).

Ante lo expuesto, el presente proyecto busca alcanzar dos objetivos; primero, identificar los sectores clave de la economía salvadoreña respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero, así como clasificar aquellos sectores que son importantes debido a sus emisiones directas o indirectas. En segundo lugar, se analiza cómo las variaciones en la estructura productiva de El Salvador entre 2005 y 2014 están relacionadas con cambios en las emisiones. La estructura productiva de los países puede cambiar tanto por el hecho de que unos sectores crecen más que otros, al tiempo que nuevos sectores pueden surgir, o por el hecho de que los sectores productivos pueden cambiar su forma de producir (cambio tecnológico). Todos estos factores pueden tener importantes implicancias respecto a las emisiones asociadas a la demanda final. Así este segundo objetivo permitirá entender cómo los cambios en la estructura productiva de los últimos veinte años se relacionan con las emisiones de GEI y con ello, es posible brindar elementos para analizar futuros cambios en la estructura productiva del país.

En la siguiente sección se presenta la justificación en importancia del tema de investigación, para luego exponer el objetivo general y los específicos. En el apartado cuatro y cinco se especifican las preguntas de investigación y posteriormente, se hace una exploración del estado del arte, respectivamente. En las secciones seis y siete se describen las metodologías a emplear para la consecución de los objetivos y los resultados esperados de esta investigación.

#### **4. Antecedentes, justificación e importancia**

Realizar este análisis de cambio estructural es importante para el país, ya que desde finales de los 80's se ha ido transitando de un modelo agroexportador a una economía terciarizada. En 2015, las ramas de comercio y servicios representaban 50.1% del Producto Interno Bruto (BCR. 2015). Asimismo, López Gómez (2013) sostiene que El Salvador es una de las economías latinoamericanas, cuya estructura ha transitado cada vez más hacia el sector servicios en detrimento del sector agrícola.

Además, su vinculación con la huella de carbono permite estimar la contribución de emisiones de las diversas ramas económicas como resultado de los procesos de producción. Si bien, la contaminación es consecuencia de sectores específicos, muchas veces ésta es generada para producir insumos para sectores que se consideran 'limpios', porque no emiten de forma directa.

En este sentido, es importante a la hora de analizar la relación entre las emisiones y la estructura productiva, no sólo las emisiones con las que el sector contribuye de forma directa para satisfacer su demanda final, sino también aquellas que éste genera a causa de la demanda de insumos del resto de la economía. Esto permite identificar sectores para la realización de políticas que lleven a la sustitución de insumos intermedios, como forma complementaria a las políticas de mitigación de emisiones de final de cañería.

#### **5. Objetivos**

##### **Objetivo general**

Analizar la relación entre la estructura productiva y las emisiones de carbono para la economía salvadoreña entre 2005 y 2014.

##### **Objetivos específicos**

- I. Estimar un vector de emisiones de carbono para los 45 sectores productivos de la economía salvadoreña.
- II. Identificar los sectores clave respecto a las emisiones de GEI en la economía de El Salvador tanto respecto a sus emisiones directas como indirectas en el año 2014.
- III. Analizar la relación existente entre el cambio en la estructura productiva y las emisiones de carbono en El Salvador para los años 2005 y 2014.

## 6. Preguntas de investigación

**Cuadro 1. Preguntas de investigación**

<b>Objetivo específico</b>	<b>Preguntas de Investigación</b>
<b>1. Estimar un vector de emisiones de dióxido de carbono para los 45 sectores productivos de la economía salvadoreña.</b>	¿Cuál ha sido la tendencia sectorial y agregada de emisiones de carbono en El Salvador entre el año 2005 y 2014?
	¿Cuáles son los sectores que podrían catalogarse como los mayores contaminadores en términos de emisiones de carbono directas?
<b>2. Identificar los sectores clave respecto a las emisiones de GEI en la economía de El Salvador tanto respecto a sus emisiones directas como indirectas en el año 2014.</b>	¿Cuáles los sectores clave de la economía salvadoreña respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero?
<b>3. Analizar la relación existente entre la estructura productiva y el comportamiento de las emisiones de carbono en El Salvador entre los años 2005 y 2014.</b>	¿Cómo ha afectado el crecimiento económico de los sectores, la estructura de la demanda final, y los cambios en la tecnología de producción el nivel de emisiones en la economía salvadoreña entre 2005 y 2014?

## 7. Resultados principales

Respecto al análisis de sectores clave, se tiene que en las emisiones directas de CO<sub>2</sub> los sectores relevantes son esencialmente: transporte (17), responsable del 56.35%; electricidad, gas y agua (12), con un peso de 23.17% y Productos del petróleo, químicos y minerales no metálicos (7), cuya contribución es del 10.72%. Estos tres sectores representan en conjunto el 90.24% de las emisiones directas totales de CO<sub>2</sub> generadas por la quema de combustibles fósiles para la producción de energía.

Sin embargo, cuando se analizan aquellas emisiones que se derivan de la producción propia del sector, y además se toman en cuenta las emisiones originadas a raíz de la demanda de segundos sectores, comienzan a visibilizarse ramas que antes no figuraban. Tal es el caso de la construcción, sector que de forma directa solo emite el 0.15%, pero en las emisiones totales refleja un peso de 6.37% (ver anexo II). En la misma línea, alimentos y bebidas experimenta una variación de 3.42 puntos porcentuales, pasando de 0.04% en emisiones directas a 3.46% en las emisiones totales. De igual forma, el sector de educación, salud, reciclaje y otros servicios que de manera directa solo es responsable del 0.5%, en términos de emisiones totales muestra un peso de 4.32%.

Además, las ramas de productos del petróleo, químicos y minerales no metálicos; electricidad, gas y agua, y transporte son sectores claves porque las variaciones en su propia demanda final provocan aumentos en las emisiones, y también contaminan por las interacciones que se generan con otros sectores a los que sirven de proveedores.

En cuanto al análisis de descomposición estructural, los resultados muestran que de los cuatro componentes examinados, el efecto Tecnológico [76.70 (19%)] y el efecto Nivel de la demanda final [1,157.9 (289%)], contribuyeron positivamente (haciendo que aumentara) al cambio total en las emisiones de CO<sub>2</sub>, mientras que el efecto Intensidad de las emisiones [-1,073.7 (-268%)] y el efecto estructura de la demanda final [-561.0 (-140%)], fueron los factores que presentaron un impacto negativo, siendo lo suficientemente significativos para que el cambio total de las emisiones en el período observado fuese negativo (-400 miles de toneladas).

Asimismo, se realizó un análisis de sensibilidad de los resultados, para lo que se aplicaron 24 técnicas de descomposición equivalentes y exhaustivas, mostrando que los efectos Tecnológico, Estructura y Nivel de la demanda final presentan los resultados más heterogéneos con un valor del coeficiente de variación promedio de 41.3%, 40.8% y 40.2% respectivamente.

## **8. Conclusiones y recomendaciones**

La aplicación del marco insumo-producto para la determinación y análisis de sectores clave mediante los multiplicadores ponderados y no ponderados de las emisiones, así como los MP del valor agregado y la separación de los componentes puros y propios, ha propiciado la identificación de sectores que son clave no solo por la contaminación directa, sino también por la polución derivada de las interacciones sectoriales en la estructura productiva salvadoreña y que bajo el criterio de emisiones directas no figuran. Esto permite complementar las políticas de mitigación dirigidas a aquellos emisores de CO<sub>2</sub> que los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero contemplan (MARN, 2018).

Los sectores a los que deben ir enfocados los esfuerzos de políticas de mitigación son transporte (17); electricidad, gas y agua (12); construcción (13), equipo eléctrico y maquinaria (9) y productos del petróleo (7). Estos sectores aparecen como constante en los indicadores analizados, tanto por su arrastre potencial como efectivo, así como por incidencia que tienen respecto al aumento de las emisiones propias o de otros sectores a causa de cambios en la demanda final. En el caso de transporte y electricidad, gas y agua es

necesario el impulso de políticas de mejora tecnológica, mientras que para la Construcción y Equipo eléctrico y maquinaria debería evaluarse la puesta en marcha de políticas dirigidas a la sustitución de insumos.

Se recomienda ampliar este análisis con una mayor desagregación sectorial, ya que sectores como alimentos y bebidas; servicios y hoteles, así como educación, salud y otros servicios (ver Anexo II) son ramas que experimentan importantes aumentos en las emisiones totales respecto a las emisiones directas, pero que posiblemente debido a la desagregación con la que se trabajó no se identifican comportamientos relevantes respecto a los multiplicadores y demás indicadores.

Finalmente, es importante reconocer la necesidad de evaluar las opciones de política desde un enfoque de costo-efectividad, priorizando aquellas que no solamente sean necesarias, sino factibles y que promuevan los mayores beneficios y co-beneficios.

## 9. Bibliografía

- Alcántara, V. 2007. Análisis input-output y emisiones de CO2 en España: un primer análisis para la determinación de sectores clave en la emisión. (En línea). Bellaterra, Barcelona, s.e. 21 p. (wpdea). Disponible en <https://ideas.repec.org/p/uab/wprdea/wpdea0702.html>
- Alcántara, V; Padilla, E. 2006. An input-output analysis of the «key» sectors in CO2 emissions from a production perspective: an application to the Spanish economy. (En línea). Bellaterra, s.e. 24 p. (wpdea). Disponible en <http://www.ecap.uab.es/RePEc/doc/wpdea0601.pdf>
- Bicknell, KB; Ball, RJ; Cullen, R; Bigsby, HR. 1998. New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy. (En línea). *Ecological Economics* 27(2):149-160. Consultado 3 sep. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800997001365>
- Casler, SD; Blair, PD. 1997. Economic structure, fuel combustion, and pollution emissions. (En línea). *Ecological Economics* 22(1):19-27. Consultado 19 sep. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800996005514>
- Chang, YF; Lin, SJ. 1998. Structural decomposition of industrial CO2 emission in Taiwan: an input-output approach. (En línea). *Energy Policy* 26(1):5-12. Consultado 4 sep. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142159700089X>
- Fuentes, NA. 2003. Encadenamientos insumo-producto en un municipio fronterizo de Baja California, México. (En línea). *Frontera norte* 15(29):151-184. Consultado 28 ago. 2018. Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73722003000100006#f4](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73722003000100006#f4)
- Hoekstra, R; van den Bergh, JCJM. 2002. Structural Decomposition Analysis of Physical Flows in the Economy. (En línea). *Environmental and Resource Economics*

- 23(3):357-378. Consultado 4 sep. 2018. Disponible en <http://link.springer.com/10.1023/A:1021234216845>
- İpek Tunç, G; Türüt-Aşık, S; Akbostancı, E. 2007. CO2 emissions vs. CO2 responsibility: An input-output approach for the Turkish economy. (En línea). *Energy Policy* 35(2):855-868. Consultado 3 sep. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421506000978>
- Lenzen, M; Murray, SA. 2001. A modified ecological footprint method and its application to Australia. (En línea). *Ecological Economics* 37(2):229-255. Consultado 3 sep. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800900002755>
- Leontief, W. 1985. Análisis económico input-output. 2 ed. ed. Ediciones Orbis (ed.). Barcelona, Ediciones Orbis. 359 p.
- Lim, H-J; Yoo, S-H; Kwak, S-J. 2009. Industrial CO2 emissions from energy use in Korea: A structural decomposition analysis. (En línea). *Energy Policy* 37(2):686-698. Consultado 4 sep. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421508005879>
- Llop, M; Pié, L. 2011. Decomposition of Emission Multipliers in a National Accounting Matrix Including Environmental Accounts. (En línea). *Journal of Industrial Ecology* 15(2):206-216. Consultado 4 sep. 2018. Disponible en <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1530-9290.2010.00324.x>
- López Gómez, CS. 2013. Estructura económica, crecimiento y emisiones contaminantes en América Latina. (En línea). Puebla, México, s.e. p. 37-50. Disponible en <http://www.eco.buap.mx/aportes/revista/47> Año XVIII Numero 47, Enero-Abril de 2013/03 Estructura economica, crecimiento y emisiones contaminantes en America Latina. Claudia Gomez.pdf
- López, R; Accorsi, S; Sturla, G. 2016. Análisis sectorial de la huella de carbono para la economía chilena: un enfoque basado en la matriz insumo-producto. Santiago de Chile, s.e. 62 p. (SDT).
- Mariña Flores, A. 1993. Insumo-producto: aplicaciones básicas al análisis económico estructural. 1 ed. ed. Universidad Autónoma Metropolitana (ed.). México, D.F., Universidad Autónoma Metropolitana. 388 p.
- Miller, RE; Blair, PD. 2009. Input-output analysis: foundations and extensions. (En línea). 2 ed. ed. Cambridge University Press (ed.). New York, Cambridge University Press. 750 p. Consultado 29 ago. 2018. Disponible en [http://static.gest.unipd.it/~birolo/didattica11/Materiale\\_2012/\\_Materiale\\_2015/Miller\\_Blait-input-output\\_analysis.pdf](http://static.gest.unipd.it/~birolo/didattica11/Materiale_2012/_Materiale_2015/Miller_Blait-input-output_analysis.pdf)
- Minx, JC; Wiedmann, T; Wood, R; Peters, GP; Lenzen, M; Owen, A; Scott, K; Barrett, J; Hubacek, K; Baiocchi, G; Paul, A; Dawkins, E; Briggs, J; Guan, D; Suh, S; Ackerman, F; Peters, P. 2009. Input-output analysis and carbon footprinting: an overview of applications. (En línea). *Economic Systems Research* 21(3):187-216.

- Consultado 29 ago. 2018. Disponible en <http://www.tandfonline.com/loi/cesr20http://dx.doi.org/10.1080/09535310903541298>
- Perman, R; Ma, Y; McGilvray, J; Common, M. 2003. Natural resource and environmental economics. (En línea). 3 ed. ed. Pearson (ed.). Harlow, Essex, Pearson. 726 p. Disponible en [www.pearsoneduc.com](http://www.pearsoneduc.com)
- Piaggio, M; Alcántara, V; Padilla, E. 2014. Greenhouse Gas Emissions and Economic Structure in Uruguay. *Economic Systems Research* 26(2):155-176.
- Proops, JLR; Faber, M; Wagenhals, G. 1993. Reducing CO2 Emissions: a comparative input-output study for Germany and the UK. (En línea). 1 ed. ed. Springer (ed.). Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg. 300 p. Consultado 3 sep. 2018. Disponible en [http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-77792-9\\_1](http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-77792-9_1)
- Skolka, J. 1989. Input-output structural decomposition analysis for Austria. (En línea). *Journal of Policy Modeling* 11(1):45-66. Consultado 4 sep. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0161893889900240>
- Su, B; Ang, BW. 2012. Structural decomposition analysis applied to energy and emissions: Some methodological developments. (En línea). *Energy Economics* 34(1):177-188. Consultado 4 sep. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988311002374>
- Tarancón, MÁ. 2003. Técnicas de análisis económico Input-Output. 1 ed. ed. Editorial Club Universitario (ed.). Toledo, España, Editorial Club Universitario. 274 p.
- Tarancón, MÁ; del Río, P. 2007. CO2 emissions and intersectoral linkages. The case of Spain. (En línea). *Energy Policy* 35(2):1100-1116. Consultado 3 sep. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421506000693>
- Wiedmann, T. 2017. On the decomposition of total impact multipliers in a supply and use framework. *Journal of Economic Structures* 6(1):1-11.
- Zhang, H; Qi, Y. 2011. A Structure Decomposition Analysis of China's Production-Source CO2 Emission: 1992–2002. (En línea). *Environmental and Resource Economics* 49(1):65-77. Consultado 4 sep. 2018. Disponible en <http://link.springer.com/10.1007/s10640-010-9424-z>



## Segunda parte: artículos científicos

### **Artículo I:** Sectores clave en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero: una aplicación del análisis insumo-producto para el caso de El Salvador

Meraris C. López <sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)*

[\\*meraris.lopez@catie.ac.cr](mailto:meraris.lopez@catie.ac.cr)

El diseño de políticas de mitigación es determinante, dadas sus implicaciones ambientales, sociales y económicas, aún para contribuidores marginales a las emisiones globales como El Salvador. El aporte fundamental de este artículo es evidenciar no solo a los sectores que emiten CO<sub>2</sub> directamente, sino también a aquellas ramas que bajo dicho enfoque no figuran, pero que cuando se analizan las interacciones dentro de la estructura productiva se vuelven importantes por el arrastre que tienen hacia otros sectores. Los principales resultados exponen que las ramas transporte; electricidad, gas y agua; construcción y productos del petróleo, químicos y minerales no metálicos son los sectores clave para la mitigación. Además, sustentan la consideración de políticas de disminución de las emisiones basadas en la mejora tecnológica o dirigidas a la demanda final que sean complementarias a las acciones que únicamente van enfocadas a los principales emisores directos.

Palabras clave: emisiones de carbono, sectores clave, insumo-producto, El Salvador.

#### **1. Introducción**

Hacer frente a la persistencia del aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) requiere del compromiso de los países mediante el diseño de políticas de mitigación. Uno de los principales retos a los que se enfrentan los gobiernos en términos de reducir emisiones, es la creación de una estrategia que oriente las decisiones de cuándo y cómo reducirlas (Vogt-Schilb et al. 2015). Los GEI son el resultado de una serie de procesos naturales y actividades humanas. Entre las emisiones de origen antropocéntrico, una de las más importantes es la quema de combustibles fósiles (Cansino et al. 2016), que a su vez está ligada a los modelos de producción y consumo de una economía determinada (Casler y Blair 1997).

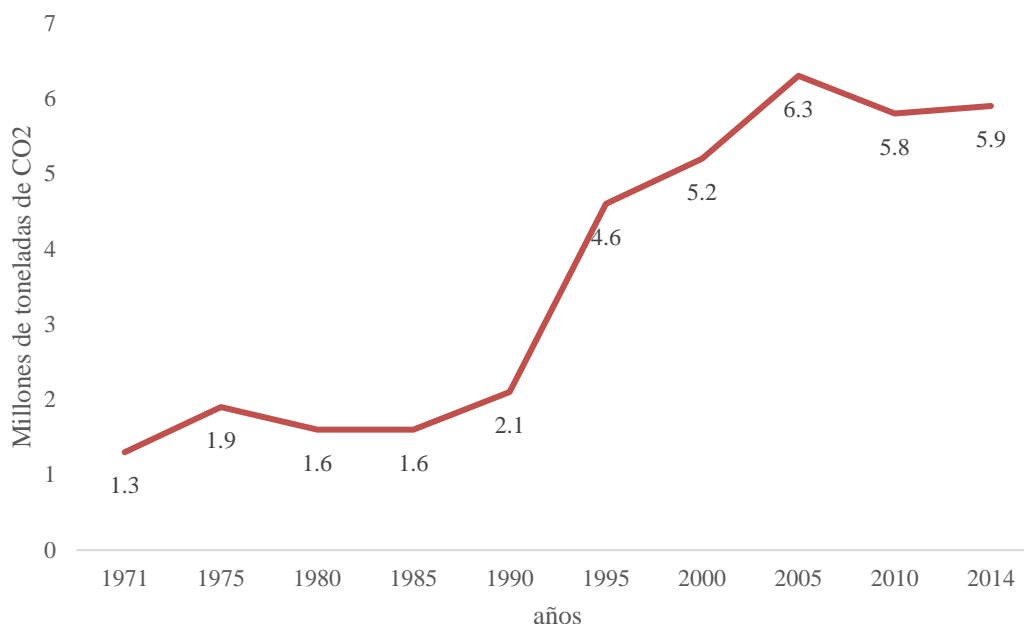
Respecto a las emisiones que se generan a partir del proceso de producción, estas pueden originarse por 2 razones:

- a. Emisiones directas provocadas por cada sector al producir bienes y servicios para satisfacer su propia demanda final.
- b. Emisiones indirectas causadas por sectores que funcionan como proveedores de otras ramas, los cuales son inducidos a contaminar para poder satisfacer la demanda de insumos de otras producciones. (Alcántara 2007)

De acuerdo con el último Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (MARN, 2018), en el país se emitieron 20,394.9 kilotoneladas de GEI, proveniente principalmente de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>, 78.3%), Metano (CH<sub>4</sub>, 17.5%) y Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O, 3.7%). En esta investigación, se estudiaron en particular las emisiones de CO<sub>2</sub> que provienen únicamente de la quema de combustibles fósiles para la generación de energía, las cuales representan el 30.7 % del total de emisiones de CO<sub>2</sub> (MARN, 2018).<sup>1</sup>

En el Gráfico 1 se aprecia que entre 1971 y 2014 las emisiones han aumentado en 4.6 millones de toneladas, observándose un crecimiento más pronunciado a partir de 1990, asociado al crecimiento económico producto del fin del conflicto armado en el país, que de acuerdo con Cabrera et al. (2005:9):

... entre 1990 y 1995, la economía creció a una tasa promedio de 6.0% impulsada por el denominado boom de post-guerra que motivó el uso de la capacidad instalada ociosa, el crecimiento de la formación bruta de capital, de la eficiencia productiva y del empleo en un contexto de menores tasas de inflación.



