

Anexo

MATRIZ INSUMO PRODUCTO EXTENDIDA AMBIENTALMENTE (MIP-EA)

**CUENTA SATÉLITE DE
ECONOMÍA CIRCULAR**



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	PÁG 3
1. Metodología	PÁG 5
Fuentes de Datos	PÁG 6
Procesamiento	PÁG 6
Cálculo de la MIP-EA	PÁG 6
Encadenamientos y criterios de agrupación	PÁG 8
2. Resultados y análisis	PÁG 12
Conclusiones	PÁG 24
Bibliografía	PÁG 26

© DANE, 2022

Prohibida la reproducción total o parcial sin permiso o autorización del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Colombia.



INTRODUCCIÓN

Colombia mediante la Ley 1844 de 2017 aprueba el Acuerdo de París adoptado el 12 de diciembre de 2015, en París, Francia, el cual tiene como objetivo principal “reducir sustancialmente las emisiones de gases de efecto invernadero para limitar el aumento de la temperatura global en este siglo a 2°C y esforzarse para limitar este aumento a incluso más de tan solo el 1,5°C”. En este marco, mediante la última actualización de la Contribución Nacional Determinada, Colombia se compromete a reducir el 51% de las emisiones para el 2030 buscando la carbono-neutralidad a mediados del siglo.

De acuerdo con su misionalidad, el DANE aporta al cumplimiento de estos compromisos mediante la producción y difusión de estadísticas ambientales e información relacionada a emisiones atmosféricas sobre Gases de Efecto Invernadero - GEI y Gases Precursores de Ozono - GPO por medio de la Cuenta Ambiental y Económica de Flujos de Materiales - Emisiones al Aire - CAEFM-EA la cual tiene como objetivo medir bajo el marco conceptual del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica - SCAE, los flujos físicos de las emisiones de gases emitidas a la atmósfera, derivados del uso de combustibles fósiles y biomasa, durante el desarrollo de procesos de producción y consumo. Dicha cuenta, toma como fuente de información la Cuenta Ambiental y Económica de Flujos de Energía - CAE-FE.

La Matriz Insumo Producto es una herramienta que proporciona el Sistema de Cuentas Nacionales - SCN 2008, la cual describe el valor de las transacciones entre diferentes actividades de la economía, incluida la producción para las exportaciones, la formación de capital y el consumo final. Esta matriz permite calcular el valor agregado que cada actividad aporta al producto final de una economía. (Tukker et al., 2006).

Con base en la información generada en la CAE-FM-EA, se ha realizado la ampliación ambiental para emisiones de gases de efecto invernadero, de la Matriz insumo producto - MIP 2017, que tiene como propósito analizar problemáticas ambientales mediante comprensión de las externalidades generadas por las emisiones al aire, en las cadenas de valor de las diferentes actividades económicas; es una herramienta que contribuye a la toma de decisiones tanto públicas como privadas.

Generalidades de la Matriz Insumo Producto Extendida Ambientalmente

Basados en los principios contables, estructuras, reglas y conceptos del Sistema de Cuentas Nacionales SCN y del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica SCAE, la Matriz Insumo Producto permite realizar ampliaciones (o extensiones) para incorporar y analizar información concerniente con temas ambientales. Al ampliarse ambientalmente, esta matriz permite relacionar el ambiente con cada actividad económica, incluyendo y detallando temas como emisiones, uso de recursos primarios, uso de la tierra, entre otras relaciones ambientales, lo que constituye una herramienta para respaldar, basados en información técnica, la formulación, cumplimiento, evaluación y monitoreo de políticas económicas, ambientales y sociales; los requerimientos de información internacional, así como los compromisos internacionales firmados por el país de acuerdo con la información disponible.

Las tablas o matrices de insumo producto extendidas ambientalmente (en adelante MIP-EA), se basan en un marco contable integral que cubre todas las actividades económicas. La MIP-EA reúne datos económicos y ambientales en un marco sectorial relacionado y coherente, lo que permite analizar dichos datos a través de una gran variedad

de secciones transversales del sistema económico, como la perspectiva del producto o la perspectiva de la actividad económica. Si la MIP-EA y el sistema de recopilación de datos relacionados se configuran correctamente, pueden cumplir múltiples objetivos que probablemente reducirán en gran medida el esfuerzo en la recopilación de datos para el análisis, la evaluación de impacto y el monitoreo para una variedad de campos de política ambiental (Tukker et al., 2006).

La versatilidad de los análisis de la matriz insumo producto extendida ambientalmente permite ahondar en temas de huella ecológica, de carbono, agua, nitrógeno y biodiversidad / vida silvestre. Además, permite calcular impactos ambientales asociados con una actividad, así mismo calcular el impacto ambiental incorporado en los bienes comercializados entre naciones. Este enfoque puede rastrear los flujos de impactos incorporados en productos y servicios entre muchos sectores de la economía de manera simultánea (Kitzes 2013).

La MIP, refleja los encadenamientos económicos desde fines de la década de 1960, donde varios investigadores han ampliado el marco de insumo producto para dar cuenta de la generación y reducción de la contaminación ambiental asociada con la actividad interindustrial. Leontief (1970) aportó una de las claves metodológicas más representativas de ampliaciones las cuales se han venido aplicando desde entonces para este tipo de análisis relacionado a emisiones, como es el caso de China (Chang y Han, 2020, Sun et al.), México (Ruiz Nápoles, 2012; Chatellier y Sheinbaum, 2017), Chile (Gallardo y Mardones, 2013; Accorsi et al., 2016), Uruguay (Alcantara et al., 2014) Colombia (Hernandez, 2021), Argentina y Brasil (Ruiz Nápoles, 2014; Barreiro, De Santana y Perobelli, 2016) entre otros.

Según Tukker, Huppes, Oers, y Van, Heijungs (2006), la aplicación de la MIP-EA se puede utilizar como fuente principal de apoyo a las políticas públicas con el fin de analizar problemáticas ambientales, analizar la prospectiva de estas políticas, así como monitorear el efecto posterior de las políticas establecidas.

A continuación, se describe la metodología, los resultados y el análisis de la MIP-EA para emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Así mismo se incluye la explicación de la estructura y manejo de la Matriz de multiplicadores H, la cual es una herramienta que permite al usuario realizar simulaciones o proyecciones para analizar el impacto en las emisiones y la producción ante cambios en la demanda.

CAPÍTULO [01]

METODOLOGÍA

➔ 1. METODOLOGÍA

Fuentes de Datos

Para construir la Matriz Insumo Producto Extendida Ambientalmente se tomaron dos fuentes de datos: la Matriz Insumo Producto - MIP para el periodo de referencia 2017 y la Cuenta Satélite Ambiental y Económica de Flujo de Materiales - Emisiones al Aire - CAEFM-EA para el periodo de referencia 2017, ambas producidas por el DANE.

Procesamiento

A continuación, se describe cómo fue desagregada la información de la CAEFM-EA. Considerando que la MIP presenta información a 68 actividades económicas y la CAEFM-EA a 61, fue necesario adaptar la estructura de la CAEFM-EA a la MIP para una posterior integración y generación de una base de datos consolidada.

El proceso inicia realizando la desagregación de actividades económicas en la Cuenta Ambiental y Económica de Flujos de Energía - CAE-FE pasando de 61 a 68 actividades¹, las cuales previamente se han identificado en la MIP. Lo anterior, al ser esta cuenta la fuente principal de información de la CAEFM-EA.