<sup>1</sup> El resto de las emisiones resultantes de rubros como procesos industriales y uso de productos (2.26 %); agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (57.8 %) y residuos (9.17 %) no fueron abordadas, debido a que el principal interés de esta investigación está centrado en la estructura productiva y su relación con las emisiones de CO<sub>2</sub> del rubro energético.

## **Gráfico 1. El Salvador: emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la quema de combustibles fósiles, 1971-2014 (Millones de toneladas)**

Fuente: elaborado con base en IEA Statistics, CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion, 2017

Para 2014, al considerar solo las emisiones directas, de las 5.9 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, los sectores productos del petróleo, electricidad y transporte fueron los que concentraron el 90.2% de las emisiones. Sin embargo, al incluir también las emisiones indirectas, aunque estos sectores siguen siendo importantes, hay una significativa redistribución (19%) hacia las ramas alimentos y bebidas, construcción, hoteles y restaurantes y otros sectores que se detallan en los resultados. Esta redistribución, se produce porque los productos del petróleo, electricidad y transporte están sirviendo de proveedores de otras ramas y, por tanto, no todas las emisiones generadas son de responsabilidad exclusiva de dichos sectores.

En ese sentido, determinar qué parte de las emisiones directas de un sector son para satisfacer su demanda final, o para producir insumos que son utilizados por otros, permite definir a los sectores clave en los cuales se podrían desarrollar políticas de demanda intermedia, como sustitución de insumos, que permitan complementar las políticas de mitigación de los sectores que emiten de forma directa. Además, la tipificación de las responsabilidades sectoriales es determinante en el sentido de que las diferentes ramas, que conforman una estructura productiva tendrán impactos diferenciados en las emisiones de GEI derivados de las interacciones entre los diversos sectores productivos, y cuyas interrelaciones no son observadas si solo se analizan las emisiones directas. De acuerdo con (Casler y Blair 1997: 19), “muchas emisiones contaminantes provienen de la actividad económica, y las interrelaciones entre las industrias afectan significativamente su naturaleza y magnitud”.

En este contexto, esta investigación tiene como objetivo identificar los sectores clave de la economía salvadoreña respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub> y clasificar aquellos sectores que son importante debido a sus emisiones directas e indirectas. Esta investigación es novedosa e importante, ya que aunque se han realizado estudios similares para otras economías (ver por ejemplo: Proops, Faber, & Wagenhals (1993); Lenzen & Murray (2001); Alcántara & Padilla (2006); Tarancón Morán & del Río González (2007); İpek Tunç, Türüt-Aşık, & Akbostancı (2007); Piaggio, Alcántara, & Padilla (2014); López, Accorsi, & Sturla (2016) y Wiedmann (2017); es la primera vez que un análisis de este tipo se lleva a cabo con información de la economía salvadoreña y los resultados pueden ser utilizados para la elaboración de políticas de mitigación de emisiones.

Además, aunque El Salvador, en términos globales, ha sido catalogado como un emisor de GEI no significativo, dado que solo contribuye con el 0.04% de las emisiones a nivel mundial (MARN. 2015), la identificación y puesta en marcha de medidas de mitigación en el país no solo debe responder a un compromiso moral ante un fenómeno global como el cambio climático, sino también, a una serie de co-beneficios que se pueden derivar de las políticas de mitigación. Las medidas para disminuir las emisiones impactan positivamente

el desarrollo sostenible, mejoras en la salud de las personas, seguridad energética y alimentaria y además, podrían promover cambios tecnológicos importantes (Vergara et al. 2013).

## 2. Metodología

### 2.1. Marco general del Insumo-producto

El análisis insumo-producto muestra “la interdependencia existente entre los diferentes sectores que componen el sistema económico, mediante una serie de ecuaciones lineales cuyos coeficientes numéricos representan las características estructurales propias del mismo” (Leontief 1985: 207).

El modelo presenta las transacciones entre pares de sectores (de cada sector  $i$  a cada sector  $j$ ); denotados como  $z_{ij}$  y pueden expresarse en términos monetarios o físicos. Estas transacciones muestran cómo la producción del sector  $i$  se relaciona con la demanda de insumos que ese mismo sector realiza al resto (demanda intermedia), en un período determinado. El esquema insumo-producto también muestra aquella demanda realizada por otros agentes económicos (diferentes de las industrias), cuyo destino no es la producción o transformación, dando lugar a la denominada demanda final ( $y_i$ ) (Figura 1).

		Ventas				Demanda intermedia	Demanda final					Ventas totales o demanda total
		Sector 1	Sector 2	...	Sector n		C	G	FB K	E	I	
Compras	Sector 1	X11	X12	...	X1n	Sumatoria por filas de las transacciones sectoriales	Consumo de los hogares	Consumo del gobierno	Formación bruta de capital fijo	Exportaciones	Variación de existencias	Ventas totales a los diferentes agentes económicos (DI+DF)
	Sector 2	X21	X22	...	X2n							
	⋮	...	...	⋮	...							
	Sector n	Xn1	Xn2	...	Xnn							
Consumo intermedio		Sumatoria por columnas de las transacciones sectoriales				$y$ <b>VA+M</b>						
Valor agregado		Remuneraciones, excedente bruto de explotación, impuestos netos e ingresos mixtos										
Importaciones		Importaciones para la producción										

<b>Valor bruto de la producción</b>	Oferta total (doméstica e importaciones), debe coincidir la demanda total.
-------------------------------------	--

**Figura 1. Esquema general de una matriz insumo-producto (MIP)**

Fuente: adaptado de Fuentes (2003)

La MIP está compuesta por otras matrices que se integran para representar un determinado sistema económico y donde  $Z$  representa la matriz de transacciones intermedias; compras (suma por columnas) y ventas de bienes y servicios intermedios (ventas) (Figura 1). La matriz  $Y$  muestra las ventas sectoriales realizadas a los  $m$  componentes de la demanda final; el valor agregado integra el pago a los factores productivos, así como los impuestos netos (subsidios deducidos). Las importaciones representan los bienes y servicios extranjeros utilizados en la producción. Se observa además que la sumatoria por filas de  $Z$  e  $Y$ , así como la suma por columnas de  $Z$  y  $(VA+M)$  da lugar a la producción total (o valor bruto de la producción), siendo coincidente con lo planteado en la Ecuación 1 (Tarancón 2003).

En forma matemática, el modelo insumo-producto se define como la sumatoria de las demandas intermedias por sector  $i$ , para todos los sectores  $j$  (incluido cuando  $j = i$ ), más la demanda final; representaría el producto total en un período dado (Miller y Blair 2009). Expresado como ecuación para  $n$  sectores, se tiene:

$$(1) \quad x_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} + y_i$$

Adicionalmente, dentro del marco insumo-producto, se tienen dos conceptos que son fundamentales para la realización de análisis basados en el modelo de Leontief: coeficientes técnicos y matriz inversa de Leontief (Mariña Flores 1993), descritos a continuación.

### 2.1.1. Coeficientes técnicos ( $a_{ij}$ )

Son estimados para cada sector y se obtienen de la división del valor de cada uno de los insumos intermedios utilizados por el sector  $z_{ij}$  (reflejados en la matriz de transacciones  $Z$ ), entre el valor bruto de la producción del sector correspondiente,  $x_j$  (Mariña Flores 1993).

$$(2) \quad a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j}$$

Estos coeficientes técnicos estimados correspondientes a todos los sectores económicos, que componen la MIP, dan lugar a la denominada “matriz estructural” ( $A$ ), la cual proporciona en cada columna la información de los insumos intermedios de cada sector que una determinada rama productiva necesita para producir una unidad de bien final (Leontief 1985).

$$(3) \quad A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Se destaca que una vez obtenida la matriz  $A$ , es posible establecer una identidad macroeconómica que es clave en el análisis insumo producto:

$$(4) \quad x - xA = y$$

Donde:  $x$  es el vector columna del valor bruto de la producción;  $y$  es el vector columna de la demanda final para los  $n$  sectores;  $xA$  es el consumo intermedio y  $A$  es la matriz de coeficientes técnicos (directos). Esta identidad evidencia que el VBP menos el consumo intermedio es igual a la demanda final.

### 2.1.2. Matriz inversa de Leontief (L)

Esta matriz contiene los requerimientos directos e indirectos dado un incremento unitario en la demanda final (Tarancón 2003). Se obtiene invirtiendo la resta de las matrices identidad (con unos en la diagonal principal y cero en el resto de los elementos) y la matriz tecnológica  $A$ .

$$(5) \quad L = (I - A)^{-1}$$

Si se retoma la ecuación tres, se tiene que:

$$(6) \quad x = L * y$$

## 2.2. Sectores clave

Para la determinación de los sectores clave en las emisiones de GEI, se sigue la metodología Rasmussen/Hirschman (Alcántara 2007, Piaggio et al. 2014). Para ello, se tiene un vector  $c$  de orden  $n \times 1$ , el cual está compuesto por los coeficientes de las emisiones sectoriales directas (emisiones por unidad de producción), y un vector  $x$  de orden  $n \times 1$ , que contiene la producción sectorial; cuya multiplicación<sup>2</sup> da lugar a  $E$ , siendo este un escalar que denota las emisiones agregadas y se expresa como:

$$(7) \quad c'x = E$$

---

<sup>2</sup> Como nomenclatura general, el símbolo ( $'$ ) denota transposición, ( $^{\wedge}$ ) se refiere a la diagonalización de un vector cualquiera y ( $\sim$ ) hace referencia a los vectores ponderados.

Partiendo de estas emisiones agregadas, es posible obtener las emisiones directas sectoriales sustituyendo  $x$  por el modelo de Leontief, donde:  $x = (I - A)^{-1} * y$ , y postmultiplicar por la diagonalizada de  $c$ , dando lugar a la siguiente expresión:

$$(8) \quad e = \hat{c}(I - A)^{-1} * y$$

Donde de acuerdo con Alcántara (2007:6): “ $\hat{c}(I - A)^{-1}$  es un operador lineal que convierte cualquier incremento de la demanda final en un incremento del vector de emisiones contaminantes”. Si se denomina  $F$  a ese operador y se premultiplica por un vector fila unitario que sea conformable ( $u$ ) “se puede obtener un vector (1 x n) de emisión unitaria total, directa e indirecta, generada por unidad de demanda final.  $f'$  expresa el efecto multiplicador de las emisiones impulsado por la expansión de las distintas demandas” (Alcántara 2007: 6), expresándose como sigue:

$$(9) \quad F = \hat{c}(I - A)^{-1}$$

$$(10) \quad f' = u'F = \mu^{np}$$

Por tanto, las emisiones directas e indirectas (emisiones totales) se expresarían:

$$(11) \quad E = u'F\hat{y}$$

Piaggio et al. (2014), señala que además de los multiplicadores no ponderados (MNP) obtenidos en la ecuación 6, es necesario obtener los multiplicadores ponderados (MP) por la demanda final ( $y$ ). De acuerdo con el autor, considerar el peso que cada sector representa respecto a  $y$

...evita dar mucha importancia a los sectores pequeños que toman una parte importante de su contribución de otros sectores, mientras que su peso en el producto total no es significativo. En el caso del análisis de emisiones, aunque las variaciones en la demanda final de esos sectores tienen un mayor impacto en términos de contaminación, su contribución al total de emisiones es menos significativa (Piaggio et al. 2014:4).

Los pesos sectoriales de la demanda final vienen dados por:

$$(12) \quad \tilde{y}_i = \frac{y_i}{\sum_i y_i} \quad \text{donde, } \sum_i \tilde{y}_i = 1$$

Por tanto, los MP se expresarían:

$$(13) \quad \mu^p = f' \cdot \hat{y}$$

Una vez obtenidos los MNP y MP, se clasifican en relación con su multiplicador promedio, de tal manera que aquellos sectores que se ubiquen por encima del promedio, son los que se definen como sectores clave (Piaggio et al. 2014).

$$(14) \quad \mu^p = \mu_y^p u' / n \quad \text{y} \quad (11) \quad \mu^{np} = \mu_y^{np} u' / n$$

Este análisis se puede complementar con la determinación de los coeficientes de variación (CV), indicador que permite controlar los valores extremos (Rasmussen, citado por Piaggio et al. 2014). En este caso, si un sector presenta un alto CV significaría que está arrastrando a pocos sectores a aumentar las emisiones ante variaciones en su demanda final. Por el contrario, si su valor es bajo, significa que la rama productiva a la que esté asociado el indicador, estaría comprando insumos a muchos sectores y por ende, estos aumentarían sus emisiones (arrastre de muchos sectores).

$$(15) \quad CV_j = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (F_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_{ij})^2}}{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n F_{ij}}$$

Donde  $F_{ij}$  hace referencia a cada uno de los elementos de la matriz F, expresada en (5).

### 2.3. Multiplicadores ponderados del valor agregado

En esta investigación también interesa determinar cuáles son aquellos sectores que son importantes o no, por el valor que agregan en el proceso de producción, y si lo hacen emitiendo por encima o por debajo del promedio. Este indicador es análogo al MP de las emisiones expuesto en el subapartado anterior y se ha construido siguiendo dicha metodología, expresado como sigue:

$$(16) \quad \mu_{va}^p = u' G \hat{y}$$

Donde  $u'$ ;  $\hat{y}$  son los mismos vectores usados en los MP de las emisiones y G es el operador lineal del valor agregado que resulta de la multiplicación del vector diagonalizado de intensidades del valor agregado ( $w$ ) por la matriz inversa de Leontief:

$$(17) \quad w = v * \hat{x}^{-1} \quad \text{vector de intensidades del valor agregado, } v.$$

$$(18) \quad G = \hat{w} * L \quad \text{operador lineal del valor agregado.}$$

Al igual que en los MP de las emisiones, se utilizan los MP del valor agregado escalado por la demanda final, para evitar los sesgos de sectores pequeños en la producción total.

### 2.4. Componentes propios y puros

El componente propio indica que variaciones en el sector  $i$ , afectan las emisiones del mismo sector  $i$ , mientras que el componente puro o indirecto muestra cómo las alteraciones en la demanda final del sector  $i$  estarían impactando en las emisiones de sectores  $j$ , donde  $i \neq j$  (Piaggio et al. 2014). Este componente se expresa, según Alcántara et al. (2010):

$$(19) \quad \mu^{p-propio} = F_{jj} \tilde{y}_j$$

Indica la multiplicación de la diagonal principal del operador lineal obtenido en (5), por el vector de pesos de la demanda final sectorial (8). El resultado genera un vector  $n \times 1$ , cuyos



elementos pueden ser clasificados con base en el promedio general e identificar así qué sectores están por encima o por debajo de la media, interpretando dichos resultados como se señaló antes.

En el caso del componente puro, la diagonal principal de la matriz  $F$  se sustituye por ceros (para eliminar el componente propio) y se multiplica por los pesos sectoriales de la demanda final, la clasificación se hace igual que en caso anterior y se define como:

$$(20) \quad \mu^{p-puro} = \sum_{i \neq j} F_{ij} \tilde{Y}_j$$

### 3. Datos

#### 3.1. Vector de emisiones sectoriales

La construcción del vector de emisiones sectoriales idealmente se obtiene a partir de los balances energéticos de la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) y la aplicación de los factores de emisión según las directrices del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (European Union. 2015) (Ver anexo I). La desagregación sectorial de las emisiones se realiza mediante la demanda de energía y de combustibles fósiles por fuente y por tipo de consumidor final, información que se obtiene de fuentes secundarias (Alcántara y Roca. 1995). Este tipo de datos son recogidos por los gobiernos, generalmente, como cuentas satélite o encuestas periódicas; sin embargo, en el caso de El Salvador el avance en la medición de estos indicadores ha sido limitado y no dispone de programas de cuentas ambientales (Carvajal 2017).

Ante las limitantes de información, se optó por utilizar los vectores que se presentan en las Tablas Eora<sup>3</sup>. Esta base de datos está disponible para 187 países y presenta información a nivel nacional sobre: matriz de transacciones, importaciones, valor agregado, exportaciones, demanda final y cuentas satélites (emisiones de GEI, consumo de agua, uso de energía, entre otras cuentas satélite). Toda la información indicada tiene una desagregación para 26 sectores de El Salvador, para los años 1990-2015. La construcción de los datos está basada en la aplicación de enfoques de optimización a gran escala para cada conjunto de datos iniciales de estimación y restricciones (algoritmos de optimización) (Lenzen et al., 2013). Para efectos de esta investigación, solamente se tomó de Eora el vector de emisiones de CO<sub>2</sub> proveniente de la quema de combustibles fósiles para generación de energía, por su relación directa con los procesos productivos. Se complementaron los datos necesarios para el modelo insumo producto con datos oficiales de El Salvador.

#### 3.2. Matriz insumo-producto

Para esta investigación, se tomó la matriz doméstica del año 2014 a precios corrientes; la MIP utilizada ha sido calculada por Álvarez et al. (2018) a partir del cuadro de oferta y utilización de 2014 publicado por el Banco Central de Reserva de El Salvador (BCR. 2015). La matriz tiene una desagregación de 45 por 45 sectores, sin embargo, para efectos de esta

---

<sup>3</sup> [worldmrio.com/eora26/](http://worldmrio.com/eora26/)

investigación se redujo a 22 ramas para que sea conformable con el vector de emisiones descrito anteriormente.

#### 4. Resultados

En la Tabla 1 se muestra la participación sectorial en la producción y en la generación de emisiones directas. Los datos muestran que en términos de producción los sectores que más pesan son: alimentos y bebidas (11.56%), intermediación financiera (10.86%); educación, salud, reciclaje y otros servicios (6.61%) y construcción (6.12%). Por el lado de las emisiones las ramas que más contribuyen son: transporte (56.35 %); electricidad, gas y agua (23.17%) y productos del petróleo, químicos y minerales no metálicos (10.72%). Estos tres sectores representan en conjunto el 90.24% de las emisiones directas totales de CO<sub>2</sub> generadas por la quema de combustibles fósiles para la producción de energía.

Sin embargo, el análisis únicamente de las emisiones directas encubre las relaciones intersectoriales que ocurren en la dinámica económica del país. Por tanto, concluir que los principales responsables de emitir son exclusivamente los sectores señalados, negaría el hecho de que la producción que algunas de estas ramas realizan es para cubrir la demanda que otros sectores hacen para satisfacer los requerimientos que su producción exige.

**Tabla 1. Producción y emisiones directas de CO<sub>2</sub> por sector productivo**

Sector	Nombre	Producción (millones \$)	% producción	CO <sub>2</sub> (miles de toneladas)	%CO <sub>2</sub>
1	Agricultura	2165.80	5.64	1.93	0.03
2	Pesca	124.31	0.32	0.03	0.00
3	Minas y canteras	91.78	0.24	0.15	0.00
4	Alimentos y bebidas	4434.45	11.56	2.45	0.04
5	Textiles y prendas de vestir	2227.79	5.81	2.47	0.04
6	Madera y papel	1093.61	2.85	1.05	0.02
7	Productos del petróleo, químicos y minerales no metálicos.	1455.91	3.79	632.55	10.72
8	Productos metálicos	232.24	0.61	1.20	0.02

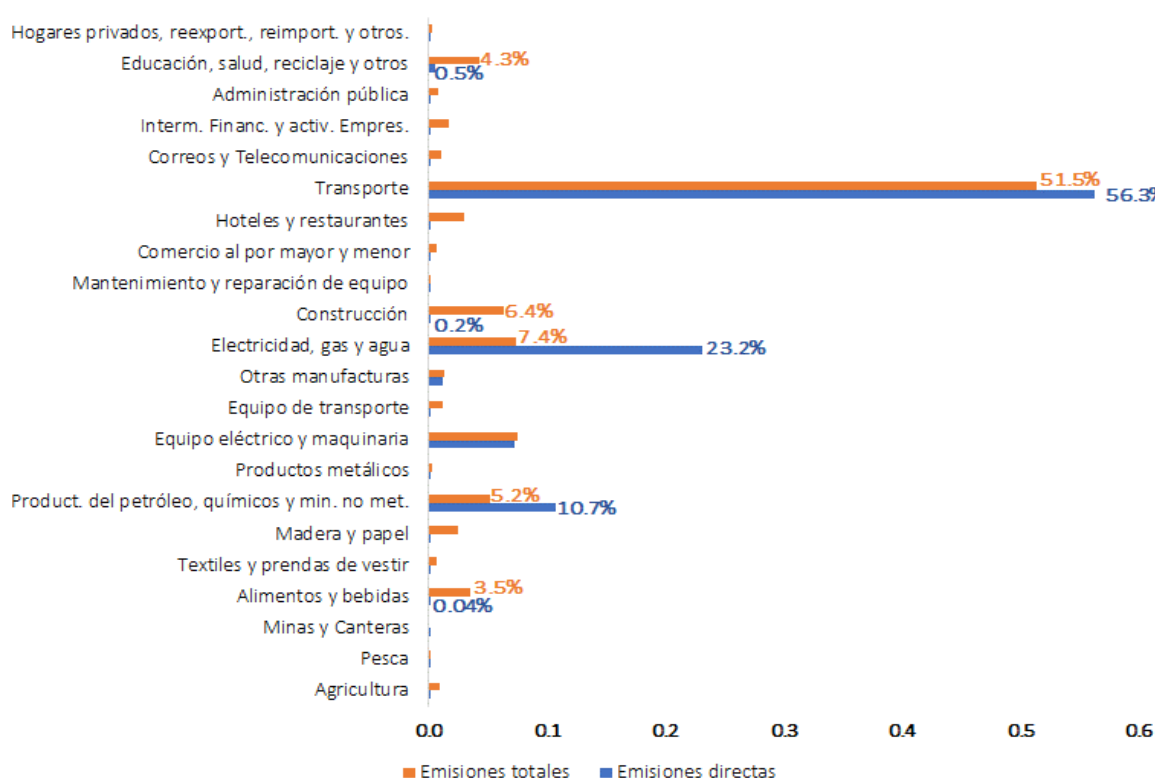
9	Equipo eléctrico y maquinaria	317.89	0.83	428.06	7.26
10	Equipo de transporte	4262.24	11.11	1.58	0.03
11	Otras manufacturas	595.08	1.55	71.62	1.21
12	Electricidad, gas y agua	1603.32	4.18	1367.22	23.17
13	Construcción	2347.04	6.12	8.86	0.15
14	Mantenimiento y reparación de equipo	359.59	0.94	0.20	0.00
15	Comercio al por mayor y menor	2064.34	5.38	8.08	0.14
16	Hoteles y restaurantes	1679.54	4.38	3.76	0.06
17	Transporte	2300.68	6.00	3324.57	56.35
18	Correos y telecomunicaciones	1542.54	4.02	3.13	0.05
19	Intermediación financiera y actividades empresariales.	4165.93	10.86	5.37	0.09
20	Administración pública	2127.34	5.54	5.77	0.10
21	Educación, salud, reciclaje y otros servicios.	2535.10	6.61	29.68	0.50
22	Hogares privados, reexportación, reimportación y otros.	643.84	1.68	0.28	0.00
	<b>Totales</b>	<b>38370.40</b>	<b>100</b>	<b>5900.00</b>	<b>100</b>

Fuente: elaboración propia con base en datos del Banco Central de Reserva de El Salvador (2014) y Eora (2014).

Para determinar qué parte de las emisiones se generan por la producción propia de los sectores y qué parte se origina por la demanda de insumos de otras ramas, se empleó el modelo de demanda de Leontief. Esta aplicación muestra la redistribución en términos de emisiones directas y totales (directas más indirectas). El sector electricidad, gas y agua presenta el cambio más significativo, con una disminución de 15.76 puntos porcentuales en las emisiones totales respecto a las directas (ver Gráfico 1 y Anexo II). De igual forma, la rama productos del petróleo, químicos y minerales no metálicos exhibe un cambio a la baja de 5.48 puntos porcentuales, y transporte denota una variación negativa de 4.89 puntos. Estas diferencias muestran desde la perspectiva de la demanda, una redistribución de las emisiones y, por tanto, de las responsabilidades en términos de contaminación.

Bajo este enfoque, surgen sectores que antes no figuraban, pero que desde la óptica de emisiones totales se vuelven importantes, ya que, dada su demanda, estarían arrastrando a otros sectores a generar una mayor contaminación. Se destaca el caso de la construcción, sector que de forma directa solo emite el 0.15 %, pero en las emisiones totales refleja un peso de 6.37% (ver Gráfico 1 y Anexo II). En la misma línea, alimentos y bebidas experimenta una variación de 3.42 puntos porcentuales, pasando de 0.04 % en emisiones directas a 3.46% en las emisiones totales. De igual forma, el sector de educación, salud,

reciclaje y otros servicios, que, de manera directa, solo es responsable del 0.5%, en términos de emisiones totales, muestra un peso de 4.32 %.



**Gráfico 2. El Salvador: misiones de CO<sub>2</sub> directas y totales por sector (%)**

Fuente: elaboración propia

Para fortalecer el análisis se obtuvieron los multiplicadores ponderados (MP) y no ponderados (MNP) (Ver Tabla 2). Estos indicadores permitieron mostrar los sectores clave con vínculos hacia atrás situados por encima del multiplicador promedio, teniendo en cuenta que en el caso de los MP se considera el peso de la demanda final para evitar el sesgo de “sectores que son significativos como consecuencia de su estructura tecnológica, pero que no son efectivos para mitigar las emisiones cuando se considera su escala” (Piaggio et al. 2014:6).

**Tabla 2. El Salvador: Total de enlaces de CO<sub>2</sub> hacia atrás, 2014**

Posición	Multiplicadores no ponderados				Multiplicadores ponderados			
	Sector no.	Nombre del sector	BL	CV	Sector no.	Nombre del sector	BL	CV
1	17	Transporte	1.586	4.446	17	Transporte	0.121	4.446
2	9	Equipo eléctrico y maquinaria	1.392	3.870	9	Equipo eléctrico y maquinaria	0.018	4.532

3	12	<b>Electricidad, gas y agua</b>	1.068	4.532	12	<b>Electricidad, gas y agua</b>	0.017	3.870
4	7	<b>Prod. petr., químicos y min. no met.</b>	0.525	4.233	13	Construcción	0.015	3.631
5					7	<b>Prod. petr., químicos y min. no met.</b>	0.012	4.233
		Promedio	0.271	3.119		Promedio	0.011	3.119

Fuentes: elaboración propia

Los MNP expresan los cambios que experimentarían las emisiones ante un cambio unitario en la demanda final<sup>4</sup>. Por ejemplo, los resultados del transporte indican que, por cada millón de dólares adicionales en la demanda final del sector, se estarían generando 1.586 toneladas más de CO<sub>2</sub>. En este escenario, se observan cuatro sectores que tienen un arrastre potencial o efecto multiplicador superior al promedio (ver Tabla 2).

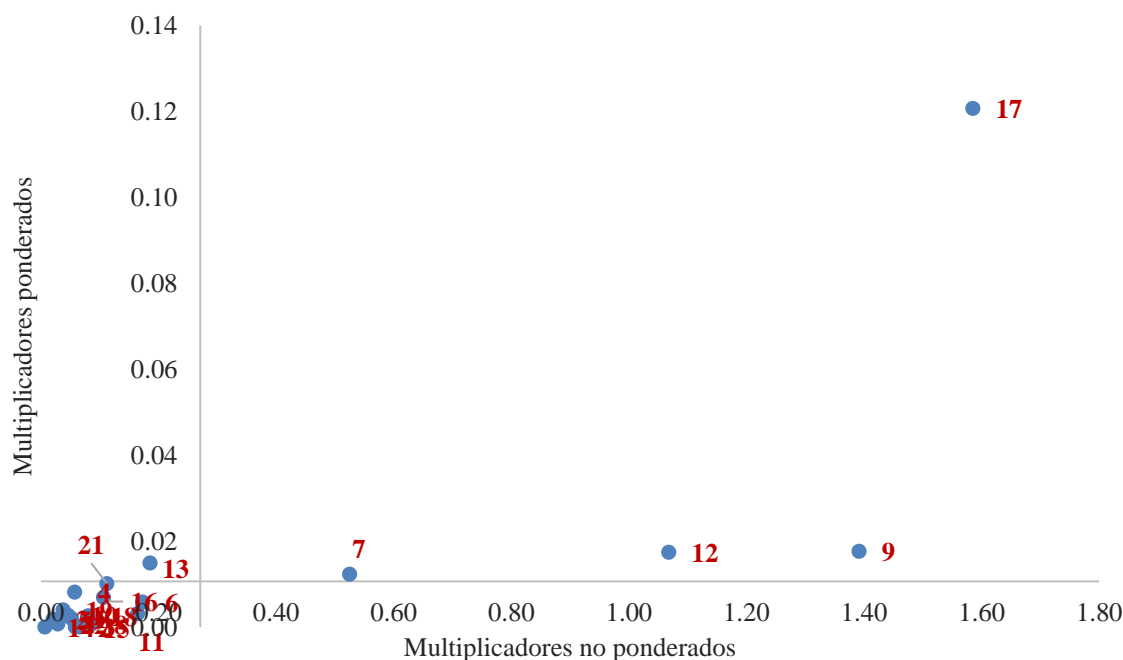
En el caso de los MP, no se tiene una lectura equivalente a la anterior; sin embargo, este indicador muestra cuáles son aquellos sectores que, escalados por medio de la demanda final, son clave en términos de políticas de mitigación dirigidas, ya que son ramas productivas que efectivamente contaminan, generando encadenamientos hacia atrás. Se destaca el caso de los sectores alimentos y bebidas (14.1% de la demanda final); construcción (8 %), e intermediación financiera y actividades empresariales (10.7%), ya que dada la importancia que tienen en la demanda final, son sectores que estarían provocando el aumento de emisiones en otras ramas productivas.

Además, se observa que hay sectores que convergen en ambos casos (MP y MNP), por ello resulta interesante observar gráficamente cómo estarían distribuidos y las implicaciones que esto tendría. El Gráfico 2 muestra el orden de los sectores por cuadrantes, teniendo como referencia los multiplicadores promedio. En el cuadrante superior izquierdo se muestran las ramas productivas que tienen un arrastre efectivo (13 y 21); es decir, que debido a su importancia en la demanda final, provocan que otros sectores contaminen. El cuadrante inferior derecho reflejaría aquellos sectores que presentan un arrastre potencial al provocar aumentos en sus emisiones ante cambios en su demanda final, en este caso no se observan. En el cuadrante superior derecho se ubican los sectores que son clave tanto desde el punto de vista potencial como efectivo, ubicados por encima de los promedios de los MP y MNP, en este caso, se tienen las ramas 7, 12, 9 y 17. Finalmente, en el cuadrante inferior izquierdo se tienen los sectores que son independientes de la demanda final y se sitúan por debajo de los multiplicadores promedio.

Para el análisis, del mismo modo, se toman en cuenta los coeficientes de variación (CV) reflejados en la Tabla 2. Las ramas 7, 9, 12, 13 y 17 que evidencian un CV alto, indicarían

<sup>4</sup> En este caso, las emisiones están expresados en miles de toneladas de CO<sub>2</sub> y la producción está en millones de dólares.

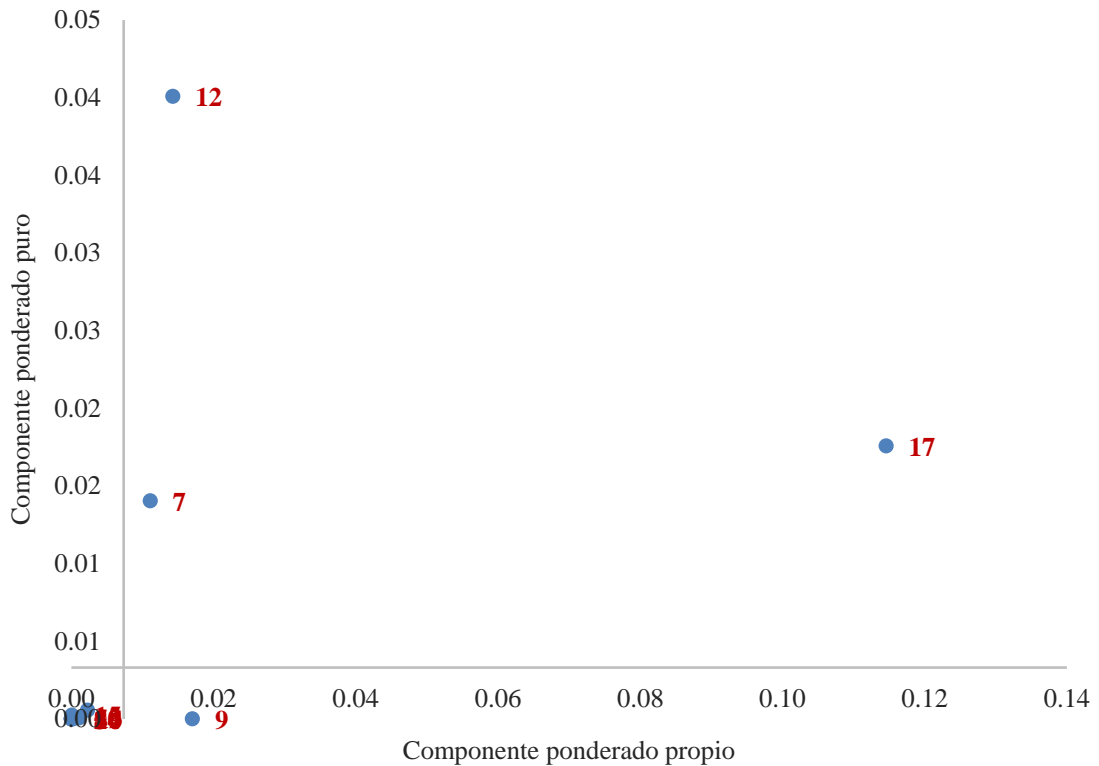
que los aumentos en la demanda final del sector i arrastran a pocos sectores. Por el contrario, los sectores alimentos y bebidas (4), textiles (5), productos metálicos (8), comercio (15) y administración pública (20), los cuales presentan los CV más pequeños (ver Anexo III), revelarían que sus variaciones positivas en la demanda final conllevan a muchos sectores a aumentar sus emisiones.



**Gráfico 3. El Salvador: multiplicadores no ponderados y ponderados de las emisiones de CO<sub>2</sub>**

Fuente: elaboración propia

Para los multiplicadores ponderados también se obtuvo el componente propio y puro o indirecto. El Gráfico 3 muestra en el cuadrante superior derecho a los sectores 7, 12 y 17; los cuales contaminan debido a la demanda de otros, pero también son ramas productivas que principalmente generan emisiones de CO<sub>2</sub> por su propia producción para satisfacer su demanda final, además, como se señaló, son los sectores más contaminantes tanto a nivel de emisiones directas como totales. También se muestra la rama equipo eléctrico y maquinaria (9) que, de acuerdo con su ubicación en el cuadrante inferior derecho, sería un sector que estaría contaminando principalmente por su propia producción (para satisfacer su demanda final). El resto de las ramas productivas, serían clasificadas como independientes.