Con la información desagregada de la CAE-FE que se utiliza para la elaboración de la

CAEFM-EA, se realiza el cálculo de emisiones únicamente para las actividades económicas que han requerido ser desagregadas para garantizar la coherencia con la MIP. Finalmente, se genera el cuadro oferta utilización de la CAEFM-EA con desagregación a 68 actividades económicas.

Cálculo de la MIP-EA

Para el cálculo de la Matriz Insumo Producto - Extendida Ambientalmente se utilizó como base la metodología de la MIP del DANE donde se especifica los multiplicadores económicos de la matriz inversa de Leontief y la matriz de Ghosh, que se consideran coeficientes que miden los efectos encadenados en la economía como consecuencia del incremento inicial en la producción de una actividad económica².

Así \mathbf{x}^{p*} es el vector de niveles de contaminación; por lo tanto, al agregar el modelo tradicional de Leontief, $\mathbf{x} = \mathbf{L}\mathbf{y}$ donde $\mathbf{L} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$, se puede calcular \mathbf{x}^{p*} en función de la demanda final, es decir, las emisiones totales de cada tipo de gas generada por la economía directa e indirectamente en relación a esa demanda final:

$$\mathbf{x}^{p*} = [\mathbf{D}^p \mathbf{L}] \mathbf{y}$$

Se puede ver la cantidad entre paréntesis como una matriz de coeficientes de impacto ambiental total; es decir, un elemento de esta matriz es el impacto total de las emisiones de GEI en Gg CO2Meq generada por miles de millones de pesos de demanda final satisfecha.

¹ Las siguientes son las actividades desagregadas y organizadas conforme a la estructura de la MIP: Extracción de petróleo crudo y gas natural; Actividades de apoyo para actividades de explotación de minas y canteras; Preparación, hilatura, tejeduría y acabado de productos textiles; Confección de prendas de vestir; Fabricación de papel, cartón y sus productos actividades de impresión; Fabricación de sustancias y productos químicos; Fabricación de productos farmacéuticos y sustancias químicas medicinales; Evacuación y tratamiento de aguas residuales; Recolección, tratamiento y disposición de desechos; Actividades de saneamiento ambiental y otros servicios de gestión de desechos; Alojamiento; Actividades de servicios de comidas y bebidas; Actividades de edición (libros, periódicos, otros), actividades cinematográficas, etc.; Telecomunicaciones; Actividades de servicios financieros de intermediación; Seguros, seguros sociales y fondos de pensiones excepto la seguridad social; Actividades auxiliares complementarias de las actividades de servicios financieros y de seguros; Educación, Actividades artísticas, de entretenimiento y recreación; Otras actividades de servicios.

² Metodología MIP DANE: <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/fichas/cuentas-nacionales/DSO-MIP-MET-001.pdf>



En cuanto a la generalización de impactos, el presente modelo permite la incorporación de matrices asimétricas y heterogéneas que generan como resultado una matriz de coeficientes individuales, para nuestro caso refleja mediciones de Gases Efecto Invernadero – GEI y Gases Precusores de Ozono – GPO³. Posteriormente, se incorporan los dos grupos de gases (GEI y GPO) por medio de la matriz G .

Se puede expandir de manera similar la matriz de coeficientes de impacto directo concatenando D con $(I - A)$; se definen estos nuevos coeficientes de impacto directo para ser

$$G = \begin{bmatrix} D \\ (I - A) \end{bmatrix}$$

En este caso también se puede escribir la expresión anterior para los impactos totales, $\mathbf{x}^* = D\mathbf{x}$, equivalente a $\mathbf{x}^* = [DL]\mathbf{f}$, donde, como antes para los coeficientes de emisiones solos, la cantidad entre paréntesis es la matriz de coeficientes de impacto total. Denotemos que entre paréntesis esta la cantidad por D^* de modo que podemos encontrar los niveles de generación de emisiones asociado a los datos:

$$\tilde{\mathbf{x}}^* = D^* \mathbf{f}$$

donde aquí se calcula \mathbf{x}^* en función de \mathbf{f} mientras que en $\mathbf{x}^* = D\mathbf{x}$ se calcula \mathbf{x}^* en función de \mathbf{x} . Finalmente, se incluye \mathbf{x} en nuestro vector de impactos totales. Esto se logra concatenando \mathbf{x} con el vector de impactos totales de la misma manera que se concatena \mathbf{x}^* con \mathbf{f} al construir $\tilde{\mathbf{x}}$; definimos un nuevo vector expandido de impactos totales para ser $\tilde{\mathbf{x}}$:

$$\tilde{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}^* \\ \mathbf{x} \end{bmatrix}$$

De manera similar, podemos expandir la matriz de coeficientes de impactos totales concatenando la inversa de Leontief con los coeficientes de impacto total; llamamos a los nuevos impactos totales expandidos matriz de coeficientes, H , tal que

$$H = \begin{bmatrix} D^* \\ L \end{bmatrix}$$

La matriz H determina los multiplicadores de impactos ambientales heterogéneos, es decir se explica tanto ambientalmente en términos de emisiones atmosféricas, como económicamente en miles de millones de pesos.

Ampliación por encadenamientos

Siguiendo a Miller y Blair (2009), el modelo clásico lo extendemos a través de

$$\mathbf{x} = (I - A)^{-1}\mathbf{y} = L\mathbf{y}$$

Si (α) se define como el vector $1 \times n$ de los coeficientes de intensidad de las emisiones directas de CO_{2eq} , que representan el volumen de las emisiones de CO_{2eq} por unidad de producción, el modelo estándar se puede generalizar como

$$\Gamma = \alpha\mathbf{x} = \alpha(I - A)^{-1}\mathbf{y} = \alpha L\mathbf{y}$$

donde Γ es el total de emisiones de CO_{2eq} (escalares) en la economía.

Por su parte, el modelo de Ghosh se puede representar como

³ Las matrices incluyen GEI dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) medidos en Gg de CO_{2eq}, y GPO contiene los coeficientes de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM), metano (CH₄), medido en Gg COVDM_{eq}, sin embargo, los resultados y análisis en este documento son netamente para GEI.

$$\mathbf{x}' = \mathbf{v}(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1} = \mathbf{vG}$$

donde \mathbf{x}' denota la transposición; $\mathbf{v}_{(1 \times n)}$ es un vector fila que representa el valor agregado; $\mathbf{B}_{(n \times n)}$ es la matriz de coeficientes de distribución nacional; y $\mathbf{G}_{(n \times n)}$ es la inversa de Ghosh cuyo elemento g_{ij} representa el aumento de la producción en la industria j debido a un aumento unitario en el insumo primario en la industria i . Para abordar las preocupaciones sobre las emisiones de $\text{CO}_{2\text{eq}}$, el modelo de Ghosh también se puede generalizar como:

$$\mathbf{\Gamma} = \mathbf{x}'\boldsymbol{\alpha}' = \mathbf{v}(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}\boldsymbol{\alpha}' = \mathbf{vG}\boldsymbol{\alpha}'$$

Con base en los modelos MIP generalizados descritos en las ecuaciones anteriores, el análisis de encadenamientos sobre las emisiones de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ se pueden realizar sucesivamente.