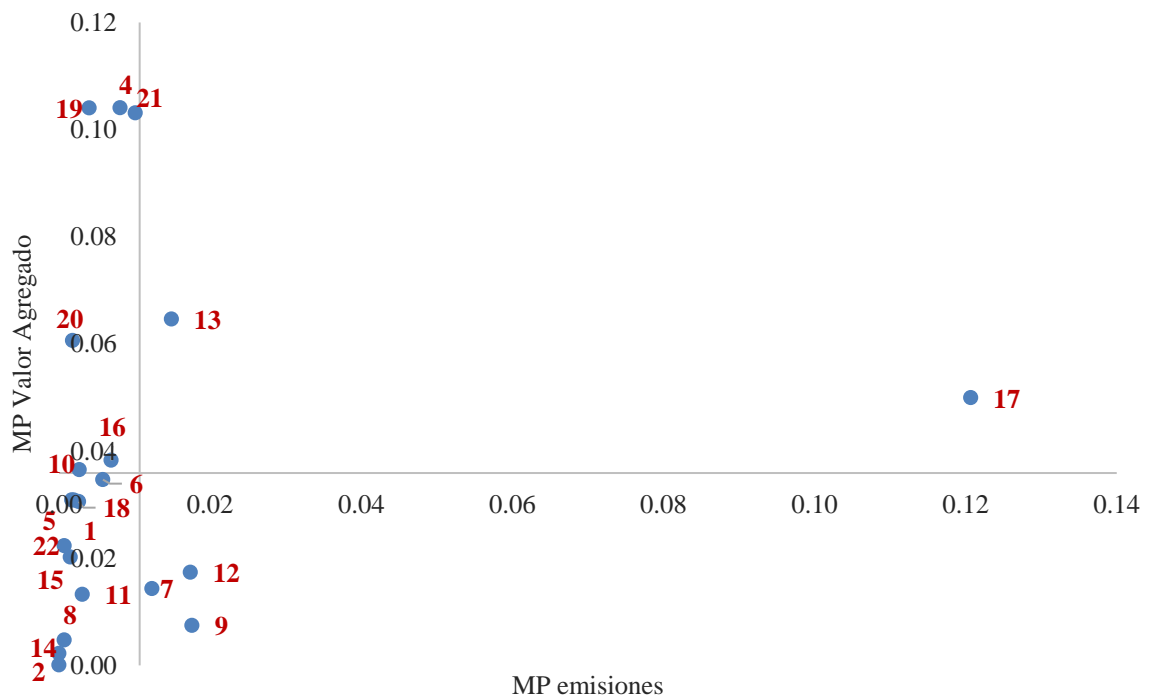


**Gráfico 4. El Salvador: componentes propios y puros para las emisiones de CO<sub>2</sub>**

Fuente: elaboración propia

Finalmente, se presentan los MP de las emisiones versus los MP del valor agregado; para estos últimos este análisis identifica a aquellos sectores que están añadiendo valor con emisiones menores que el promedio (cuadrante superior izquierdo) o superiores al promedio (superior derecho), así como aquellas ramas que contaminan y que no generan mucho valor agregado (inferior derecho). Este análisis es importante porque permite determinar qué sectores contaminan no solo por la demanda de insumos, sino que también lo hacen por medio de sus inputs primarios. Gráficamente, las ramas productivas, cuyo valor agregado es conexo al aumento de las emisiones son 13, 17 y 21 en el límite, mientras que los sectores agregan valor de forma limpia son 4, 10, 16, 19 y 20, estos serían sectores clave para ser incentivados desde una perspectiva de planificación económica, desde una óptica económica y ambiental, productos del petróleo (7), equipo eléctrico y maquinaria (9), y electricidad, gas y agua (12) deben ser foco de atención, debido al poco valor que añaden en su proceso productivo y las emisiones que generan. Por ejemplo, en el caso del sector 7, su aporte al valor agregado total es del 3%, y su participación en las emisiones directas e indirectas es del 7.41%.

## 5. Discusión de los resultados



**Gráfico 5. El Salvador: multiplicadores ponderados de las emisiones de CO<sub>2</sub> y del valor agregado**

Fuente: elaboración propia

En sentido económico, las interacciones entre las diferentes ramas, generalmente, son positivas, dado que se asocia al dinamismo económico-productivo. Sin embargo, se ha observado que en términos medioambientales puede que no sean tan beneficiosas, aunque es posible impulsar medidas que atenúen los efectos negativos. Existen sectores que no solamente son arrastrados a emitir (porque son proveedores de otros), sino que también arrastran a otros a consecuencia de las interrelaciones en el sistema productivo, tal es el caso de los sectores: transporte, productos del petróleo y electricidad, señalados anteriormente.

Los resultados obtenidos bajo el enfoque insumo-producto permiten orientar políticas de mitigación dirigidas a los emisores indirectos, complementando, de esta manera, las acciones que puedan aplicarse a los sectores que se consideran como grandes contaminantes por las emisiones directas que generan.

Las políticas de mitigación que pueden impulsarse pueden ser: 1) mejoras tecnológicas y buenas prácticas, las cuales son efectivas en el caso de aquellas ramas, cuyas emisiones provengan de su propio proceso de producción o bien, pueden aplicarse en sectores que están arrastrando a otros, pero solo si la demanda de insumos hacia los contaminadores directos



disminuye; 2) Políticas dirigidas directamente a la demanda final, aunque esta podría resultar menos atractiva para los hacedores de políticas, ya que implicaría reducir la demanda de esos sectores y sus consecuentes impactos económicos (Piaggio et al. 2014).

De esta manera, respecto al análisis sectorial, se concluye que transporte (17) y electricidad, gas y agua (12), equipo eléctrico y maquinaria (9), productos del petróleo, químicos y minerales no metálicos son determinantes en la implementación de políticas de mitigación, pues son ramas con arrastre potencial y efectivo y por tanto, puede evaluarse la implementación de políticas de mejora tecnológica.

Actualmente, en el caso de la electricidad, la apuesta para el país es grande y se ha generado una Política Energética 2010-2014, que busca transformar la matriz energética y transitar en el largo plazo a fuentes mayormente renovables. Para 2025, El Salvador tiene como meta reducir en un 46% las emisiones de GEI provenientes de la generación de energía (MARN 2018). De acuerdo con Vergara et al. (2013), algunas de las opciones viables para el rubro energético son: reducción en requerimientos en hogares y servicios, estándares mínimos de rendimiento, reducción de barreras para generación de energía y utilización de energía renovable y eficiente. De esta manera, la toma de acciones en este sector tiene como co-beneficios la eficiencia en el uso energético, así como la disminución en la factura de importaciones de combustibles fósiles y el avance en la diversificación de fuentes renovables. En esa misma línea, el ahorro y uso eficiente de la energía reducen las emisiones de GEI y los costos en energía eléctrica en los sectores público, comercial, industrial y doméstico (Aguilar 2016).

En el transporte, la apuesta hacia 2015 es aumentar la cobertura y eficiencia del sistema de autobuses públicos (MARN, 2018), pero no existe ningún plan con miras a la reducción de emisiones en los sectores privados-productivos. Dado que el sector transporte es transversal en el proceso productivo, también deben controlarse las emisiones en los sectores privados, impulsando políticas de control de emisiones, mejor calidad en los combustibles y mejoras en la infraestructura vial.

Otra rama clave es la construcción, ya que este es uno de los sectores que mayores cambios presenta al comparar las emisiones directas y totales (+6.22 puntos porcentuales). No existen políticas de mitigación para el sector, pese a que es una fuente importante de emisiones, debido a la quema de combustible y procesamiento de residuos para realizar su proceso productivo (MARN. 2018). De acuerdo con Minoja et al. (2018), en este rubro puede considerarse para la disminución de emisiones, el uso de material producidos localmente, reduciendo o eliminando las emisiones derivadas del transporte. Asimismo, la utilización de materiales con menos contenido energético y uso de materia reciclada.

Finalmente, se tiene que ramas como alimentos y bebidas (4), y hoteles (16) y restaurantes, pueden ser sujetas de incentivos, ya que están generando valor con bajas emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la quema de combustibles fósiles para la generación de energía. En el caso de los hoteles, no debe perderse de vista que sus emisiones directas son muy bajas (3.76 miles de toneladas), pero su participación en las directas e indirectas presenta un monto considerable de 173.30 miles de toneladas. En el caso de productos del

petróleo, equipo eléctrico y maquinaria y electricidad, gas y agua, deben implementarse políticas de mejoras tecnológicas, ya que su comportamiento indica que son sectores que agregan poco valor a la producción y que, además, están dentro de los que más contaminan.

## **6. Conclusiones**

La aplicación del marco insumo-producto para la determinación y análisis de sectores clave mediante los multiplicadores ponderados y no ponderados de las emisiones, así como los MP del valor agregado y la separación de los componentes puros y propios, ha propiciado la identificación de sectores que son clave no solo por la contaminación directa, sino también por la polución derivada de las interacciones sectoriales en la estructura productiva salvadoreña y que bajo el criterio de emisiones directas no figuran. Esto permite complementar las políticas de mitigación dirigidas a aquellos emisores de CO<sub>2</sub> que los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero contemplan (MARN, 2018).

Los sectores a los que deben ir enfocados los esfuerzos de políticas de mitigación son: transporte (17); electricidad, gas y agua (12); construcción (13), equipo eléctrico y maquinaria (9) y productos del petróleo (7). Estos sectores aparecen como constante en los indicadores analizados, tanto por su arrastre potencial como efectivo, así como por incidencia que tienen respecto al aumento de las emisiones propias o de otros sectores a causa de cambios en la demanda final. En el caso de transporte y electricidad, gas y agua es necesario el impulso de políticas de mejora tecnológica, mientras que para la construcción y equipo eléctrico y maquinaria debería evaluarse la puesta en marcha de políticas dirigidas a la sustitución de insumos.

Se recomienda ampliar este análisis con una mayor desagregación sectorial, ya que sectores como alimentos y bebidas; servicios y hoteles, así como educación, salud y otros servicios (ver Anexo II) son ramas que experimentan importantes aumentos de las emisiones totales respecto a las emisiones directas, pero que posiblemente debido a la desagregación con la que se trabajó no se identifican comportamientos relevantes respecto a los multiplicadores y demás indicadores.

En definitiva, es importante reconocer la necesidad de evaluar las opciones de política desde un enfoque de costo-efectividad, priorizando aquellas que no solamente sean necesarias, sino factibles y que promuevan los mayores beneficios y co-beneficios.

## 7. Bibliografía

- Alcántara, V. 2007. Análisis input-output y emisiones de co2 en España: un primer análisis para la determinación de sectores clave en la emisión. (En línea). Bellaterra, Barcelona, s.e. 21 p. (wpdea). Disponible en <https://ideas.repec.org/p/uab/wprdea/wpdea0702.html>
- Alcántara, V; Padilla, E. 2006. An input-output analysis of the «key» sectors in CO2 emissions from a production perspective: an application to the Spanish economy. (En línea). Bellaterra, s.e. 24 p. (wpdea). Disponible en <http://www.ecap.uab.es/RePEc/doc/wpdea0601.pdf>
- Alcántara, V; del Río, P; Hernández, F. 2010. Structural analysis of electricity consumption by productive sectors: The Spanish case. (En línea). Energy 35(5):2088-2098. Consultado 11 mar. 2019. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544210000290>
- Alcántara, V; Roca, J. 1995. Energy and CO2 emissions in Spain: Methodology of analysis and some results for 1980–1990. (En línea). Energy Economics 17(3):221-230. Consultado 21 jun. 2019. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/014098839500014L>
- Álvarez, A; López, M; Sánchez, C. 2018. Democracia Política sin Democracia Económica: una aproximación a la persistencia de las desigualdades económicas en El Salvador, 1970-2014 (Documento de trabajo presentado para el fondo de investigación universitario, UCA). San Salvador, s.e. 220 p.
- BCR. 2015. Base de datos económica. (En línea, sitio web). Consultado 12 abr. 2018. Disponible en <http://www.bcr.gob.sv/bcrsite/?cdr=30&lang=es>
- Cabrera, Ó; Fuentes, J; Desireé De Morales, H. 2005. Hechos Estilizados en el Crecimiento Económico de El Salvador 1978 - 2004: Una Propuesta de Acciones de Política Económica en el Corto y Mediano Plazo. (En línea). San Salvador, s.e. 58 p. Consultado 16 may 2019. Disponible en <https://www.bcr.gob.sv/bcrsite/uploaded/content/category/535431417.pdf>
- Cansino, JM; Román, R; Ordóñez, M. 2016. Main drivers of changes in CO2 emissions in the Spanish economy: A structural decomposition analysis. (En línea). Energy Policy 89:150-159. Consultado 13 jun. 2019. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421515301981>
- Carvajal, F. 2017. Avances y desafíos de las cuentas económico-ambientales en América Latina y el Caribe. (En línea). Santiago de Chile, s.e. 133 p. (Estudios Estadísticos). Disponible en <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/43314>
- Casler, SD; Blair, PD. 1997. Economic structure, fuel combustion, and pollution emissions. (En línea). Ecological Economics 22(1):19-27. Consultado 19 sep. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800996005514>
- European Union. 2015. Manual for air emissions accounts. Luxembourg, s.e. 116 p.
- Fuentes, NA. 2003. Encadenamientos insumo-producto en un municipio fronterizo de Baja California, México. (En línea). Frontera norte 15(29):151-184. Consultado 28 ago. 2018. Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73722003000100006#f4](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73722003000100006#f4)

- İpek Tunç, G; Türüt-Aşık, S; Akbostancı, E. 2007. CO2 emissions vs. CO2 responsibility: An input–output approach for the Turkish economy. (En línea). *Energy Policy* 35(2):855-868. Consultado 3 sep. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421506000978>
- Lenzen, M; Moran, D; Kanemoto, K; Geschke, A. 2013. Building eora: a global multi-region input-output database at high country and sector resolution. (En línea). *Economic Systems Research* 25(1):20-49. Consultado 11 mar. 2019. Disponible en <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09535314.2013.769938>
- Lenzen, M; Murray, SA. 2001. A modified ecological footprint method and its application to Australia. (En línea). *Ecological Economics* 37(2):229-255. Consultado 3 sep. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800900002755>
- Leontief, W. 1985. Análisis económico input-output. 2 ed. ed. Ediciones Orbis (ed.). Barcelona, Ediciones Orbis. 359 p.
- López, R; Accorsi, S; Sturla, G. 2016. Análisis sectorial de la huella de carbono para la economía chilena: un enfoque basado en la matriz insumo-producto. Santiago de Chile, s.e. 62 p. (SDT).
- Mariña Flores, A. 1993. Insumo-producto: aplicaciones básicas al análisis económico estructural. 1 ed. ed. Universidad Autónoma Metropolitana (ed.). México, D.F., Universidad Autónoma Metropolitana. 388 p.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2018. Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. (En línea). Santa Tecla, La Libertad, s.e. 221 p. Disponible en <http://www.marn.gob.sv/comunicaciones-nacionales/>
- Miller, RE; Blair, PD. 2009. Input-output analysis: foundations and extensions. (En línea). 2 ed. ed. Cambridge University Press (ed.). New York, Cambridge University Press. 750 p. Consultado 29 ago. 2018. Disponible en [http://static.gest.unipd.it/~birolo/didattica11/Materiale\\_2012/\\_Materiale\\_2015/Miller\\_Blait-input-output\\_analysis.pdf](http://static.gest.unipd.it/~birolo/didattica11/Materiale_2012/_Materiale_2015/Miller_Blait-input-output_analysis.pdf)
- Minoja, L; Fernández, L; Yurivilca, R. 2018. Lineamientos para la incorporación y contabilización de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático. (En línea). s.l., Banco Interamericano de Desarrollo. 43 p. Disponible en <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Hacia-el-30-de-financiamiento-climático-¿Cómo-pueden-contribuir-los-edificios-Lineamientos-para-la-incorporación-y-contabilización-de-medidas-de-mitigación-y-adaptación-al-cambio-climático.pdf>
- Piaggio, M; Alcántara, V; Padilla, E. 2014. Greenhouse Gas Emissions and Economic Structure in Uruguay. *Economic Systems Research* 26(2):155-176.
- Proops, JLR; Faber, M; Wagenhals, G. 1993. Reducing CO2 Emissions: a comparative input-output study for Germany and the UK. (En línea). 1 ed. ed. Springer (ed.). Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg. 300 p. Consultado 3 sep. 2018. Disponible en [http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-77792-9\\_1](http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-77792-9_1)
- Tarancón, MÁ. 2003. Técnicas de análisis económico Input-Output. 1 ed. ed. Editorial Club Universitario (ed.). Toledo, España, Editorial Club Universitario. 274 p.
- Tarancón Morán, MÁ; del Río González, P. 2007. A combined input–output and sensitivity analysis approach to analyse sector linkages and CO2 emissions. (En línea). *Energy*

Economics 29(3):578-597. Consultado 3 sep. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988306000168>

Vergara, W; Rios R., A; Galindo, L; Gutman, P; Isbell, P; Suding, P; Samaniego, J Luis. 2013. El Desafío Climático y de Desarrollo en América Latina y el Caribe: opciones para un desarrollo resiliente al clima y bajo en carbono. (En línea). s.l., s.e. 113 p. Disponible en <https://publications.iadb.org/es/publicacion/16324/el-desafio-climatico-y-de-desarrollo-en-america-latina-y-el-caribe-opciones-para>

Vogt-Schilb, A; Hallegatte, S; de Gouvello, C. 2015. Marginal abatement cost curves and the quality of emission reductions: a case study on Brazil. (En línea). Climate Policy 15(6):703-723. Disponible en [https://blogs.iadb.org/ideasmatter/2018/04/13/climate-policy-when-the-expensive-options-make-sense/?utm\\_source=eRES+News+All&utm\\_campaign=1f0ed4237e-IDEA+Oct.2017&utm\\_medium=email&utm\\_term=0\\_b3eb1a3121-1f0ed4237e-294952489](https://blogs.iadb.org/ideasmatter/2018/04/13/climate-policy-when-the-expensive-options-make-sense/?utm_source=eRES+News+All&utm_campaign=1f0ed4237e-IDEA+Oct.2017&utm_medium=email&utm_term=0_b3eb1a3121-1f0ed4237e-294952489)

Wiedmann, T. 2017. On the decomposition of total impact multipliers in a supply and use framework. Journal of Economic Structures 6(1):1-11.

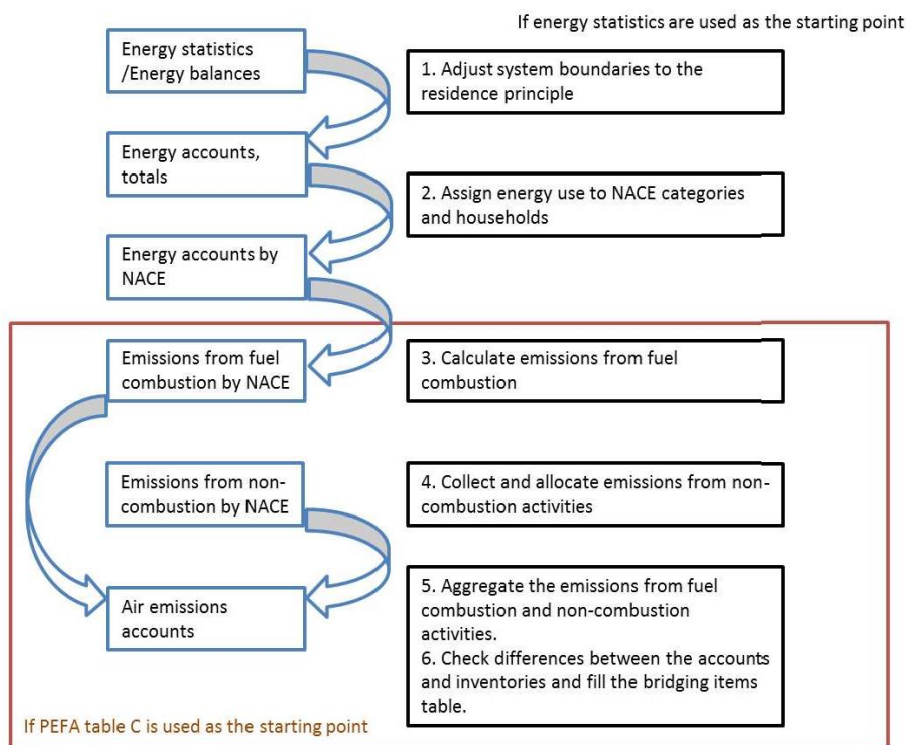
## 8. Anexos artículo I

### Anexo I. Construcción del vector de emisiones sectoriales

El *Modelo general de estimación de emisiones* con base en el *Manual para cuentas de emisiones a la atmósfera* (European Union, 2015), sugiere que para la estimación de las emisiones lanzadas a la atmósfera se puede partir de estadísticas existentes en una economía determinada, estos datos pueden provenir de: Inventarios nacionales de GEI, estadísticas de energía, de comercio y de transporte. Partiendo de los balances energéticos, el modelo básico de estimación de emisiones es el siguiente:

$$\text{Emisiones (E)} = \text{Consumo de combustible (De)} * \text{Factor de emisión (Fe)}$$

Para brindar un panorama general del proceso a seguir teniendo a la base las estadísticas de energía, se presta la siguiente figura:



**Figura 2. Descripción esquemática de las emisiones basadas en el enfoque de energía<sup>5</sup>**

Fuente: Schematic overview of the energy first approach (European Union, 2015)

<sup>5</sup> \*NACE: Statistical classification of economic activities in the European Community, para el caso de la investigación, se podría utilizar la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIU).