Las medidas normalizadas de los encadenamientos hacia atrás y hacia adelante en términos de producción (BL y FL, respectivamente), así como las emisiones de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ (BL_c y FL_c , por sus siglas en inglés respectivamente) se definen como

$$\text{BL}_c = \frac{\sum_{i=1}^N c_i l_{ij}}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N c_i l_{ij}}$$

$$\text{FL}_c = \frac{\sum_{i=1}^N g_{ij} c_j}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N g_{ij} c_j}$$

Encadenamientos y criterios de agrupación

El análisis de la Matriz Insumo Producto Ambientalmente Extendida se realiza a partir de los criterios de agrupación de los índices de Rasmussen, P. N. (1963) y Hirschman, A. O. (1958) los cuales permiten por medio de encadenamientos o eslabonamientos, caracterizar las actividades de la economía, donde para este documento se relaciona con las emisiones de gases de efecto invernadero. De acuerdo con la metodología hay dos tipos de encadenamientos: hacia atrás y hacia adelante.

Encadenamientos hacia atrás y hacia adelante

Los encadenamientos hacia atrás caracterizan la relación de una actividad económica con su cadena de suministro, y su interpretación refleja el subtotal de emisiones de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ en la economía generadas para satisfacer una unidad de demanda final para una actividad económica i .

Por su parte, los encadenamientos hacia adelante relacionan la interconexión de una actividad económica que ofrece un determinado producto para que sea demandado por otros sectores, y su interpretación refleja el subtotal de emisiones de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ en la economía, generadas para utilizar una unidad de insumos primarios por la actividad económica i .

⁴ Los trabajos de Rasmussen (1963) y Hirschman (1961), tomaron en cuenta las interrelaciones de la MIP para proponer diferentes cálculos con la idea de construir clasificaciones entre los sectores. Estos criterios están fundamentados en dos tipos de encadenamientos: i) Encadenamientos hacia atrás (backward linkages) y ii) Encadenamientos hacia adelante (forward linkages) (Hernández-Díaz, 2011).



Criterios de agrupación

Teniendo en cuenta que la ampliación ambiental de la Matriz Insumo Producto fue elaborada para emisiones de gases de efecto invernadero, se realizó una adaptación al modelo de clasificación sectorial de Rasmussen, P. N. (1963) y Hirschman, A. O. (1958), basado en el impacto de la generación de los gases de efecto invernadero, es así que en donde para las actividades que los autores denominan claves, para este estudio se denomina como actividades de mayor impacto. Por su parte para las actividades que los autores denominan como impulsados, para el presente documento se denominan sectores de impacto por demanda de actividades económicas. En cuanto a los sectores que los autores denominan como independientes, para este estudio se denominan sectores de menor impacto, y finalmente los sectores que los autores denominan impulsores, se entenderán en este documento como sectores de impacto por demanda final.

Imagen 1: Clasificación sectorial: adaptación del modelo de Rasmussen y Hirschmann. Efectos BL y FL

	BL < 1 (Atrás)	1	BL > 1 (Atrás)
FL > 1 (Adelante)	<p>2. Impacto por demanda de actividades económicas:</p> <p>Representa a las actividades económicas que generan mayores emisiones de GEI en encadenamiento hacia adelante que en los encadenamientos hacia atrás, es decir que son el total de emisiones generada por una unidad de insumos primarios en la actividad económica.</p>		<p>1. Mayor impacto:</p> <p>Representa las actividades económicas que generan emisiones de GEI por encima del promedio del conjunto de las actividades de la economía tanto en encadenamientos hacia adelante, como en encadenamientos hacia atrás.</p>
FL < 1 (Adelante)	<p>3. Menor impacto</p> <p>Representa las actividades económicas que generan emisiones de GEI por debajo del promedio del conjunto de las actividades de la economía tanto en encadenamientos hacia adelante, como en encadenamientos hacia atrás.</p>		<p>4. Impacto por demanda final:</p> <p>Representa a las actividades económicas que generan mayores emisiones de GEI en encadenamiento hacia atrás que en los encadenamientos hacia adelante, es decir que son el total de emisiones necesarios para satisfacer una unidad de demanda final hacia la actividad económica.</p>

Fuente: DANE. Cuentas nacionales

En la Imagen 1 se detalla la adaptación de la clasificación sectorial por medio de un plano cartesiano donde el eje x representa los encadenamientos hacia atrás y el eje y representa los encadenamientos hacia adelante. El plano cartesiano es dividido por ejes resaltados en el valor de 1, formando un cuadrante que permite hacer la clasificación sectorial de la siguiente manera:

1. Mayor impacto

Los resultados generados en el cuadrante superior derecho contienen las actividades económicas con mayor impacto, pues representan los encadenamientos tanto hacia atrás como hacia adelante, que generan emisiones de GEI por encima del promedio del conjunto de actividades de la economía. Es decir que sus cadenas de suministro generan cantidades significativas de GEI y al mismo tiempo aportan insumos a actividades que generan considerables emisiones atmosféricas.

2. Impacto por demanda de actividades económicas

Los resultados generados en el cuadrante superior izquierdo representan las actividades económicas que generan emisiones de GEI con encadenamientos hacia adelante, mayores que los encadenamientos hacia atrás. Esto indica que los encadenamientos hacia adelante superan al promedio del conjunto de actividades de la economía, mientras que los encadenamientos hacia atrás se encuentran por debajo del promedio.

3. Menor impacto

Los resultados generados en el cuadrante inferior izquierdo contienen las actividades

económicas con menor impacto, pues representan los encadenamientos tanto hacia atrás como hacia adelante, que generan emisiones de GEI por debajo del promedio del conjunto de actividades de la economía, es decir son actividades que en sus cadenas de suministro generan menores emisiones atmosféricas y así mismo aporta a actividades que también generan menores emisiones atmosféricas.

4. Impacto por demanda final

Los resultados generados en el cuadrante inferior derecho representan las actividades económicas que generan mayores emisiones de GEI para los encadenamientos hacia atrás que para los encadenamientos hacia adelante. Esto indica que los encadenamientos hacia atrás superan al promedio del conjunto de actividades de la economía mientras que los encadenamientos hacia adelante se encuentran por debajo del promedio.

Para el análisis se utiliza un diagrama de burbujas en donde cada punto ubicado en el plano cartesiano corresponde a una actividad en específico.

Guía de usuario: matriz de multiplicadores de la Matriz H

La metodología utilizada permite realizar análisis de forecasting⁵ y backasting⁶ en donde es posible realizar estimaciones haciendo cambios hipotéticos de los datos de la demanda basados en la Matriz H con el propósito de observar la generación de GEI por tipo de gas.

Junto con el presente documento, el DANE proporciona una matriz en Excel con los multiplicadores provenientes de la Matriz H con el propósito que el usuario tenga una herra-

⁵ Forecasting: El proceso de intentar predecir la condición futura de la economía. Esto implica el uso de modelos estadísticos que utilizan variables a veces llamadas indicadores (<https://unterm.un.org/>)

⁶ Backasting: este proceso intenta evaluar la viabilidad y los impactos de diferentes futuros, pues implica trabajar hacia atrás a partir de alguna idea de un futuro posible o deseable.



mienta donde pueda crear diferentes escenarios de acuerdo con sus intereses. Al crear escenarios, la herramienta permite no solamente mostrar la reacción en cadena que se genera en la economía, sino también detalla los cambios en el total de las emisiones de GIE por tipo de gas.