El citado manual también sugiere que el cálculo de las emisiones derivadas de la combustión en el rubro de transporte puede recurrirse a estadísticas de consumo de combustible por tipo de transporte. Se señala que:

La asignación de las emisiones debería hacerse por separado para cada categoría de vehículos, como se muestra en los inventarios de emisiones: automóviles de pasajeros, vehículos ligeros, vehículos pesados y autobuses, ciclomotores y motocicletas. Para cada categoría de vehículo, primero haga una división entre hogares e industrias privadas. Entonces, las emisiones de la industria pueden asignarse a la industria del transporte terrestre y otras industrias (European Union 2015:64).

De manera resumida los pasos para la construcción del vector de emisiones sectoriales son:

1. Imputación del uso de energía, por tipo de fuente a cada uno de los sectores, a partir de los balances de la International Energy Agency (IEA) e información secundaria.
2. Estimaciones de las emisiones provenientes del uso de energéticos aplicando factores de conversión.<sup>6</sup>
3. Cálculo de las emisiones totales provenientes del uso energético por sector.

Para el vector de emisiones utilizado en la investigación no fue posible aplicar esta metodología por falta de información. Sin embargo, se realizó la verificación de la coherencia del vector presentado en las Tablas Eora (Lenzen et al., 2013). Dada la importancia de las emisiones de CO<sub>2</sub> respecto al total de GEI, se optó por utilizar únicamente las emisiones de carbono provenientes de la quema de combustibles fósiles.

<b>Rubros IEA</b>	<b>IEA mill. Ton.</b>	<b>%</b>	<b>EORA mill. Ton.</b>	<b>%</b>	<b>Diferencia</b>
Generación de electricidad y calor	1.65	28.1%	1.37	23.2%	<b>4.9%</b>
Industrias manufactureras y construcción	0.7	11.9%	1.15	19.5%	<b>-7.6%</b>
Transporte	2.83	48.2%	3.32	56.3%	<b>-8.1%</b>
Otros	0.69	11.8%	0.06	1.0%	<b>10.8%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>5.87</b>	<b>1</b>	<b>5.90</b>	<b>1</b>	

Fuente: elaboración propia

<sup>6</sup> La metodología completa de los factores de emisión puede revisarse en: IEA (International Energy Agency. 2018). Emission factors 2018: database documentation. (En línea). s.l., IEA. 36 p. Disponible en [http://wds.iea.org/wds/pdf/CO2KWH\\_Methodology.pdf](http://wds.iea.org/wds/pdf/CO2KWH_Methodology.pdf)

## Anexo II. Variación en las emisiones directas versus totales de CO2

Sector	Nombre	Emisiones directas	% ED	Emisiones totales	% ET	Variación
1	Agricultura	1.93	0.03%	50.59	0.86%	0.82
2	Pesca	0.03	0.00%	0.14	0.00%	0.00
3	Minas y canteras	0.15	0.00%	0.00	0.00%	0.00
4	Alimentos y bebidas	2.45	0.04%	204.03	3.46%	3.42
5	Textiles y prendas de vestir	2.47	0.04%	42.04	0.71%	0.67
6	Madera y papel	1.05	0.02%	145.58	2.47%	2.45
7	Prod. petr., químicos y min. no met.	632.55	10.72%	308.94	5.24%	-5.48
8	Productos metálicos	1.20	0.02%	16.92	0.29%	0.27
9	Equipo eléctrico y maquinaria	428.06	7.26%	442.43	7.50%	0.24
10	Equipo de transporte	1.58	0.03%	67.81	1.15%	1.12
11	Otras manufacturas	71.62	1.21%	78.14	1.32%	0.11
12	Electricidad, gas y agua	1367.22	23.17%	437.11	7.41%	-15.76
13	Construcción	8.86	0.15%	375.79	6.37%	6.22
14	Mantenimiento y rep. de equipo	0.20	0.00%	0.64	0.01%	0.01
15	Comercio al por mayor y menor	8.08	0.14%	37.56	0.64%	0.50
16	Hoteles y restaurantes	3.76	0.06%	173.30	2.94%	2.87
17	Transporte	3324.57	56.35%	3035.80	51.45%	-4.89
18	Correos y Telecomunicaciones	3.13	0.05%	65.33	1.11%	1.05
19	Intermediación financ. y act. empres.	5.37	0.09%	101.87	1.73%	1.64
20	Administración pública	5.77	0.10%	44.15	0.75%	0.65
21	Educación, salud, reciclaje y otros servicios	29.68	0.50%	255.02	4.32%	3.82
22	Hogares privados, reexport. y reimport.	0.28	0.00%	16.83	0.29%	0.28
	Totales	5900.0	100%	5900.0	100%	

Fuente: elaboración propia.

\*Los números en rojo señalan a los sectores por encima del promedio.



### Anexo III. Coeficiente de variación sectorial

Sector	Nombre	CV	Sector	Nombre	CV
1	Agricultura	2.713	12	Electricidad, gas y agua	3.870
2	Pesca	2.821	13	Construcción	3.631
3	Minas y canteras	2.694	14	Mantenimiento y reparación de equipo	3.024
4	Alimentos y bebidas	2.505	15	Comercio al por mayor y menor	2.591
5	Textiles y prendas de vestir	2.462	16	Hoteles y restaurantes	3.686
6	Madera y papel	2.843	17	Transporte	4.446
7	Productos del petróleo, químicos y minerales no metálicos	4.233	18	Correos y Telecomunicaciones	2.802
8	Productos metálicos	2.593	19	Intermediación financiera y actividades empresariales	2.726
9	Equipo eléctrico y maquinaria	4.532	20	Administración pública	2.361
10	Equipo de transporte	3.348	21	Educación, salud, reciclaje y otros servicios.	2.613
11	Otras manufacturas	3.466	22	Hogares privados, reexportación, reimportación y otros.	2.656
<b>Promedio</b>		<b>3.119</b>	<b>Promedio</b>		<b>3.119</b>

Fuente: elaboración propia.

## **Artículo II: Emisiones de CO<sub>2</sub> en El Salvador: una aplicación del análisis Insumo-Producto y de descomposición estructural en el período 2005-2014**

Meraris C. López <sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)*

[\\*meraris.lopez@catie.ac.cr](mailto:meraris.lopez@catie.ac.cr)

Se analizó la relación entre los cambios en la estructura de la economía y las emisiones de CO<sub>2</sub> en la economía salvadoreña. Para ello, se realizó un análisis de descomposición estructural (ADE) utilizando el marco Insumo-Producto para los años 2005 y 2014. El ADE comprende cuatro componentes: intensidad de las emisiones (EIE), cambio tecnológico (ET), estructura y nivel de la demanda final (EEDF y ENDF). Los resultados indican que los sectores productivos que más han influido la disminución de 400.08 (-6.8%) miles de toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> son: productos del petróleo, electricidad y transporte. Además, los dos componentes que han determinados la tendencia de las emisiones en el período son EIE y ENDF. Asimismo, se incorpora un análisis de sensibilidad de los resultados, aplicando 24 técnicas de descomposición.

Palabras clave: Emisiones de CO<sub>2</sub> cambio estructural, análisis insumo-producto, análisis de descomposición estructural, sensibilidad, El Salvador.

### **1. Introducción**

El Salvador ha sido catalogado como un emisor de gases de efecto invernadero (GEI) no significativo a nivel global, ya que solamente contribuye con el 0.04% de las emisiones totales (MARN 2015). Sin embargo, el país se ha adherido a compromisos internacionales como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París, que aunque no son vinculantes, lo exhortan a tomar medidas para la reducción de las emisiones de GEI (MARN s.f.). Debido a eso, se vuelve relevante la identificación de las fuentes de cambio de las emisiones.

Los gases de efecto invernadero son el resultado de una serie de procesos naturales y actividades humanas. Entre las emisiones de origen antropocéntrico, una de las más importantes es la quema de combustibles fósiles (Cansino et al. 2016), que a su vez está ligada a los modelos de producción y consumo de una economía determinada (Casler y Blair 1997). En ese sentido, este trabajo tiene como objetivo analizar cómo el cambio en la estructura productiva salvadoreña entre 2005 y 2014 está relacionado con cambios en las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), las cuales representan el 78.3% de los GEI en el país (MARN, 2018). En particular, se estudió la relación entre la estructura productiva y las emisiones de CO<sub>2</sub>, que provienen únicamente de la quema de combustibles fósiles para la generación de energía, las cuales representan el 37% del total de emisiones de CO<sub>2</sub> (MARN,

2018). Esto es debido a que el resto de las emisiones provienen de rubros como procesos industriales y uso de productos, agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra y residuos.

La estructura productiva de los países puede cambiar tanto por cambios desiguales y significativos en la demanda final; por el surgimiento de nuevos sectores, por el cambio en los procesos productivos en las diversas ramas económicas (cambio tecnológico), o bien, porque la calidad de los combustibles que se queman puede variar. Así, en esta investigación se realizó un análisis de descomposición estructural (ADE) basado en el marco insumo-producto, cuya metodología permite analizar las relaciones de producción y consumo que se generan entre los diversos sectores que conforman la economía (Minzer et al. 2017). Con la aplicación del ADE, se busca entender cómo los cambios en la estructura productiva a lo largo de diez años se relacionan con las emisiones de CO<sub>2</sub> y brindar elementos para analizar futuros cambios en la economía del país.

De acuerdo con Rose y Miernyk (1989), mediante el análisis de descomposición estructural pueden determinarse las principales fuentes de cambio en una economía. El método fundamentalmente implica la realización de ejercicios de estática comparativa en los que se modifican los parámetros clave en comparación con un punto de referencia. De igual manera, Hoekstra y van den Bergh (2002: 364) señalan que la fortaleza del ADE es que “es capaz de brindar un análisis detallado de cambios en la estructura económica. Dado que se basa en el modelo de insumo-producto, es posible distinguir la influencia directa e indirecta de la demanda final y los cambios en la tecnología”.

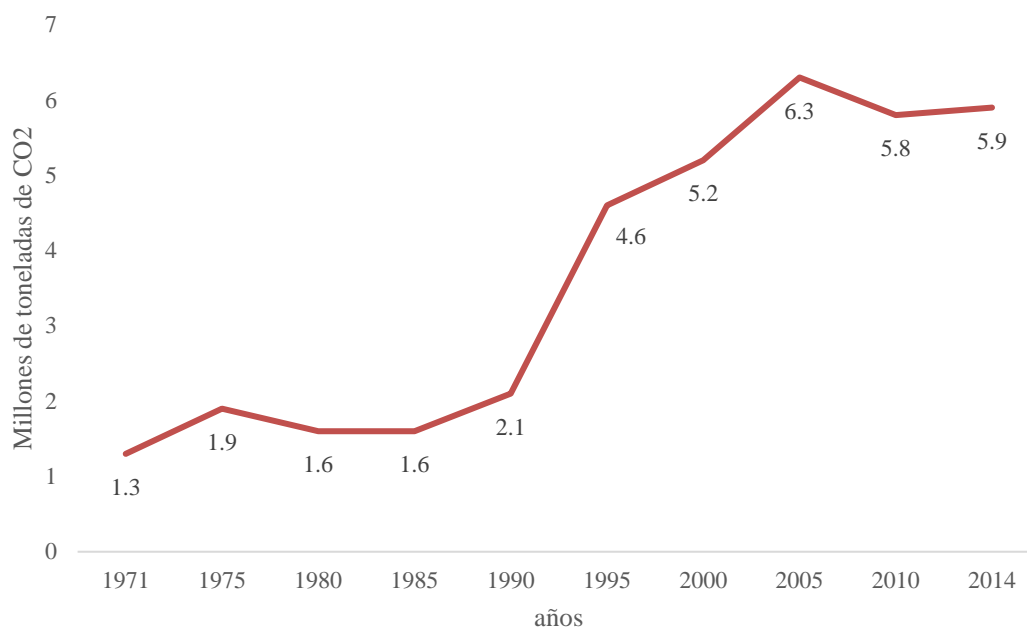
El análisis de descomposición estructural ha sido desarrollado tanto a nivel teórico como empírico, y tiene su base en el artículo seminal de Skolka (1989). Específicamente, aplicado al análisis del cambio en las emisiones de CO<sub>2</sub>, Lim et al. (2009) sostienen que el uso de ADE apunta a estimar los impactos ambientales causados por cambios en la tecnología de producción y la demanda final, los cuales se consideran como factores exógenos en el análisis insumo-producto; ver por ejemplo: (Cansino et al. 2016; Chang y Lin 1998; Hoekstra y van den Bergh. 2002; Hoen y Mulder. 2003; Llop y Pié. 2011; Su y Ang. 2012; Zhang y Qi. 2011).

En el caso de la economía salvadoreña, este tipo de análisis es la primera vez que se realiza, ya que aunque el país cuenta con inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (MARN. 2000, 2013, 2018), no se ha realizado ningún estudio que permita identificar las fuentes de variación de las emisiones de CO<sub>2</sub> como causa de los cambios en la estructura económica a nivel sectorial. El único estudio similar que se ha realizado está enfocado en el sector transporte. En dicho estudio se determinan los factores responsables del crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector en 20 países de América Latina y el Caribe (incluyendo a El Salvador) durante el período 1980–2005. En este trabajo se aplica el Método de descomposición del Índice Logarítmico de Divisia Media (LMDI, por sus siglas en inglés), descomponiendo el crecimiento de las emisiones en factores asociados con cambios en la combinación de combustibles, crecimiento económico, cambios en los coeficientes de emisión y la intensidad energética del transporte (Timilsina y Shrestha 2009).

En el Gráfico 1 se aprecia que entre 1971 y 2014, las emisiones han aumentado en 4.6 millones de toneladas, observándose un crecimiento más pronunciado a partir de 1990,

asociado al crecimiento económico producto del fin del conflicto armado en el país. De acuerdo con Cabrera et al. (2005):

...entre 1990 y 1995, la economía creció a una tasa promedio de 6.0% impulsada por el denominado boom de post-guerra que motivó el uso de la capacidad instalada ociosa, el crecimiento de la formación bruta de capital, de la eficiencia productiva y del empleo en un contexto de menores tasas de inflación (p.9).



**Gráfico 1. El Salvador: emisiones de CO2 derivadas de la quema de combustibles fósiles, 1971-2014 (Millones de toneladas)**

Fuente: IEA Statistics, CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion, 2017.

Respecto al período de interés (2005-2014), se estima una tasa de crecimiento negativa de 6.3% que en cambios absolutos significaría una disminución de 0.4 millones de toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub>. En términos absolutos, las ramas productivas Electricidad, gas y agua (12) y Transporte (17) son las que han presentado los cambios positivos más grandes con un aumento de 233.31 y 342.91 miles de toneladas, respectivamente (Tabla 1).

**Tabla 1. El Salvador: cambios observados en las emisiones de CO<sub>2</sub> por sector productivo, 2005-2014 (miles de toneladas)**

No.	Sector	Emisiones de CO <sub>2</sub>		Cambio absoluto	Tasa de crecimiento
		2005	2014		
1	Agricultura	1.34	1.93	0.59	43.6%

2	Pesca	0.33	0.03	-0.29	-89.7%
3	Minas y canteras	0.33	0.15	-0.17	-52.8%
4	Alimentos y bebidas	1.65	2.45	0.80	48.3%
5	Textiles y prendas de vestir	1.91	2.47	0.56	29.4%
6	Madera y papel	0.33	1.05	0.72	220.9%
7	Productos del petróleo, químicos y minerales no metálicos	1608.44	632.55	-975.88	-60.7%
8	Productos metálicos	0.44	1.20	0.77	174.9%
9	Equipo eléctrico y maquinaria	441.54	428.06	-13.48	-3.1%
10	Equipo de transporte	0.89	1.58	0.70	78.9%
11	Otras manufacturas	68.16	71.62	3.45	5.1%
12	Electricidad, gas y agua	1133.91	1367.22	233.31	20.6%
13	Construcción	28.12	8.86	-19.26	-68.5%
14	Mantenimiento y reparación de equipo	0.33	0.20	-0.13	-38.8%
15	Comercio al por mayor y menor	1.89	8.08	6.19	327.8%
16	Hoteles y restaurantes	0.84	3.76	2.92	349.1%
17	Transporte	2981.66	3324.57	342.91	11.5%
18	Correos y Telecomunicaciones	0.57	3.13	2.56	452.0%
19	Intermediación financiera y actividades empresariales	1.49	5.37	3.88	260.1%
20	Administración pública	1.60	5.77	4.17	260.6%
21	Educación, salud, reciclaje y otros servicios	23.61	29.68	6.07	25.7%
22	Hogares privados, reexportación, reimportación y otros	0.65	0.28	-0.37	-57.3%
<b>Todos los sectores</b>		<b>6,300</b>	<b>5,900</b>	<b>-400</b>	<b>-6.3%</b>

Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos de Eora.

Sin embargo, al analizar las tasas de crecimiento, se observa que los sectores terciarios: comercio al por mayor y al por menor (15); hoteles y restaurantes (16), correo y telecomunicaciones (18) e intermediación financiera (19), son las ramas económicas de servicios privados que presentan las mayores tasas de crecimiento positivas. Este cambio podría ser explicado debido a que desde finales de los 80's se ha ido transitando de un modelo agroexportador a una economía terciarizada. López Gómez (2013) sostiene que El Salvador es una de las economías latinoamericanas, cuya estructura ha transitado cada vez

más hacia el sector servicios. Para 2014, las ramas de comercio y servicios (exceptuando servicios de transporte) representaban el 55.3 % del Producto Interno Bruto (BCR 2014).

Por su parte, los sectores que presentan las mayores tasas de crecimiento son: productos del petróleo, químicos y minerales no metálicos (7); equipo eléctrico y maquinaria (9) y construcción (13). De éstas, la rama 7 es la que evidencia la mayor disminución absoluta en las emisiones (975.88 miles de toneladas); sin embargo, es la rama Construcción la que ha experimentado el cambio más pronunciado en términos relativos, con una tasa de crecimiento negativa de 68.5%.

Estos cambios observados en el período de interés no reflejan las fuentes que han procurado dicho comportamiento. En ese sentido, el presente estudio se vuelve relevante al identificar la relación entre el cambio en la estructura productiva y las emisiones utilizando una desagregación de la economía en 22 sectores productivos. Para ello, se desagrega los cambios en la estructura productiva entre 2005 y 2014 en cuatro componentes: (i) efecto del cambio en la intensidad de las emisiones, (ii) efecto de los cambios tecnológicos o de coeficientes técnicos, (iii) efecto de cambios en la estructura de la demanda final, y (iv) efecto nivel de la demanda final.

## 2. Metodología

El análisis de descomposición estructural (ADE) está basado en el marco del insumo-producto. Este modelo expone cómo se interrelacionan los sectores productivos dentro de una estructura económica determinada (Leontief 1985). De manera esquemática, el modelo puede expresarse como:

Z		Ventas				Demanda intermedia	Demanda final					Ventas totales o demanda total (x)
		Sector 1	Sector 2	...	Sector n		C	G	FB K	E	I	
Compras	Sector 1	X11	X12	...	X1n	Sumatoria por filas de las transacciones sectoriales	Consumo de los hogares	Consumo del gobierno	Formación bruta de capital fijo	Exportaciones	Variación de existencias	Ventas totales a los diferentes agentes económicos (DI+DF)
	Sector 2	X21	X22	...	X2n							
	⋮	...	...	⋮	...							
	Sector n	Xn1	Xn2	...	Xnn							
Consumo intermedio (CI)		Sumatoria por columnas de las transacciones sectoriales				y						
Valor agregado (VA)		Remuneraciones, excedente bruto de explotación, impuestos menos subsidios e ingresos mixtos										
Importaciones (M)		Insumos extranjeros para la producción										
Valor bruto de la producción (x')		Oferta total (doméstica e importaciones), debe coincidir la demanda total										

**Figura 1. Esquema general de una matriz insumo-producto (MIP)**

Fuente: adaptado de Fuentes (2003)

Donde:

- **Z:** representa la matriz de transacciones intermedias; compras y ventas de bienes y servicios intermedios entre las diferentes ramas económicas que componen el sistema. Z es de orden  $n \times n$ , donde n representa el número de sectores en los que se desagrega una economía determinada. La suma por columnas comprende las compras que cada sector realiza al resto y la suma por filas representa las ventas que determinado sector ha hecho a los otros (Tarancón 2003).
- **y:** muestra las ventas sectoriales realizadas a los m componentes de la demanda final; consumo de los hogares, consumo del gobierno, formación bruta de capital fijo, exportaciones y variación de existencias; f es una matriz de orden  $n \times m$ , donde n es el número de sectores y m los citados componentes de la demanda final (Tarancón 2003).
- **VA:** es el vector fila que integra el pago a los factores productivos, así como los impuestos netos (Tarancón 2003).
- **M:** representa los insumos que provienen del exterior y que son usados en la producción.
- **VBP (x):** corresponde al valor de los bienes y servicios producidos por cada sector en el sistema económico (suma por columnas del consumo intermedio, importaciones y el valor agregado). De forma matemática el VBP puede expresarse como:

$$CI + VA + M = VBP = DI + DF$$

### 2.1.1. Doble deflación

El ADE requiere que las matrices de ambos años (2005 y 2014) se encuentren a precios constantes (precios referidos a un mismo año) para eliminar el efecto de los precios y poder hacer comparaciones en el período. Por ello, es necesario realizar la deflación de ambas MIP, ya que originalmente se encuentran solo a precios corrientes. Para el caso se utiliza la metodología expuesta en Dietzenbacher y Hoen (1999), quienes parten de los componentes de la MIP a precios corrientes, mostrados antes en la Figura 1.

Cada uno de esos elementos debe ser deflactado utilizando un vector de índice de precios sectorial. Para obtener dicho vector, se han tomado los datos del PIB 2005 y 2014 a precios corrientes y constantes (de 2010), formando el índice de precios de la siguiente manera:

$$pi(t) = \frac{PIB_i corr(t)}{PIB_i Cons(t)} \quad \text{Donde } i = 1, 2, \dots, n$$

Dado que solo se dispone de una desagregación a 22 sectores para las emisiones, los demás componentes de la MIP (matriz de transacciones, importaciones, valor agregado, demanda final y valor bruto de la producción) han sido agregados teniendo en cuenta esta clasificación para que las operaciones matriciales sean conformables.

Una vez que se cuenta con dicha información, Dietzenbacher y Hoen (1999) obtienen los componentes deflactados de la siguiente forma:<sup>7</sup>

- a. Transacciones intermedias a precios constantes ( $Z_d$ )

$$Z_d = \hat{p}^{-1}Z$$

- b. Demanda final a precios constantes ( $y_d$ )

$$y_d = \hat{p}^{-1}y$$

- c. Importaciones a precios constantes

$$M_d = \hat{p}^{-1}M$$

- d. Valor bruto de la producción a precios constantes ( $x_d$ )

El VB puede ser expresado como identidad por filas y por columnas de la siguiente manera:

$$x_d = x\hat{p}^{-1}$$

- e. Valor agregado

Dado que el VA puede expresarse como:  $VA = x - Z - M$ , los autores concluyen que este vector puede dejarse como ajuste y se obtiene como un saldo del VBP deflactado en las filas (ventas totales) menos el consumo intermedio deflactado de cada columna, menos las importaciones. De esta manera, se ha aislado el efecto precio en ambas MIP y posible realizar el análisis de descomposición estructural.

De esta forma:  $VA_d = x_d - Z_d - M_d$ .

### 2.1.2. Análisis de descomposición estructural (ADE)

La metodología utilizada en esta investigación está basada en el artículo *Técnicas de descomposición estructural: sentido y sensibilidad* (Dietzenbacher & Los, 1998). Dado que esta investigación se refiere puntualmente a un ADE aplicado a las emisiones de CO<sub>2</sub>, también se han revisado y retomado las adaptaciones metodológicas expuestas en Miller y Blair (2009:593-607); Pal et al. (2015) y Akpan et al. (2015).

Para esta investigación se analizan cuatro componentes determinantes del cambio en las emisiones de CO<sub>2</sub> entre los años 2005 y 2014:

- Efecto del cambio en la intensidad de las emisiones (EIE): la intensidad de emisiones de CO<sub>2</sub> hacen referencia a la cantidad de CO<sub>2</sub> lanzada a la atmósfera por

---

<sup>7</sup> Convencionalmente “ $\wedge$ ” significa diagonalización de un vector, “ $-1$ ” es la inversa de una matriz y “ $^t$ ” representa la transposición de un vector o matriz. La letra “d” se refiere a los componentes deflactados. Las letras mayúsculas representan matrices y las minúsculas hacen referencia a los vectores.



unidad de producción y que, según Pal et al. (2015), puede cambiar debido a la mejora en la eficiencia energética autónoma asociada a la experiencia y desarrollo de habilidades dentro del proceso productivo.

- Efecto cambio tecnológico o de coeficientes técnicos (ET): este efecto refleja los cambios en la combinación y uso de insumos para la producción de los diferentes sectores. De acuerdo con Akpan et al. (2015), este efecto también puede ser potenciado por cambios en el nivel de productividad y cambios en el nivel de precios relativos de los insumos.
- Efecto de cambios en la estructura de la demanda final (EEDF): este componente explica cómo los cambios en cada una de las categorías que conforman la demanda final afectan el comportamiento de las emisiones (Yamakawa y Peters 2011). Para este estudio, se tienen dos categorías: demanda final doméstica; que incluye el consumo de los hogares, gobierno, formación bruta de capital y variación de existencias; el otro componente es la demanda final realizada por otros países, conformada por las exportaciones.
- Efecto nivel de la demanda final (ENDF): este efecto evidencia cómo los cambios en la demanda bienes finales (no insumos) afectan las emisiones; es decir, recoge las variaciones en las emisiones a causa del crecimiento económico. Este componente agrega la demanda final doméstica y la demanda final por exportaciones en un solo efecto.

Como consecuencia de los componentes considerados, la descomposición no es única ya que las formas que pueden obtenerse dependerán del número de componentes ( $n$ ) que se tomen en cuenta. De acuerdo con Cansino et al. (2016) el número de posibilidades se puede calcular con la siguiente expresión:

$$2^{n(n-1)}$$

Donde  $n$  hace referencia a los componentes que se están analizando, en este caso,  $n=4$ .

Sin embargo, no todas las descomposiciones son consistentes, Dietzenbacher y Los (1998) señalan que las respuestas relevantes serán igual a  $n!$ ; las cuales son exhaustivas y equivalentes. Es decir, son exhaustivas porque la suma de los componentes será igual al cambio total de la variable analizada (en este caso es el cambio total en las emisiones de CO<sub>2</sub>). Adicionalmente, son equivalentes, en el sentido de que no existe sustento teórico que sugiera la elección de una sobre otra, ya que se basan en equivalencia de tipo económica, donde ninguna de las ecuaciones es preferible al resto.

Por tanto, dados los componentes considerados, es posible obtener 4096 descomposiciones a partir de las permutaciones de las bases (año uno y dos) asociadas a los cuatro determinantes. Sin embargo, solamente 24 son exhaustivas. Para obtener dichas descomposiciones, como el caso de ADE aplicado a las emisiones de CO<sub>2</sub>, Miller y Blair (2009: 593-607); Hoen y Mulder (2003) y Pal et al. (2015), señalan el requerimiento de la siguiente información:

- $e$ : vector de intensidad de emisiones sectoriales (miles de toneladas de CO<sub>2</sub> por cada millón de dólares de producción)<sup>8</sup>
- $x$ : vector de producción sectorial (millones de dólares)
- $y$ : vector de demanda final por sector (millones de dólares)
- $L$ : matriz inversa de Leontief. Matemáticamente,  $(I - A)^{-1}$ , donde  $A$  es la matriz de coeficientes técnicos obtenida de  $z_{ij}/x_{ij}$ .  $L$  denota los requerimientos directos e indirectos de cada sector por unidad de producción.
- $E$ : vector de emisiones por sector asociadas con la producción del año  $t$ , que puede denotarse como  $E^t = \hat{e}^t x^t$ , el cual teniendo en cuenta que  $x = Ly$ , también puede expresarse como  $E^t = \hat{e}^t L^t y^t$ , donde  $t=0,1$  (año inicial y final).<sup>9</sup>

Además, Hoen y Mulder (2003), exponen que la demanda final puede ser reexpresada como  $y = Bf$ , donde  $B$  es una matriz compuesta por el peso sectorial respecto al total de cada categoría que conforma la demanda final y  $f$ , es un vector conformado por dichos totales. En ese sentido, la variable de interés  $E$ , puede ser redefinida como:<sup>10</sup>

$$E^t = \hat{e}^t L^t B^t f^t$$

Por tanto, el vector de cambios en las emisiones vendría dado por:

$$\Delta E = E^1 - E^0 = \hat{e}^1 L^1 B^1 f^1 - \hat{e}^0 L^0 B^0 f^0$$

Partiendo de la expresión para  $\Delta E$ , es posible obtener las siguientes descomposiciones:

- i) Descomposiciones polares M1 y M2: se les denomina polares o extremas ya que "...se obtienen a través de la ordenación original del conjunto de índices  $\{1, \dots, n\}$  de derecha a izquierda y de izquierda a derecha" (Dietzenbacher & Los, 1998b, p. 310).
  - a. Descomposición polar uno (M1): usando los valores del año uno (2014) para  $e$  y valores del año cero (2005) para  $L, B, f$ .

Si se definen las variaciones de los componentes de la siguiente manera:

$$\Delta L = L^1 - L^0 ; \Delta f = f^1 - f^0 ; \Delta \hat{e} = \hat{e}^1 - \hat{e}^0 ; \Delta B = B^1 - B^0$$

Entonces,  $\Delta E$  puede denotarse como función de las variaciones de sus componentes, expresándose como:

$$\Delta E = \hat{e}^1 (L^0 + \Delta L) (B^0 + \Delta B) (f^0 + \Delta f) - (\hat{e}^1 - \Delta \hat{e}) L^0 B^0 f^0$$

<sup>8</sup> Las emisiones por sector han sido obtenidas de las Tablas Eora, disponibles en: <https://worldmrio.com/eora26/>

<sup>9</sup> El año de referencia inicial en este estudio es 2005 y el final es 2014.

<sup>10</sup> Para este caso, solamente se tienen dos categorías: demanda final nacional (suma del consumo de los hogares, consumo del gobierno, formación bruta de capital y variación de existencias) y demanda fina extranjera (exportaciones).

Realizando las operaciones correspondientes, se obtiene la descomposición polar M1, conformada por la sumatoria de los cuatro efectos:

$$\begin{aligned} \Delta E &= EIE + ET + EEDF + ENDF \\ \Delta E &= \Delta \hat{e} L^0 B^0 f^0 + \hat{e}^1 \Delta L B^0 f^0 + \hat{e}^1 L^1 \Delta B f^0 + \hat{e}^1 L^1 B^1 \Delta f \end{aligned}$$

- b. Descomposición polar dos (M2): usando los valores del año cero (2005) para  $e$  y valores del año uno (2014) para  $L, B, f$ .

Análogamente a M1, se necesita partir de las definiciones de las variaciones de los componentes para obtener la otra descomposición polar. Sustituyendo en  $\Delta E$  se tiene:

$$\Delta E = (\hat{e}^0 + \Delta \hat{e}) L^1 B^1 f^1 - [\hat{e}^0 (L^1 - \Delta L) (B^1 - \Delta B) (f^1 - \Delta f)]$$

Realizando las simplificaciones necesarias, la otra descomposición extrema se expresa como:

$$\begin{aligned} \Delta E &= EIE + ET + EEDF + ENDF \\ \Delta E &= \Delta \hat{e} L^1 B^1 f^1 + \hat{e}^0 \Delta L B^1 f^1 + \hat{e}^0 L^0 \Delta B f^1 + \hat{e}^0 L^0 B^0 \Delta f \end{aligned}$$

## ii) Otras formas de descomposición

El resto de las formas de descomposición se obtienen de forma similar que M1 y M2, mediante la permutación de los años que se tomen como referencia para cada uno de los efectos o componentes analizados. Para este estudio, las 24 descomposiciones relevantes se han obtenido a través del cálculo y descarte de todas las permutaciones posibles mediante el software estadístico R Project.

## 3. Datos

Para la realización del análisis estructural han sido necesarios los siguientes datos:

- (1) Matriz insumo producto: en este caso se han utilizado las matrices obtenidas a partir de los cuadros de oferta y utilización publicados por el Banco Central de Reserva de El Salvador (BCR 2015), para los años 2005 y 2014 (Álvarez et al. 2018).
- (2) Índice de precios: usado para deflactar las MIP, obtenido para ambos años a partir del deflactor implícito del PIB base 2010, calculado a partir de los datos de CEPALSTAT.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Base de datos y publicaciones estadísticas, Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL). Disponible en: [https://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB\\_CEPALSTAT/buscador.asp?idioma=e%26string\\_busqueda=PIB.Para](https://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB_CEPALSTAT/buscador.asp?idioma=e%26string_busqueda=PIB.Para)

- (3) Vector de emisiones sectoriales: se ha tomado el vector de emisiones de CO<sub>2</sub> a 22 sectores ofrecido en la Base Eora, basado en datos sobre uso de energía y emisiones de la Agencia Internacional de Energía (IEA).<sup>12</sup>

#### 4. Resultados

Entre los años 2005 y 2014, el efecto Tecnológico [76.70 (19 %)] y el efecto Nivel de la demanda final [1,157.9 (289 %)], contribuyeron positivamente al cambio total en las emisiones de CO<sub>2</sub>, mientras que el efecto Intensidad de las emisiones [-1,073.7 (-268 %)] y el efecto estructura de la demanda final [-561.0 (-140%)], fueron los factores que presentaron un impacto negativo, siendo lo suficientemente significativos para que el cambio total de las emisiones en el período observado fuese negativo (-400 miles de toneladas) (Tabla 2).

Respecto al EIE fue el sector 7 el que definió el signo negativo, ya que es por mucho, la rama productiva que ha experimentado el mayor cambio, sin embargo, en el ET este mismo sector en conjunto con la rama 17 fueron los que marcaron el comportamiento de esta fuente de variación. Asimismo, en los dos efectos asociados a la Demanda Final (EEDF y ENDF), el sector Transporte es en el que se presenta el mayor impacto, siendo el ENDF el que determina el signo de los efectos derivados de la demanda y que también contribuye al signo positivo del cambio total.

Dado que la demanda final se ha desagregado en nacional y externa, en los dos componentes, la demanda nacional ha sido la parte determinante en estas fuentes de variación. Así, el 71% y 64% del cambio, respectivamente, viene dado por la demanda final nacional (Tabla 3).

Cuando se conjugan los cuatro componentes, se tiene que han sido los sectores 7, 12 y 17 los que mayor incidencia han tenido en el cambio total, pero el comportamiento de Transporte ha contrarrestado con creces el cambio positivo de las otras dos ramas, dando como resultado una disminución de las emisiones en el período estudiado (Tabla 2).

**Tabla 2. Descomposición del cambio total en las emisiones de CO<sub>2</sub> entre 2005 y 2014**  
(Miles de toneladas)

N o.	Sector	Descomposición polar 1				Cambi o total	Contrib. sectorial al cambio total	Emisiones de CO <sub>2</sub> en 2005
		EIE	ET	EEDF	ENDF			
1	Agricultura	0.41	-0.10	-0.07	0.36	0.59	0.15%	1.34
2	Pesca	-0.30	-0.004	0.00	0.01	-0.29	-0.07%	0.33
3	Minas y canteras	0.67	-0.88	0.01	0.03	-0.17	-0.04%	0.33

<sup>12</sup> worldmrio.com/eora26/

<b>4</b>	Alimentos y bebidas	0.00	0.04	0.27	0.45	0.76	0.19%	1.65
<b>5</b>	Textiles y prendas de vestir	-0.98	0.19	0.79	0.56	0.56	0.14%	1.91
<b>6</b>	Madera y papel	0.52	-0.02	0.02	0.20	0.71	0.18%	0.33
<b>7</b>	Productos del petróleo, químicos y minerales no metálicos.	-	29.18	-33.09	122.54	-	-243.93%	1608.44
		1094.54				975.92		
<b>8</b>	Productos metálicos	0.75	-0.15	-0.10	0.26	0.77	0.19%	0.44
<b>9</b>	Equipo eléctrico y maquinaria	-60.48	8.00	-37.76	76.75	-13.49	-3.37%	441.54
<b>10</b>	Equipo de transporte	0.50	-0.07	-0.03	0.29	0.69	0.17%	0.89
<b>11</b>	Otras manufacturas	43.70	-2.38	-54.10	16.24	3.47	0.87%	68.16
<b>12</b>	Electricidad, gas y agua	-11.67	-15.72	9.00	251.81	233.42	58.34%	1133.91
<b>13</b>	Construcción	-19.99	-0.45	-0.35	1.54	-19.26	-4.81%	28.12
<b>14</b>	Mantenimiento y reparación de equipo	-0.20	0.01	0.02	0.04	-0.13	-0.03%	0.33
<b>15</b>	Comercio al por mayor y menor	4.57	-0.31	0.31	1.62	6.19	1.55%	1.89
<b>16</b>	Hoteles y restaurantes	1.71	-0.02	0.55	0.68	2.93	0.73%	0.84
<b>17</b>	Transporte	52.49	59.39	-	676.81	342.79	85.68%	2981.66
				445.90				
<b>18</b>	Correos y Telecomunicaciones	2.04	-0.11	0.05	0.59	2.56	0.64%	0.57
<b>19</b>	Intermediación financiera y actividades empresariales.	3.61	-0.43	-0.23	0.96	3.90	0.97%	1.49
<b>20</b>	Administración pública	2.29	0.00	0.88	0.99	4.16	1.04%	1.60
<b>21</b>	Educación, salud, reciclaje y otros servicios.	1.56	0.54	-1.19	5.16	6.06	1.51%	23.61

<b>22</b>	Hogares privados, reexportación, reimportación y otros.	-0.36	-0.005	-0.07	0.06	-0.37	-0.09%	0.65
<b>Todos los sectores</b>		<b>-</b> <b>1073.70</b>	<b>76.69</b>	<b>-</b> <b>561.00</b>	<b>1157.9</b> <b>3</b>	<b>-</b> <b>400.08</b>	<b>100%</b>	<b>6300.00</b>
<b>% respecto al cambio total</b>		<b>268%</b>	<b>-19%</b>	<b>140%</b>	<b>-289%</b>			

Fuente: elaboración propia

Nota: debido a las aproximaciones, algunos totales pueden diferir.