A continuación, se explican las columnas que incluye la matriz:

- Código: incluye los códigos de cada una de las actividades
- Actividad: describe las 68 actividades económicas
- Demanda a precios básicos: incluye el valor de la demanda a precios básicos de cada una de las actividades.
- Choque: en esta columna el usuario puede crear diferentes escenarios de acuerdo con sus intereses, incluyendo información de cambios en la demanda de la actividad que considere. Es posible hacer cambios a una sola actividad, como también a varias o a todas las actividades.
- Delta F: muestra el cambio en la demanda de acuerdo con el escenario que el usuario realiza para cada actividad económica.
- Total Emisiones / Total de la Producción: esta columna contiene dos tipos de información. En la parte superior en verde contiene el total de emisiones a nivel nacional de cada uno de los gases de GEI que son medidos por la CAEFM-EA. En la parte inferior en naranja se incluye el total de la producción para cada una de las actividades.
- Delta de producción: esta columna contiene dos tipos de información. En la parte superior en verde detalla el cambio que tuvo el total de emisiones a nivel nacional de acuerdo a los cambios realizados en la producción generados por el escenario que el usuario ha realizado. En la parte inferior en naranja se reflejan los cambios en la producción de cada una de las actividades.
- Efecto: esta columna contiene dos tipos de información. En la parte superior en verde refleja el efecto que produce en las emisiones de gases de efecto invernadero los cambios o escenarios realizados por el usuario. En la parte inferior, se refleja el efecto que el cambio genera en la economía de cada una de las actividades económicas.
- Tipo de Gas / Efecto en la economía: esta columna contiene dos tipos de información. En la parte superior detalla cada uno de los gases que son medidos por la Cuenta Satélite Ambiental junto a su unidad de medida. En la parte inferior se refleja el efecto en toda la economía en pesos colombianos.

A manera de ejemplo, en el presente documento se realiza un ejercicio hipotético donde se plantean diferentes escenarios con cambios en la producción para las actividades que se identificaron como de mayor impacto.

CAPÍTULO [02]

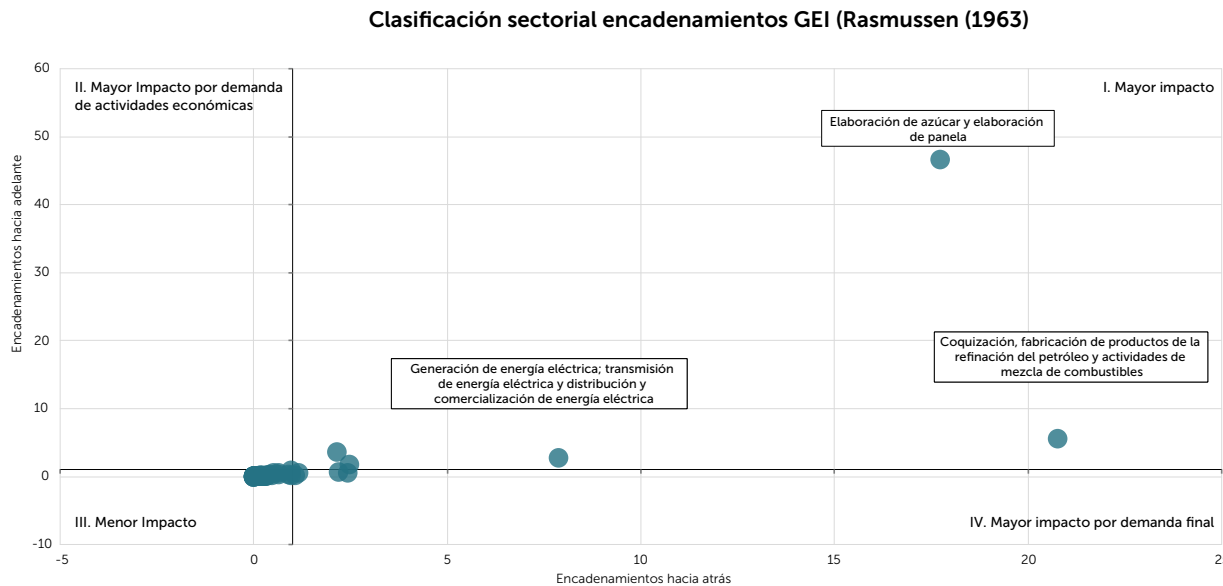
RESULTADOS Y ANÁLISIS



➔ 2. RESULTADOS Y ANÁLISIS

De acuerdo a los cálculos de los datos normalizados, se observa que de las 68 actividades económicas, 5 se encuentran en el cuadrante superior derecho (alto impacto en GEI) que corresponden a las siguientes actividades económicas: elaboración de azúcar y panela; coquización y fabricación de productos de la refinación del petróleo; generación de energía eléctrica; producción de gas y extracción de carbón de piedra y lignito. Estas actividades, al encontrarse localizados en el cuadrante superior derecho del gráfico, se consideran las actividades cuyos encadenamientos tanto para atrás como para adelante generan un mayor impacto en términos de generación de emisiones de gases de efecto invernadero.

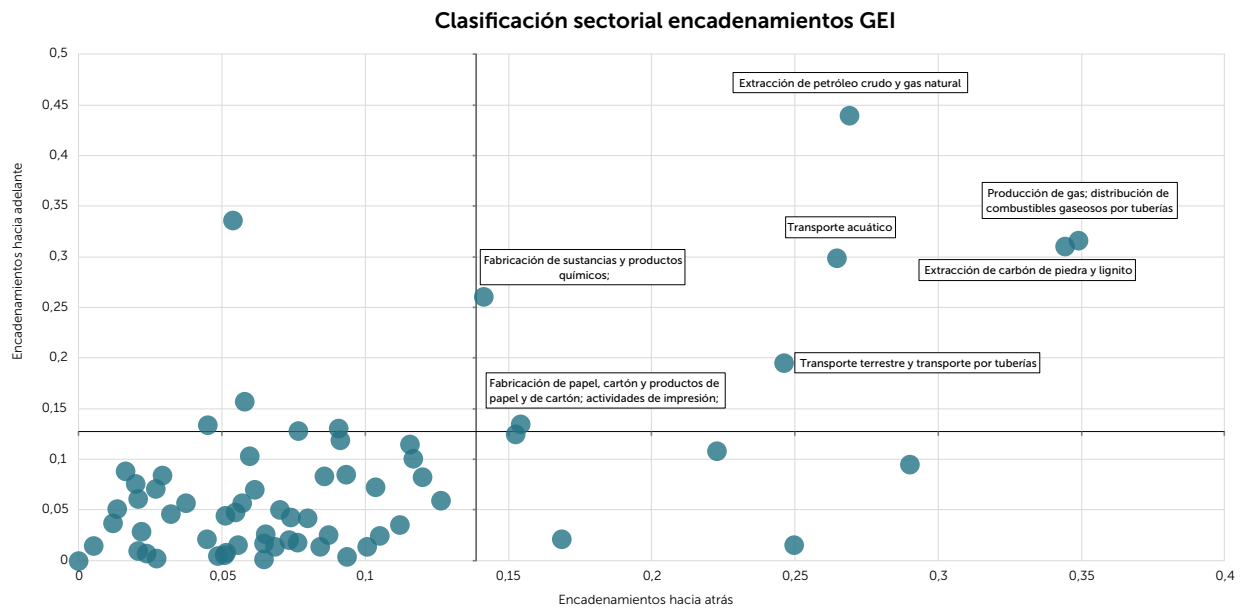
Gráfico 1: Análisis de encadenamientos de acuerdo con la clasificación sectorial de Rasmussen y Hirschmann



Fuente: DANE. Cuentas nacionales

En el gráfico 1 se observa que las actividades de elaboración de azúcar y panela; coquización y fabricación de productos de la refinación del petróleo; y generación de energía eléctrica registran valores atípicos que se encuentran distantes al promedio de la economía que para este desarrollo es 1. Esto indica que los encadenamientos de estas actividades, en comparación con las otras, son altos generadores de emisiones de GEI. Este comportamiento genera que en el gráfico 1 no se logre observar la distribución de las actividades económicas restantes dentro del plano cartesiano, razón por la cual se realiza un nuevo ejercicio presentado en el gráfico 2 sin normalizar (datos originales) que permite visualizar el efecto neto generado y que excluye las actividades anteriormente mencionadas cuyos encadenamientos generan altas emisiones.

Gráfico 2: Análisis de encadenamientos de acuerdo con la clasificación sectorial de Rasmussen y Hirschmann excluyendo las 3 actividades cuyos encadenamientos generan altas emisiones



Fuente: DANE. Cuentas nacionales

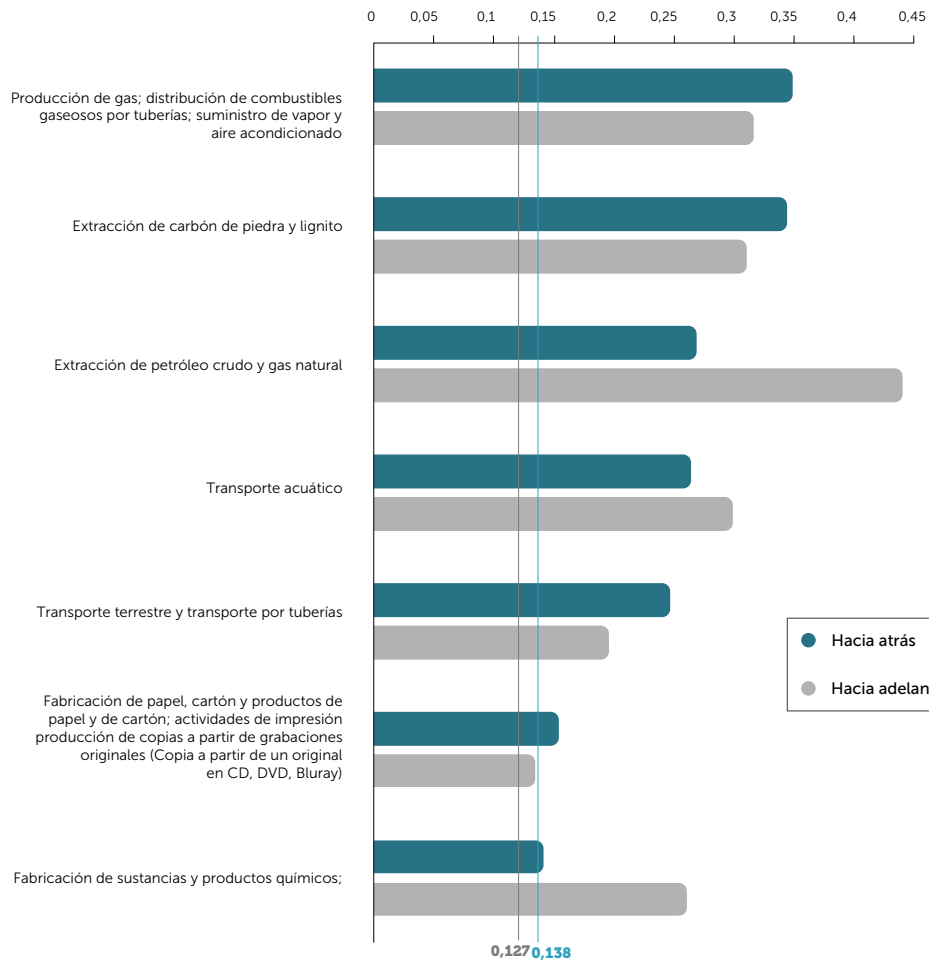
Esto hace que se generen nuevos promedios: 0,138 para encadenamientos hacia atrás (eje x) y 0,127 para encadenamientos hacia adelante (eje y) permitiendo así obtener una mejor distribución de las actividades dentro de cada uno de los cuadrantes del plano cartesiano de la siguiente manera:

Mayor impacto

Las actividades de mayor impacto resaltadas en el gráfico 2, donde los encadenamientos hacia atrás y hacia adelante generan emisiones de GEI superiores al promedio, corresponden a extracción de petróleo crudo y gas; producción de gas y su distribución por tuberías; extracción de carbón de piedra y lignito; transporte acuático; transporte terrestre y por tuberías; fabricación de productos químicos y fabricación de papel. En el gráfico 3 se discriminan las actividades cuyos encadenamientos hacia atrás y hacia adelante son superiores al promedio del total de los sectores económicos.



Gráfico 3: Encadenamientos hacia adelante y hacia atrás actividades de mayor impacto