**Tabla 3. Desagregación de los efectos Estructura y Nivel de la demanda final (Miles de toneladas)**

No	Sector	EEDF			ENDF		
		DFN	DFX	TOTAL	DFN	DFX	TOTAL
1	Agricultura	0.02	-0.09	-0.07	0.28	0.08	0.36
2	Pesca	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
3	Minas y canteras	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.03
4	Alimentos y bebidas	0.22	0.05	0.27	0.35	0.09	0.45
5	Textiles y prendas de vestir	0.19	0.60	0.79	0.17	0.39	0.56
6	Madera y papel	0.00	0.02	0.02	0.13	0.07	0.20
7	Productos del petróleo, químicos y minerales no metálicos.	-34.25	1.17	-33.08	82.36	40.18	122.54
8	Productos metálicos	-0.02	-0.08	-0.10	0.11	0.15	0.26
9	Equipo eléctrico y maquinaria	-30.74	-7.01	-37.76	67.36	9.40	76.75
10	Equipo de transporte	-0.02	-0.01	-0.03	0.23	0.06	0.29
11	Otras manufacturas	1.44	-55.55	-54.11	4.86	11.38	16.24
12	Electricidad, gas y agua	-19.85	28.81	8.95	202.64	49.14	251.78
13	Construcción	-0.25	-0.10	-0.35	1.49	0.04	1.54
14	Mantenimiento y reparación de equipo	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04
15	Comercio al por mayor y menor	0.05	0.26	0.31	0.96	0.66	1.62
16	Hoteles y restaurantes	0.42	0.14	0.55	0.58	0.10	0.68
17	Transporte	-315.87	-129.94	-445.81	371.04	305.76	676.80
18	Correos y Telecomunicaciones	0.01	0.03	0.05	0.44	0.16	0.59
19	Intermediación financiera y actividades empresariales.	-0.21	-0.02	-0.23	0.86	0.10	0.96
20	Administración pública	0.88	0.00	0.88	0.99	0.00	0.99
21	Educación, salud, reciclaje y otros servicios.	-1.16	-0.03	-1.19	4.98	0.18	5.16
22	Hogares privados, reexportación, reimportación y otros.	-0.02	-0.05	-0.07	0.03	0.03	0.06
<b>Todos los sectores</b>		<b>-399.16</b>	<b>-161.78</b>	<b>-560.95</b>	<b>739.90</b>	<b>417.99</b>	<b>1157.89</b>

% respecto al efecto	71%	29%	100%	64%	36%	100%
Fuente: elaboración propia						

### 3.1. Variabilidad de los resultados

La forma de descomposición del cambio en las emisiones no es única y aunque las n! técnicas sean equivalentes, dependiendo de los datos que se tomen para calcular cada componente del análisis de descomposición estructural (referidos al año 0 o 1), los resultados son susceptibles de variaciones. En ese sentido, la tabla 4 presenta la variabilidad de los datos obtenidos para cada efecto, producto de las 24 técnicas aplicadas, en ella se observan los mínimos y máximos (respecto a todos los sectores) para cada uno de los efectos. Asimismo, se presenta el rango r como diferencia entre el máximo y el mínimo;  $\mu$ , como el promedio de las descomposiciones (para cada uno de los cuatro efectos);  $\sigma$  representa la desviación estándar y las siguientes columnas son indicadores de la variabilidad media, que relacionan el rango y la desviación estándar con el promedio.<sup>13</sup>

**Tabla 4. Resultados de los indicadores de variabilidad para las 24 descomposiciones estructurales para todos los sectores (en miles de toneladas y %)**

Efecto	Min	Max	Rango (r)	$\mu$	$\sigma$	[r/ $\mu$ ]%		CV=[ $\sigma/\mu$ ]%	
						Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica
EIE	-1401.60	1026.99	374.60	1208.99	134.85	47.8%	36.4%	16.9%	15.3%
ET	64.04	177.02	112.98	113.86	36.00	109.3%	45.8%	41.3%	19.7%
EEDF	-756.03	-548.35	207.68	-649.04	69.06	134.4%	110.2%	40.8%	17.3%
ENDF	1140.28	1562.68	422.41	1344.09	159.59	101.2%	66.6%	40.2%	25.3%

Fuente: elaboración propia

Estos indicadores (Tabla 4) muestran una elevada variabilidad relativa en los componentes ET, EEDF y ENDF, donde el valor medio del coeficiente de variación (CV) es de 41.3 %, 40.8 % y 40.2 % respectivamente, evidenciando la heterogeneidad de los resultados obtenidos en las 24 descomposiciones.<sup>14</sup> Para el ET, se observa en la tabla 5 que sectorialmente, 77 % de las ramas presenta un CV mayor que 20 %, destacándose los

<sup>13</sup> Los ratios se han calculado a partir de cada uno de los efectos del ADE obtenidos para las 24 descomposiciones. Se utilizan los valores absolutos.

<sup>14</sup> El CV medio ha sido obtenido como la media de los CV sectoriales.



sectores 2, 3, 7, 13, 15, 16, 18 y 19, los cuales presentan un CV superior a 50 %. Las ramas señaladas también coinciden con un CV mayor al 50 % en el componente ENDF.

Por su parte, el efecto EIE presenta los resultados más homogéneos, con una media de 47.8 % en la relación  $[\sigma/\mu]\%$ , y con un valor promedio del coeficiente de variación de 16.9 %. Dentro de este efecto, a nivel sectorial, las ramas que mayor heterogeneidad presentan (CV mayor al valor promedio) en las diferentes descomposiciones son: Minas y canteras (CV=77.35 %); Textiles y prendas de vestir (CV=37.17 %); Otras manufacturas (CV=32.18 %) y Mantenimiento y reparación de equipo (CV=18.79 %).

Respecto a la desviación típica, Dietzenbacher y Los (1998) señalan que si el resultado es elevado, estaría evidenciando la existencia de ramas para los que el CV es muy pequeño y otros sectores que presentan un indicador muy grande (cercano a 100 %). Esto se puede apreciar particularmente en el componente ENFD, cuya desviación típica (del CV) es de 25.3 % y sectores como Alimentos y bebidas; Electricidad, gas y agua; Transporte; Educación, salud, reciclaje y otros servicios presentan un CV inferior al 10 %; mientras que las ramas Pesca; Minas y canteras y Correo y telecomunicaciones evidencian un CV superior al 60 %.

La variabilidad de los resultados demuestra que, aunque las técnicas de descomposición sean equivalentes y exhaustivas, realizar este análisis brinda información adicional que puede ser determinante para las interpretaciones de los resultados en estudios empíricos. Las conclusiones acerca de la importancia de uno u otro componente dependerán en buena parte de la forma de descomposición elegida (Dietzenbacher & Los, 1998).

**Tabla 5. Resultados sectoriales de los indicadores de variabilidad para las 24 descomposiciones estructurales**

No.	Sector	EIE			ET			EEDF			ENDF		
		$\mu(i)$	$\sigma(i)$	$\sigma(i)/\mu(i)$	$\mu(i)$	$\sigma(i)$	$\sigma(i)/\mu(i)$	$\mu(i)$	$\sigma(i)$	$\sigma(i)/\mu(i)$	$\mu(i)$	$\sigma(i)$	$\sigma(i)/\mu(i)$
1	Agricultura	0.43	0.04	9.62%	-0.12	0.03	28.64%	-0.06	0.03	46.29%	0.34	0.04	12.22%
2	Pesca	-0.31	0.03	10.34%	-0.02	0.02	82.87%	0.0	0.0	NA	0.04	0.03	83.48%
3	Minas y Canteras	0.40	0.31	77.35%	-0.64	0.34	53.78%	0.0	0.0	NA	0.07	0.07	99.44%
4	Alimentos y bebidas	0.00	0.00	NA	0.04	0.00	10.48%	0.30	0.03	10.19%	0.41	0.03	8.09%
5	Textiles y prendas de vestir	-1.72	0.64	37.17%	0.40	0.15	36.77%	1.29	0.43	33.15%	0.59	0.24	40.88%
6	Madera y papel	0.58	0.06	10.72%	-0.02	0.01	49.40%	0.02	0.01	49.40%	0.14	0.06	44.27%
7	Productos del petróleo, químicos y minerales no metálicos.	- 1221.00	135.62	11.11%	65.63	33.20	50.59%	-72.76	36.38	50.00%	252.22	130.23	51.63%
8	Productos metálicos	0.77	0.09	11.90%	-0.11	0.06	49.62%	-0.08	0.04	51.27%	0.20	0.09	44.24%
9	Equipo eléctrico y maquinaria	-64.42	6.27	9.73%	9.06	1.20	13.25%	-44.75	4.89	10.93%	86.61	8.71	10.05%
10	Equipo de transporte	0.54	0.05	9.47%	-0.07	0.02	32.19%	-0.02	0.01	47.90%	0.25	0.05	21.44%
11	Otras manufacturas	37.23	11.98	32.18%	-2.73	1.11	40.59%	-51.56	16.96	32.90%	20.53	8.02	39.06%
12	Electricidad, gas y agua	-12.93	1.29	10.00%	-15.16	2.01	13.27%	10.20	3.98	39.04%	251.31	2.74	1.09%
13	Construcción	-20.99	1.84	8.76%	-1.15	0.61	53.26%	-0.79	0.42	53.30%	3.67	2.08	56.66%
14	Mantenimiento y reparación de equipo	-0.27	0.05	18.79%	0.02	0.01	43.39%	0.05	0.02	43.97%	0.07	0.03	43.58%

<b>15</b>	Comercio al por mayor y menor	5.13	0.58	11.39%	-0.21	0.12	57.37%	0.23	0.14	62.32%	1.04	0.57	54.86%
<b>16</b>	Hoteles y restaurantes	2.11	0.34	16.03%	-0.02	0.01	59.82%	0.42	0.23	54.39%	0.42	0.23	54.51%
<b>17</b>	Transporte	55.32	6.40	11.57%	58.75	8.08	13.76%	-490.64	59.13	12.05%	719.35	51.23	7.12%
<b>18</b>	Correos y Telecomunicaciones	2.25	0.23	10.20%	-0.08	0.06	67.82%	0.04	0.02	67.36%	0.36	0.23	64.09%
<b>19</b>	Intermediación financiera y actividades empresariales.	3.73	0.34	9.25%	-0.33	0.19	59.15%	-0.16	0.10	59.94%	0.66	0.35	53.73%
<b>20</b>	Administración pública	2.83	0.45	15.93%	0.00	0.00	NA	0.69	0.31	45.30%	0.64	0.29	45.66%
<b>21</b>	Educación, salud, reciclaje y otros servicios.	1.70	0.16	9.37%	0.62	0.10	15.57%	-1.32	0.13	10.15%	5.06	0.18	3.61%
<b>22</b>	Hogares privados, reexportación, reimportación y otros.	-0.35	0.05	15.00%	-0.01	0.00	35.78%	-0.13	0.05	36.43%	0.11	0.05	45.36%
<b>Todos los sectores</b>		<b>-</b> <b>1208.99</b>	<b>134.85</b>	<b>11.15%</b>	<b>113.86</b>	<b>36.00</b>	<b>31.61%</b>	<b>-649.04</b>	<b>69.06</b>	<b>10.64%</b>	<b>1344.09</b>	<b>159.59</b>	<b>11.87%</b>

Fuente: elaboración propia

Nota: los datos para “Todos los sectores” se han obtenido a partir de las 24 descomposiciones, teniendo en cuenta el resultado agregado en cada uno de los efectos, no es por tanto un promedio.

$\sigma(i)/\mu(i)$  al ser el coeficiente de variación, está expresado en valores absolutos.

## 5. Discusión de los resultados

El efecto negativo de la intensidad de las emisiones estaría reflejando una mejora en la eficiencia energética autónoma (no relacionada con el precio de la energía), observándose que, de los 22 sectores 8 son los que condicionan el resultado negativo, dentro de los que se destacan: Productos del petróleo; químicos y minerales no metálicos; Equipo eléctrico y maquinaria; Electricidad, gas y agua y Construcción, ya que son estas las ramas que concentraron el 51 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> lanzadas a la atmósfera en 2005 y cuyas disminuciones significan determinante para el logro o no, de los objetivos de mitigación. Por el contrario, el sector Transporte que fue el responsable del 47.3 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> presenta un impacto positivo, evidenciando la poca o nula mejoría en la eficiencia energética autónoma del sector y el freno que esto representa para disminuir aún más las emisiones.

En el caso de la intensidad de las emisiones, la significativa baja podría deberse al cambio en el peso que los derivados del petróleo han experimentado en total de oferta de energía. En el período, la dependencia del consumo de los derivados del petróleo de la industria y del transporte disminuyó, pasando de 75.6 % en 2005 al 63.4 % en 2014 (SieLAC 2019).

Respecto al Efecto tecnológico, Pal et al. (2015) sostienen que el cambio en el patrón de la matriz de coeficientes técnicos es un efecto inducido por el precio, lo cual produce un cambio en el modelo de consumo de insumos en el proceso productivo. En este caso, el signo positivo de este componente se debe a que el 32 % de los sectores que presentan una contribución mayor que cero, superan con creces al 68 % que presentan un signo negativo. En relación con el comportamiento sectorial con cambios positivos se destaca la rama Transporte (8), el cual es responsable del 77 % del total de emisiones generadas por este efecto y uno de los mayores emisores a nivel general en la economía salvadoreña. Sectores como éste deben ser foco de política para asegurar una mejora en el patrón de consumo de insumos, ya que también es un sector que sirve de proveedor al resto y que además es intensivo en el consumo de combustibles fósiles, lo que provocaría el aumento en las emisiones indirectas de los sectores interrelacionados.

Por otra parte, el cambio en las emisiones como resultado del cambio en la estructura de consumo viene dado por EEDF, el cual presenta en el período una variación negativa, siendo la demanda final nacional el componente con mayor peso con un 71.2 % de participación en el efecto, mientras que la demanda final por exportaciones contribuye con una disminución de 161.8 miles de toneladas de CO<sub>2</sub>, correspondiente al 28.8 % del total EEDF (ver tabla 3). Esta disminución de emisiones por cambios en la estructura de la demanda final explica el cambio en el patrón de consumo de los consumidores y de los exportadores nacionales. En el caso de la demanda nacional, los sectores que han

experimentado las mayores bajas son: Productos del petróleo, químicos y minerales no metálicos (-1.38%); Equipo eléctrico y maquinaria (-1.06%) y Transporte (-0.88%). Respecto a la demanda extranjera, el principal cambio se observa en Otras manufacturas (maquila), sector cuya demanda proveniente del exterior cayó en 13.5%.

Las disminuciones de las emisiones en EEDF fueron absorbidas y anuladas por el efecto nivel, que, tal como se presentó en la Tabla 2 es el componente que más pesa respecto al cambio total. El crecimiento económico reflejado en el ENDF muestra que sectorialmente las ramas Transporte; Electricidad, gas y agua; Productos del petróleo, químicos y minerales no metálicos son los que han presentado los mayores aumentos en las emisiones de CO<sub>2</sub>, con una participación de 58%, 22% y 11% respecto al total del efecto nivel, respectivamente.

Al observar la desagregación del ENDF respecto a la demanda final nacional y por exportaciones presentada en la Tabla 3, se evidencia que el mayor cambio proviene de la categoría nacional, con un peso de 63.9% respecto al total de este efecto, mientras que el 36.1% restante proviene del crecimiento de las exportaciones. Sectorialmente, se mantienen las ramas Transporte; Electricidad, gas y agua; Productos del petróleo, químicos y minerales no metálico como los mayores contribuyentes en el ENDF tanto en la demanda final doméstica, como la derivada de las exportaciones.

Finalmente, el cambio total muestra que combinando los cuatro efectos, el sector Productos del petróleo, químicos y minerales no metálicos es el que más ha contribuido a la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>, con cambio negativo de 976 miles de toneladas entre 2005 y 2014, este comportamiento ha sido fundamental para la disminución global de las emisiones ya que sirvió para contrarrestar las emisiones presentadas por dos de los mayores emisores: Electricidad y Transporte, que en conjunto aumentaron 576.2 miles de toneladas de CO<sub>2</sub> en el período. Este comportamiento se debió específicamente al efecto intensidad de las emisiones, lo que significa que este sector ha realizado mejoras sustanciales en la eficiencia energética autónoma, emitiendo menos toneladas de CO<sub>2</sub> por unidad de producción

## **6. Conclusiones e implicaciones de política**

Se concluye que entre los años 2005 y 1995 las emisiones de dióxido de carbono han presentado una reducción de 6.3 %, este cambio ha sido propiciado por variaciones en las emisiones por unidad de producto, cambios en la tecnología y cambios en la demanda final, tanto en su estructura como en el nivel. De estos efectos, el ENDF ha sido determinante en la disminución de las emisiones, al ser el factor que más pesa en la descomposición estructural analizada en el apartado anterior.

A la luz de los cuatro componentes analizados, se determinó que son básicamente tres sectores los que han marcado el comportamiento de las emisiones en el período: Productos del petróleo, químicos y minerales no metálicos (7); Electricidad, gas y agua (12) y Transporte (17). La disminución en 975.9 toneladas de CO<sub>2</sub> observadas en la rama 7, obedecen al efecto de la intensidad de las emisiones, absorbiendo mediante la mejora de la eficiencia de la energía autónoma en el sector los aumentos presentados por el efecto tecnológico (+29.18 ton.) y el efecto del crecimiento económico o ENDF (+122.54 ton.). Esto se puede deber también a que en 2012 en El Salvador se cerró la única refinería de país (Refinería Salvadoreña, RASA) cesando la importación de petróleo crudo.

Respecto a los sectores Transporte y Electricidad, gas y agua; deben ser los focos de atención en las políticas de mitigación, ya que al ser sectores que se interrelacionan con el resto (proveedores) serían clave para que las emisiones disminuyan aún más. De hecho, han sido estas ramas las que más emisiones agregaron en el período analizado, contrarrestando la considerable disminución que el sector 7 experimentó. El sector Transporte explica su comportamiento debido fundamentalmente al aumento de la demanda final, en ese sentido, la apuesta por cambios estructurales en las diversas formas de transporte en el país, pues este es el sector que mayor peso tiene en la factura de combustibles fósiles del país (CNE, 2010). Las políticas de cambios en la demanda final de este sector deben ser acompañadas de mejoras tecnológicas, ya que, aunque el ET no es el más importante, tiene un impacto positivo, reduciendo las posibilidades de disminución de las emisiones en esta rama productiva.

En cuanto al sector 12, se concluye que, si bien se ha experimentado una mejora en la eficiencia productiva tanto por la electricidad autónoma, como por las mejoras tecnológicas, el aumento de la demanda final al igual que en el sector 7, ha sido el principal motor del crecimiento de las emisiones en esta rama. Los esfuerzos estatales deben ir dirigidos a cambios en el consumo. Además, ante el inminente aumento poblacional y la necesidad de crecimiento económico, la diversificación de fuentes de energía es fundamental. Actualmente la Política Energética Nacional 2010-2024 contempla como línea estratégica el fomento de energías renovables para reducir progresivamente la dependencia de combustibles fósiles (CNE, 2010).

Dada la relación entre los tres sectores que más peso tienen en el comportamiento de las emisiones, se recomienda una visión integrada de políticas de mitigación, ya que además son ramas productivas que pueden considerarse como proveedoras del resto de sectores, lo que significa que las apuestas en estos rubros se vuelven estratégicos para la descarbonización de la economía en general. El ADE realizado brinda elementos para dirigir las posibles políticas, ya sea en aspectos tecnológicos o bien, acciones más apegadas a modificar la demanda final.

Se evidencia la importancia de analizar la variabilidad de los resultados como consecuencia de las diferentes formas de descomposición que pueden obtenerse; ya que, aunque teóricamente no exista respaldo para la elección de una sobre el resto, la realización de este análisis permite no solo observar las fuentes de variación de las emisiones, sino también, la sensibilidad que estos pueden presentar dependiendo de la técnica que se elija.

Finalmente, se recomienda complementar este estudio con un análisis de costo-efectividad, para evaluar si los sectores que presentan los mayores cambios en sus diversas fuentes son los que deben atenderse con mayor urgencia, o si por el contrario, sería más efectivo concentrarse en otros sectores.

## 7. Bibliografía

- Akpan, US; Green, OA; Bhattacharyya, S; Isihak, S. 2015. Effect of Technology Change on CO2 Emissions in Japan's Industrial Sectors in the Period 1995–2005: An Input–Output Structural Decomposition Analysis. (En línea). *Environmental and Resource Economics* 61(2):165-189. Consultado 28 may 2019. Disponible en <http://link.springer.com/10.1007/s10640-014-9787-7>
- Álvarez, A; López, M; Sánchez, C. 2018. Democracia Política sin Democracia Económica: una aproximación a la persistencia de las desigualdades económicas en El Salvador, 1970-2014 (documento de trabajo presentado para el fondo de investigación universitario, UCA). San Salvador, s.e. 220 p.
- BCR. 2015. Base de datos económica. (En línea, sitio web). Consultado 12 abr. 2018. Disponible en <http://www.bcr.gob.sv/bcrsite/?cdr=30&lang=es>
- Cabrera, Ó; Fuentes, J; Desireé De Morales, H. 2005. Hechos Estilizados en el Crecimiento Económico de El Salvador 1978 - 2004: Una Propuesta de Acciones de Política Económica en el Corto y Mediano Plazo. (En línea). San Salvador, s.e. 58 p. Consultado 16 may 2019. Disponible en <https://www.bcr.gob.sv/bcrsite/uploaded/content/category/535431417.pdf>
- Cansino, JM; Román, R; Ordóñez, M. 2016. Main drivers of changes in CO2 emissions in the Spanish economy: A structural decomposition analysis. (En línea). *Energy Policy* 89:150-159. Consultado 13 jun. 2019. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421515301981>
- Casler, SD; Blair, PD. 1997. Economic structure, fuel combustion, and pollution emissions. (En línea). *Ecological Economics* 22(1):19-27. Consultado 19 sep. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800996005514>
- Chang, YF; Lin, SJ. 1998. Structural decomposition of industrial CO2 emission in Taiwan: an input-output approach. (En línea). *Energy Policy* 26(1):5-12. Consultado 4 sep. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142159700089X>
- CNE (Consejo Nacional de Energía de El Salvador). 2010. Política Energética Nacional

- de El Salvador 2010-2024. (En línea). s.l., CNE. 16 p. Disponible en [www.transparencia.gob.sv/institutions/cne/documents/6273/download%0A](http://www.transparencia.gob.sv/institutions/cne/documents/6273/download%0A)
- Dietzenbacher, E; Hoen, AR. 1999. Double deflation and aggregation. (En línea). *Environment and Planning A: Economy and Space* 31(9):1695-1704. Consultado 28 may 2019. Disponible en <http://journals.sagepub.com/doi/10.1068/a311695>
- Dietzenbacher, E; Los, B. 1998. Structural Decomposition Techniques: Sense and Sensitivity. (En línea). *Economic Systems Research* 10(4):307-324. Consultado 13 abr. 2018. Disponible en <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09535319800000023>
- \_\_\_\_\_. 1998. Structural Decomposition Techniques: Sense and Sensitivity. *Economic Systems Research* 10(4):307-324.
- Fuentes, NA. 2003. Encadenamientos insumo-producto en un municipio fronterizo de Baja California, México. (En línea). *Frontera norte* 15(29):151-184. Consultado 28 ago. 2018. Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73722003000100006#f4](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73722003000100006#f4)
- Hoekstra, R; van den Bergh, JCJM. 2002. Structural Decomposition Analysis of Physical Flows in the Economy. (En línea). *Environmental and Resource Economics* 23(3):357-378. Consultado 4 sep. 2018. Disponible en <http://link.springer.com/10.1023/A:1021234216845>
- Hoen, A; Mulder, M. 2003. Explaining Dutch emissions of CO<sub>2</sub>: a decomposition analysis. (En línea). The Hague, CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis. 37 p. (CPB Discussion Paper). Consultado 16 jun. 2019. Disponible en <https://ideas.repec.org/p/cpb/discus/24.html>
- IEA (International Energy Agency). 2006. World Energy Balances. (En línea, sitio web). Consultado 15 jul. 2019. Disponible en <https://webstore.iea.org/world-energy-balances-2018>
- Kanemoto, K; Moran, D; Hertwich, EG. 2016. Mapping the Carbon Footprint of Nations. (En línea). *Environmental Science & Technology* 50(19):10512-10517. Consultado 19 ene. 2019. Disponible en <http://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.6b03227>
- Lenzen, M; Moran, D; Kanemoto, K; Geschke, A. 2013. Building eora: a global multi-region input-output database at high country and sector resolution. (En línea). *Economic Systems Research* 25(1):20-49. Consultado 11 mar. 2019. Disponible en <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09535314.2013.769938>
- Leontief, W. 1985. Análisis económico input-output. 2 ed. ed. Ediciones Orbis (ed.). Barcelona, Ediciones Orbis. 359 p.
- Lim, H-J; Yoo, S-H; Kwak, S-J. 2009. Industrial CO<sub>2</sub> emissions from energy use in Korea: A structural decomposition analysis. (En línea). *Energy Policy* 37(2):686-698. Consultado 4 sep. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421508005879>
- Llop, M; Pié, L. 2011. Decomposition of Emission Multipliers in a National Accounting



- Matrix Including Environmental Accounts. (En línea). *Journal of Industrial Ecology* 15(2):206-216. Consultado 4 sep. 2018. Disponible en <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1530-9290.2010.00324.x>
- López Gómez, CS. 2013. Estructura económica, crecimiento y emisiones contaminantes en América Latina. (En línea). Puebla, México, s.e. p. 37-50. Disponible en [http://www.eco.buap.mx/aportes/revista/47\\_Ano\\_XVIII\\_Numero\\_47,\\_Enero-Abril\\_de\\_2013/03\\_Estructura\\_economica,\\_crecimiento\\_y\\_emisiones\\_contaminantes\\_en\\_America\\_Latina.\\_Claudia\\_Gomez.pdf](http://www.eco.buap.mx/aportes/revista/47_Ano_XVIII_Numero_47,_Enero-Abril_de_2013/03_Estructura_economica,_crecimiento_y_emisiones_contaminantes_en_America_Latina._Claudia_Gomez.pdf)
- MARN. 2015. Contribución prevista y determinada a nivel nacional de El Salvador. (En línea). San Salvador, s.e. 17 p. Consultado 20 jun. 2019. Disponible en [https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Published\\_Documents/El\\_Salvador/1/EL\\_SALVADOR-INTENDED\\_NATIONALLY\\_DETERMINED\\_CONTRIBUTION.pdf](https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Published_Documents/El_Salvador/1/EL_SALVADOR-INTENDED_NATIONALLY_DETERMINED_CONTRIBUTION.pdf)
- \_\_\_\_\_. s.f. Cambio Climático Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (En línea, sitio web). Consultado 10 jul. 2019. Disponible en <http://www.marn.gob.sv/cambio-climatico/> (Cambio climático, ).
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2000. Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. (En línea). Santa T, s.e. 109 p. Disponible en <http://www.marn.gob.sv/comunicaciones-nacionales/>
- \_\_\_\_\_. 2013. Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. (En línea). Santa Tecla, La Libertad, s.e. 136 p. Disponible en <http://www.marn.gob.sv/comunicaciones-nacionales/>
- \_\_\_\_\_. 2018. Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. (En línea). Santa Tecla, La Libertad, s.e. 221 p. Disponible en <http://www.marn.gob.sv/comunicaciones-nacionales/>
- Miller, RE; Blair, PD. 2009. Input-output analysis: foundations and extensions. (En línea). 2 ed. ed. Cambridge University Press (ed.). New York, Cambridge University Press. 750 p. Consultado 29 ago. 2018. Disponible en [http://static.gest.unipd.it/~birolo/didattica11/Materiale\\_2012/\\_Materiale\\_2015/Miller\\_Blait-input-output\\_analysis.pdf](http://static.gest.unipd.it/~birolo/didattica11/Materiale_2012/_Materiale_2015/Miller_Blait-input-output_analysis.pdf)
- \_\_\_\_\_. 2009. Structural decomposition, mixed and dynamic models. (En línea). In Cambridge University Press (ed.). *Input–Output Analysis: foundations and extensions*. Cambridge, Cambridge University Press. p.593-668. Consultado 28 may 2019. Disponible en [https://www.cambridge.org/core/product/identifier/CBO9780511626982A149/type/book\\_part](https://www.cambridge.org/core/product/identifier/CBO9780511626982A149/type/book_part)
- Minzer, R; Solís, V; Orozco, RC; Vivanco, T. 2017. Descripción del marco metodológico para la construcción de matrices de insumo-producto a partir de los cuadros de oferta y utilización: una aplicación para el caso de Panamá. (En línea). Ciudad de México, s.e. 102 p. Consultado 10 jul. 2019. Disponible en [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41998/1/S1700671\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/41998/1/S1700671_es.pdf)
- Pal, BD; Ojha, VP; Pohit, S; Roy, J. 2015. Greenhouse Gas (GHG) Emissions in India— A Structural Decomposition Analysis. (En línea). In Springer (ed.). *GHG*

- Emissions and Economic Growth: A Computable General Equilibrium Model Based Analysis for India. New Delhi, Springer. p.61-71. Consultado 17 may 2019. Disponible en [http://link.springer.com/10.1007/978-81-322-1943-9\\_5](http://link.springer.com/10.1007/978-81-322-1943-9_5)
- Rose, A; Miernyk, W. 1989. Input–Output Analysis: The First Fifty Years. (En línea). *Economic Systems Research* 1(2):229-272. Consultado 20 jun. 2019. Disponible en <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09535318900000016>
- SieLAC. 2019. Balance Energético Resumido: El Salvador. (En línea, sitio web). Consultado 14 jul. 2019. Disponible en <http://sier.olade.org/consultas/infograma-simplificado-balance-energetico.aspx?or=545&ss=2&v=3> (Balance Energético Resumido: El Salvador, ).
- Skolka, J. 1989. Input-output structural decomposition analysis for Austria. (En línea). *Journal of Policy Modeling* 11(1):45-66. Consultado 4 sep. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0161893889900240>
- Su, B; Ang, BW. 2012. Structural decomposition analysis applied to energy and emissions: Some methodological developments. (En línea). *Energy Economics* 34(1):177-188. Consultado 4 sep. 2018. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988311002374>
- Tarancón, MÁ. 2003. Técnicas de análisis económico Input-Output. 1 ed. ed. Editorial Club Universitario (ed.). Toledo, España, Editorial Club Universitario. 274 p.
- Timilsina, GR; Shrestha, A. 2009. Factors affecting transport sector CO2 emissions growth in Latin American and Caribbean countries: An LMDI decomposition analysis. (en línea). *International Journal of Energy Research* 33(4):396-414. Consultado 20 jun. 2019. Disponible en <http://doi.wiley.com/10.1002/er.1486>
- Yamakawa, A; Peters, GP. 2011. Structural decomposition analysis of greenhouse gas emissions in Norway 1990-2002. (en línea). *Economic Systems Research* 23(3):303-318. Consultado 17 jun. 2019. Disponible en <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09535314.2010.549461>
- Zhang, H; Qi, Y. 2011. A Structure Decomposition Analysis of China's Production-Source CO2 Emission: 1992–2002. (En línea). *Environmental and Resource Economics* 49(1):65-77. Consultado 4 sep. 2018. Disponible en <http://link.springer.com/10.1007/s10640-010-9424-z>

## 8. Anexos artículo II

### Anexo I: vector de emisiones sectoriales

Idealmente el vector de emisiones por sector productivo puede obtenerse a partir de los Balances Energéticos elaborados por la International Energy Agency (IEA), los cuales se presentan anualmente y contienen estadísticas de oferta por tipo de energía primaria y secundaria, así como el consumo final total por sectores industria, transporte y otros (IEA, 2006). Sin embargo, dada la falta de información para poder obtener una mayor desagregación por sectores, se optó por utilizar la base Eora.<sup>15</sup>

Eora presenta para El Salvador un vector de emisiones a 26 sectores, basados en los balances de IEA, obtenido mediante métodos de optimización basados en información proveniente de cuentas nacionales y cuentas satélites de agencias internacionales (Lenzen et al. 2013, Kanemoto et al. 2016).

Dada la necesidad de armonizar la información presentada en Eora y MIP de la economía salvadoreña (Álvarez et al. 2018), se realizó una reclasificación con ambas fuentes de información, para finalmente contar con una desagregación sectorial de 22x22, presentada en la siguiente tabla:

Sector	MIP El Salvador	EORA
01	Café	Agriculture
02	Fibras vegetales	
03	Caña de azúcar	
04	Cereales, legumbres y oleaginosas	
05	Hortalizas, raíces y tubérculos	
06	Frutas	
07	Otros productos agrícolas N.C.P.	
08	Animales vivos y productos de origen animal	
09	Productos de la silvicultura y extracción de madera	
10	Productos de la pesca y acuicultura	Fishing
11	Piedra, arena y arcilla	Mining and Quarrying
12	Minerales metalíferos	
13	Otros minerales	Food & Beverages
14	Carne y productos de carne	
15	Pescado preparado o en conserva	
16	Aceites y grasas animales y vegetales	
17	Productos lácteos	
18	Productos de molinería, almidones y productos derivados	
19	Productos de panadería	

<sup>15</sup> <https://worldmrio.com/>

20	Macarrones, fideos y productos farináceos análogos		
21	Azúcar		
22	Legumbres y frutas preparadas o en conserva; jugos de frutas y de legumbres		
23	Productos alimenticios N.C.P.		
24	Preparados utilizados para la alimentación de animales		
25	Bebidas alcohólicas y tabaco		
26	Bebidas no alcohólicas; aguas minerales embotelladas		
27	Fibras textiles, productos textiles y prendas de vestir	Textiles and Wearing Apparel	
28	Cuero y productos de cuero; calzado	Wood and Paper	
29	Madera y productos de madera, excepto muebles; artículos de corcho, paja y materiales transables		
30	Pasta de papel, papel y productos de papel		
31	Productos de la impresión		
32	Productos de horno de coque y productos de petróleo refinado y materiales radioactivos	Petroleum, Chemical and Non-Metallic Mineral Products	
33	Productos químicos		
34	Productos farmacéuticos, botánicos y sustancias químicas conexas		
35	Productos de caucho y productos plásticos		
36	Cemento, cal y yeso		
37	Otros productos minerales no metálicos		
38	Metales comunes	Metal Products	
39	Productos metálicos elaborados, y maquinaria y equipo	Electrical and Machinery	
40	Muebles	Wood and Paper	
41	Otros artículos manufacturados	Other Manufacturing	
42	Electricidad y agua	Electricity, Gas and Water	
43	Construcción y servicios de construcción	Construction	
44	Servicios de comercio, de reparación y mantenimiento de vehículos automotores y motocicletas	Transport Equipment	
45	Servicio de transporte, almacenamiento y servicios postales	Transport	
46	Servicios de distribución de electricidad, gas, agua por tubería y alcantarillado.	Electricity, Gas and Water	
47	Alojamiento; servicios de suministro de comidas y bebidas	Hotels and Restaurants	
48	Servicios de telecomunicaciones, noticias y servicios editoriales y de publicación	Post and Telecommunications	
49	Servicios financieros y servicios relacionados	Finacial Intermediation and Business Activities	
50	Servicios inmobiliarios		
51	Servicios jurídicos y contables	Wholesale Trade	Retail Trade
52	Servicios investigación, desarrollo y asesoramiento a las empresas		
53	Servicios de publicidad		
54	Servicios de alquiler y arrendamiento		

55	Servicios de apoyo a las empresas		
56	Servicios de reserva, operadores de viajes y servicios relacionados		
57	Servicios de agencias de seguridad y otros servicios de apoyo a las empresas		
58	Servicios agropecuarios, de explotación minera, de distribución de agua, gas y energía por comisión o por contrato; excepto silvicultura y pesca		
59	Servicios de mantenimiento, reparación e instalación de maquinaria y equipo	Maintenance and Repair	
60	Servicios de manufactura e insumos físicos que son propiedad de otros	Other Manufacturing	
61	Servicios de administración pública, otros servicios a la comunidad y de afiliación obligatoria.	Public Administration	
62	Servicios de educación	Education, Health and Other Services	Recycling
63	Servicios de salud humana y servicios sociales de asistencia		
64	Servicios de tratamiento, eliminación y disposición de desperdicios; servicios de saneamiento		
65	Servicios de esparcimiento y diversión		
66	Otros servicios comunitarios, sociales y personales		
67	Servicios de mantenimiento y reparación de enseres de uso personal, doméstico y computadoras	Private Households	Others & Re-export & Re-import
68	Otros servicios personales		
69	Servicios domésticos		

Fuente: elaboración propia

Además, se realizó la verificación de la consistencia de las emisiones por rubro, respecto a los datos presentados en los balances IEA. Ejemplo para 2014:

Rubros IEA	IEA mill. Ton.	%	EORA mill. Ton.	%	Diferencia
Generación de electricidad y calor	1.65	28.1%	1.37	23.2%	<b>4.9%</b>
Industrias manufactureras y construcción	0.7	11.9%	1.15	19.5%	<b>-7.6%</b>
Transporte	2.83	48.2%	3.32	56.3%	<b>-8.1%</b>
Otros	0.69	11.8%	0.06	1.0%	<b>10.8%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>5.87</b>	<b>1</b>	<b>5.90</b>	<b>1</b>	

Fuente: elaboración propia

Aunque se observan algunas discrepancias, hay coherencia en la distribución presentada por Eora. Sin embargo, merece reconocerse que las limitantes por la falta de información nacional repercuten en los resultados obtenidos, ya que una mayor desagregación y la incorporación de estadísticas nacionales directas permitirían obtener resultados más robustos, sin embargo, como primera aproximación a este tipo de estudios en el país, los datos obtenidos se convierten en una fuente mejorable pero utilizable el contexto nacional.