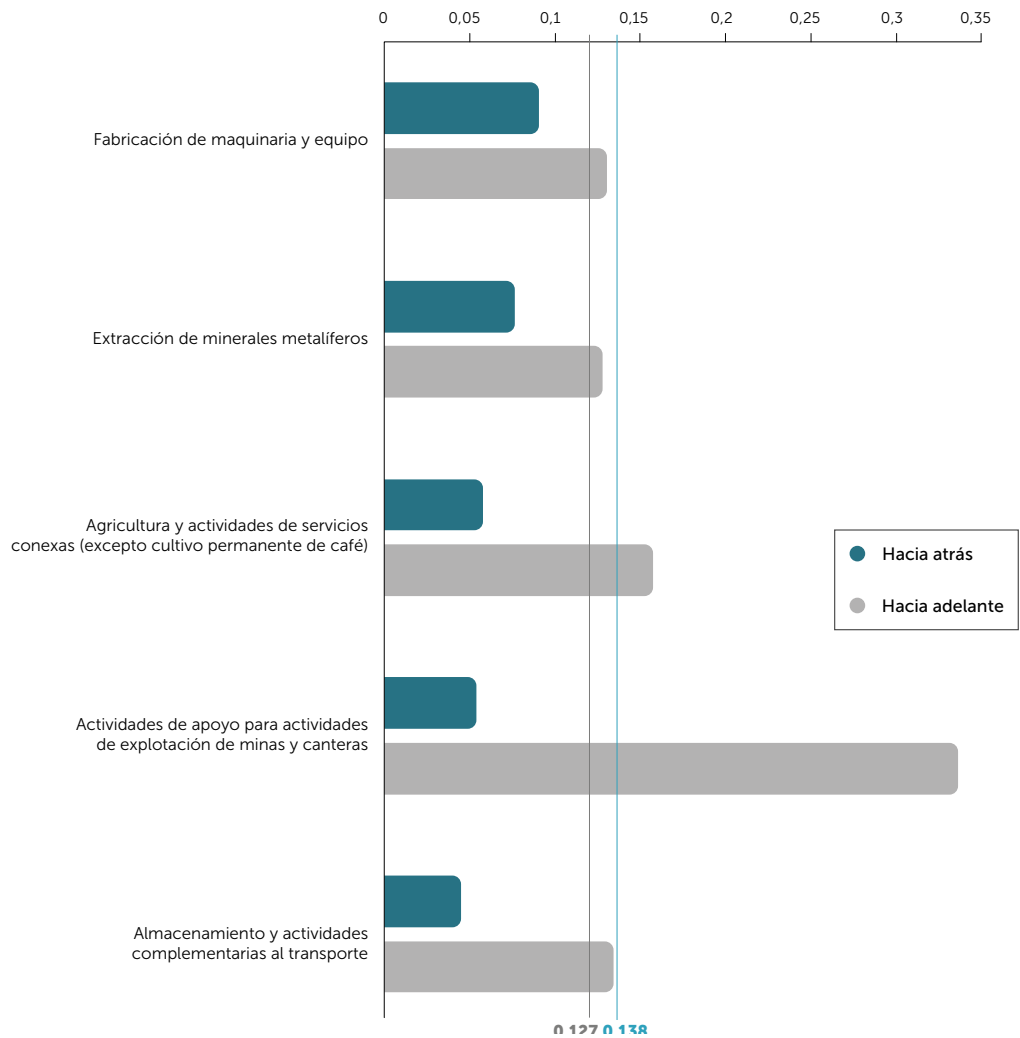


Fuente: DANE. Cuentas nacionales

Impacto por demanda de actividades económicas

Las actividades económicas que generan mayores emisiones de GEI para los encadenamientos hacia adelante que para sus encadenamientos hacia atrás, corresponden a almacenamiento y actividades complementarias al transporte; actividades de apoyo para explotación de minas y canteras; agricultura y actividades de servicios conexas; extracción de minerales metalíferos y fabricación de maquinaria y equipo. En el gráfico 4 se presentan las actividades cuyos encadenamientos hacia adelante son superiores al promedio y los encadenamientos hacia atrás son inferiores al promedio.

Gráfico 4: Encadenamientos hacia adelante y atrás impacto por demanda de actividades económicas



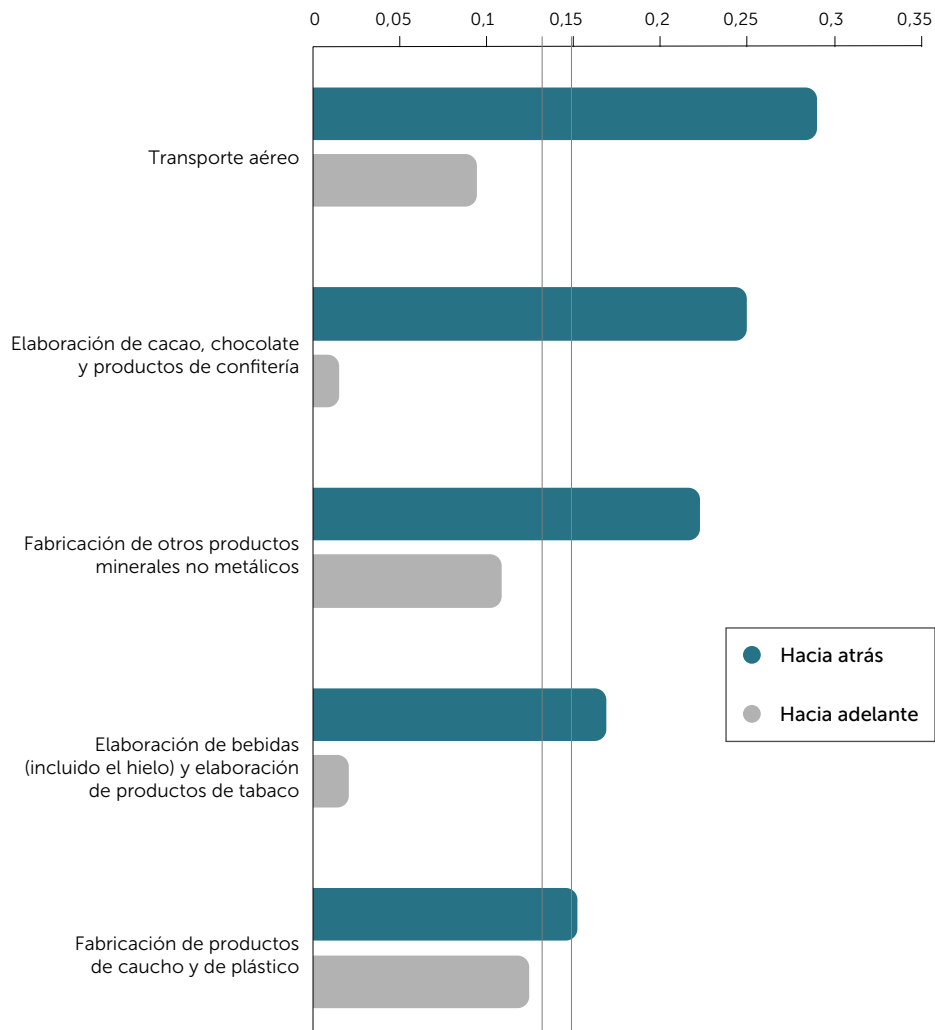
Fuente: DANE. Cuentas nacionales

Impacto por demanda final

Los sectores económicos que generan mayores emisiones de GEI para los encadenamientos hacia atrás que para los encadenamientos hacia adelante, corresponden a transporte aéreo; elaboración de cacao, chocolate y confitería, fabricación de otros productos minerales no metálicos, elaboración de bebidas y productos de tabaco; y fabricación de productos de caucho y plástico. En el gráfico 5 se presentan las actividades cuyos encadenamientos hacia atrás son superiores al promedio y los encadenamientos hacia adelante son inferiores al promedio.



Gráfico 5: Encadenamientos hacia adelante y atrás impacto por demanda final

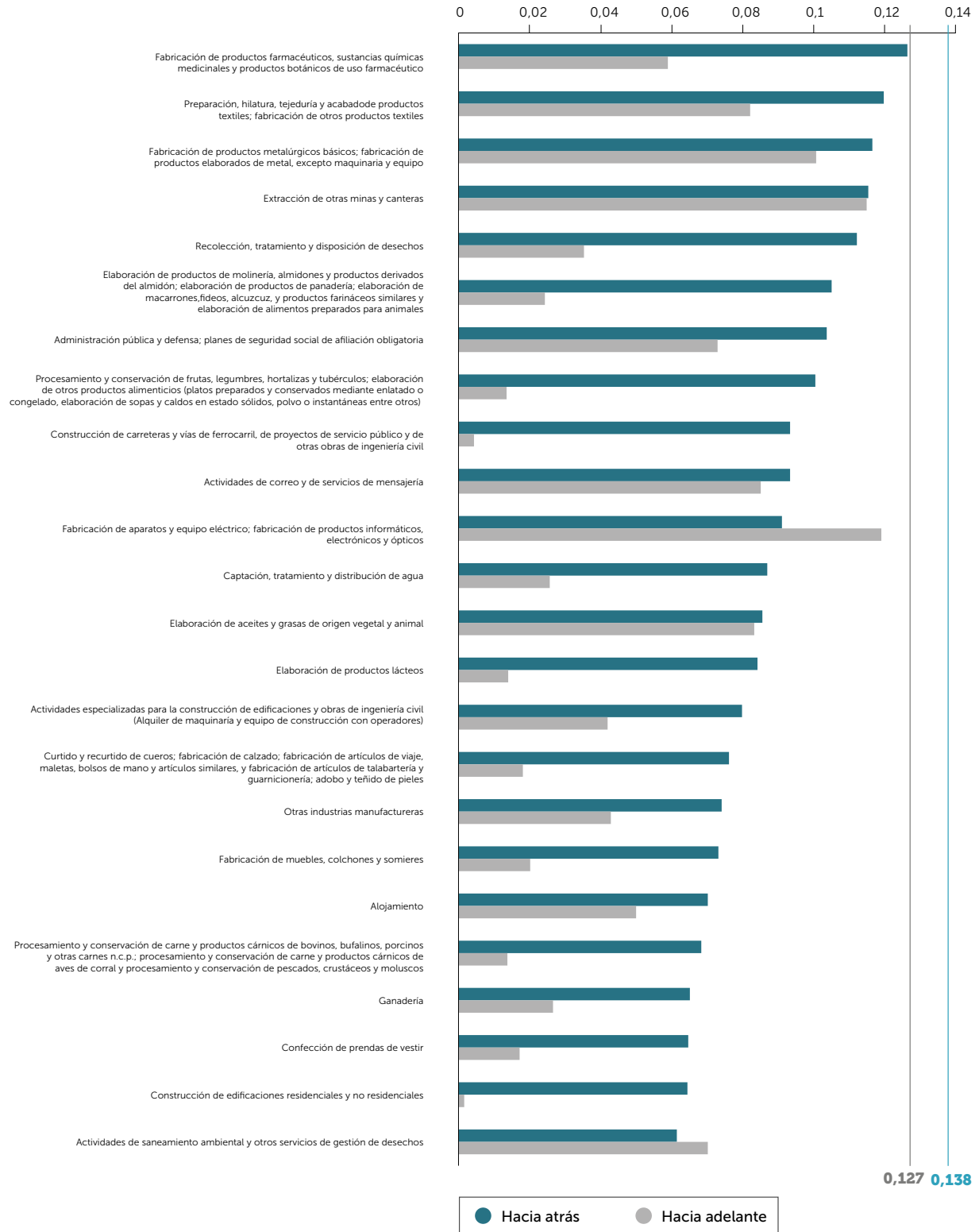


Fuente: DANE. Cuentas nacionales

Menor impacto

Los sectores de menor impacto, en donde los encadenamientos hacia atrás y hacia adelante generan emisiones de GEI inferiores al promedio (gráfico 6), corresponden al resto de los sectores económicos detallados en la siguiente gráfico:

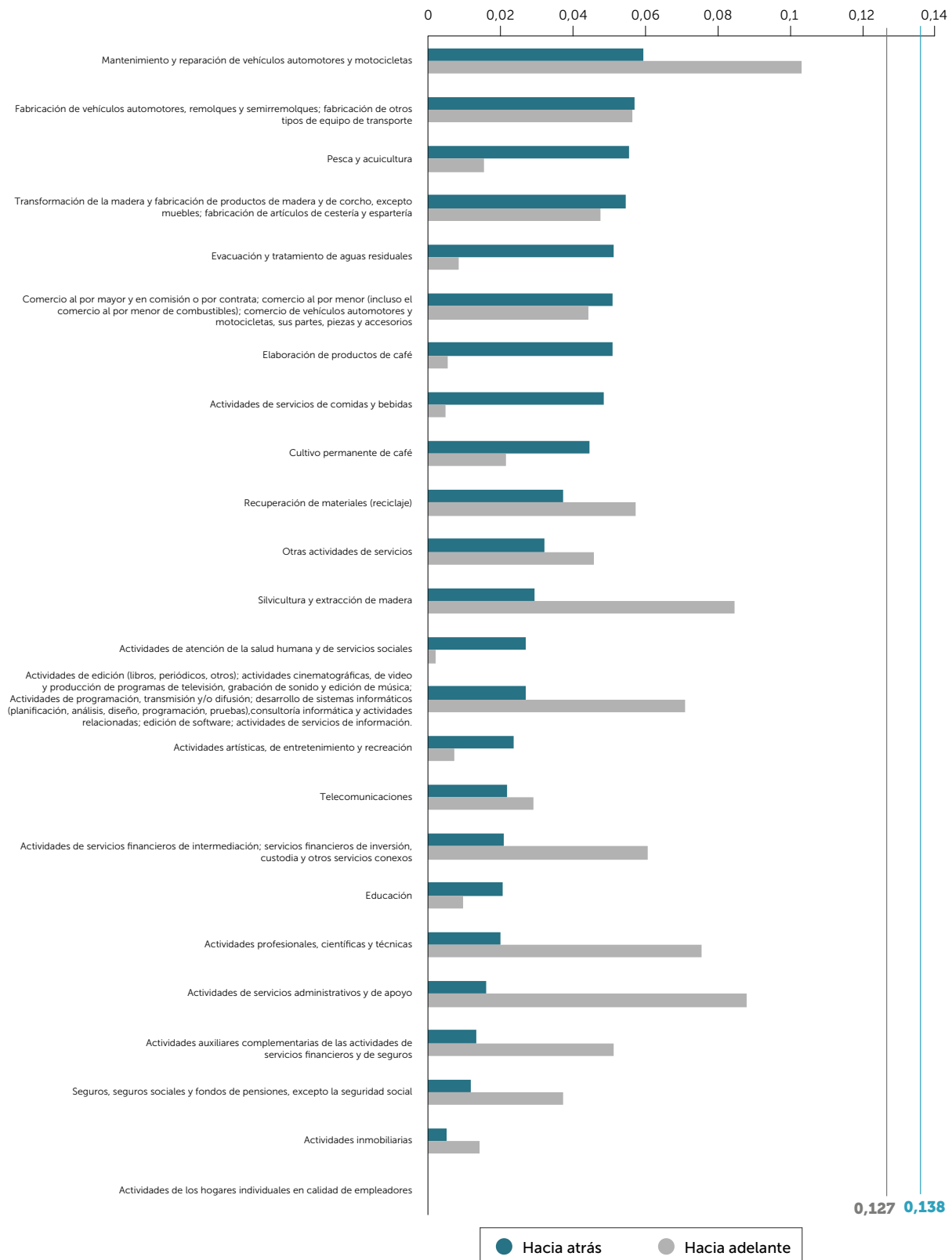
Gráfico 6: Encadenamientos hacia adelante y atrás impacto sectores de menor impacto



Fuente: DANE. Cuentas nacionales



Gráfico 6: Encadenamientos hacia adelante y atrás impacto sectores de menor impacto



Fuente: DANE. Cuentas nacionales

Resultados del análisis con base en la Matriz H

Con el propósito de complementar los análisis para las actividades de mayor impacto se utiliza la Matriz H como base para realizar ejercicios de Forcastig y Backasting. Los escenarios hipotéticos planteados en este ejercicio son los siguientes:

- **Escenario 1:** Sí disminuye la demanda de las actividades de mayor impacto en un 10% ¿Se reducirían las emisiones de gases de efecto invernadero?, ¿cómo afectaría esto a la economía?

- **Escenario 2:** Sí aumenta la demanda de las actividades de menor impacto en un 10% ¿aumentarían las emisiones de gases de efecto invernadero?, ¿cómo afectaría esto a la economía?
- **Escenario 3:** ¿Cómo se afectan la economía y las emisiones de GEI cuando hay cambios en la demanda de cada una de las actividades de mayor impacto?

Escenario 1

Para el primer escenario, en la matriz se realizó una disminución de la demanda a las actividades de mayor impacto en un 10% como se relaciona en la tabla 1:

Tabla 1: Escenario de disminución de la demanda final en un 10% de las actividades de mayor impacto

Actividad	Demanda final a precios básicos (en miles de millones de pesos)	Escenario de cambio en -10% (en miles de millones de pesos)	Demanda Final + Escenario de Cambio (en miles de millones de pesos)
Extracción de carbón de piedra y lignito	17528,5	-1752,9	15775,7
Extracción de petróleo crudo y gas natural	29024,6	-2902,5	26122,1
Elaboración de azúcar y elaboración de panela	4822,8	-482,3	4340,5
Fabricación de papel, cartón y sus productos	3935,3	-393,5	3541,7
Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo	8486,8	-848,7	7638,1
Fabricación de sustancias y productos químicos;	-656,5	65,7	-590,9
Generación de energía eléctrica; transmisión de energía eléctrica	13512,0	-1351,2	12160,8
Producción de gas; distribución de combustibles gaseosos por tuberías	3779,7	-378,0	3401,7
Transporte terrestre y transporte por tuberías	20744,6	-2074,5	18670,1
Transporte acuático	309,5	-31,0	278,6

Fuente: DANE. Cuentas nacionales



Por su parte en la tabla 2 se observa cómo el efecto de este cambio genera una disminución de GEI del 5% del total de las emisiones de GEI a la atmósfera, correspondientes a una disminución de 4,6% de Dióxido de Carbono, 8,5% de Metano, y 4,3% de Óxido Nitroso.

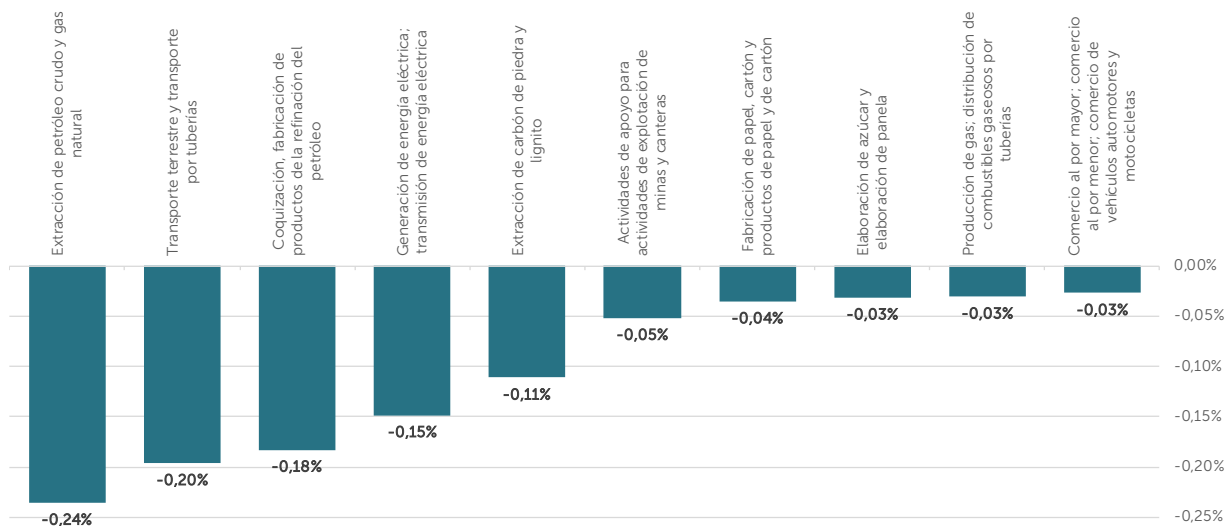
Tabla 2: Efectos de GEI en escenario de disminución de la demanda final en un 10% de las actividades de mayor impacto

GEI	Total emisiones (Gg de CO _{2eq})	Emisiones generadas por disminución en 10% de la demanda (Gg de CO _{2eq})	Efecto en emisiones por disminución en demanda (Gg de CO _{2eq})	Efecto en emisiones por disminución en demanda (%)
Dióxido de carbono (CO ₂)	78179,3	74586,3	-3593,0	-4,6%
Metano (CH ₄)	10253,4	9385,2	-868,1	-8,5%
Óxido nitroso (N ₂ O)	1548,7	1482,8	-65,9	-4,3%
TOTAL GEI	89981,4	85454,4	-4527,0	-5,0%

Fuente: DANE. Cuentas nacionales

En cuanto al impacto en la economía, este cambio generaría una disminución en la producción total de la economía 1,3% que corresponde a \$21.047 miles de millones. En el gráfico 7 se incluyen las 10 actividades económicas que tendrían mayor disminución en la producción.

Gráfico 7: Disminución de la producción en escenario de reducción de la demanda final en un 10% de las actividades de mayor impacto



Fuente: DANE. Cuentas nacionales

De acuerdo con el gráfico 7 las 5 actividades que tendrían mayor disminución en la producción serían: Extracción de petróleo crudo y gas natural; Transporte terrestre y transporte por tuberías; coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo; Generación de energía eléctrica, transmisión de energía eléctrica, extracción de carbón de piedra y lignito.

De acuerdo con lo anterior, en el caso de disminuir la demanda de las actividades con mayor impacto, en efecto se generaría una disminución de 5% en la generación de gases de efecto invernadero correspondiente a 4.527 Gg de CO_{2eq}, sin embargo, produciría una reducción del 1,3% de la producción que corresponde a \$21,047 miles de millones. Por el contrario, en caso de que aumentáramos la demanda de las actividades con mayor impacto en un 10%, si bien se generaría un incremento en la producción de \$21,047 miles

de millones, habría una generación de GEI de 4.527 Gg de CO_{2eq}. Lo anterior asegura que hay una relación directa entre la producción y la generación de GEI bajo las mismas condiciones tecnológicas y por tanto en el caso de desincentivar la demanda de estas actividades económicas, en efecto, disminuiría las emisiones de GEI, pero generaría una disminución en la producción en distintas actividades económicas.

Escenario 2

Para el segundo escenario, en la matriz se realizó un aumento de la demanda a las 48 actividades de menor impacto en un 10%. En la tabla 3 se observa cómo el efecto de este cambio genera un aumento de GEI del 4,3% del total de las emisiones de GEI, correspondiente a un aumento de de 4,7% de Dióxido de Carbono, 1,3% de Metano, y 5,1% de Óxido Nitroso.

Tabla 3: Efectos de GEI en escenario de aumento de la demanda final en un 10% de las actividades de menor impacto

GEI	Total emisiones (Gg de CO _{2eq})	Emisiones generadas por disminución en 10% de la demanda (Gg de CO _{2eq})	Efecto en emisiones por disminución en demanda (Gg de CO _{2eq})	Efecto en emisiones por disminución en demanda (%)
Dióxido de carbono (CO2)	78179,3	81857,5	3678,2	4,7%
Metano (CH4)	10253,4	10391,2	137,9	1,3%
Óxido nitroso (N2O)	1548,7	1627,2	78,5	5,1%
TOTAL GEI	89981,4	85454,4	3894,5	4,3%

Fuente: DANE. Cuentas nacionales

En cuanto al impacto en la economía total, el cambio planteado en el escenario 2 generaría un aumento en la producción de 8,3% que corresponde a \$132.462 miles de millones.

Escenario 3

En cuanto al tercer escenario, en la tabla 4 se detallan los resultados del ejercicio en el cual igualmente se ha planteado una disminución del 10% en la demanda para las actividades de mayor impacto por separado analizando el impacto en la producción total de la economía y en la generación total de emisiones de GEI.



Tabla 4: Efectos en GEI y en producción para escenario de disminución de la demanda final en un 10% de cada una de las actividades de mayor impacto para el total de la economía

Actividad	Efecto en emisiones de toda la economía por disminución en demanda de la actividad i (Gg de CO _{2eq})	Efecto en emisiones de toda la economía por disminución en demanda de la actividad i (%).	Efecto en la producción total de la economía por disminución en la demanda de la actividad i (Miles de millones \$).	Efecto en la producción total de la economía por disminución en la demanda de la actividad i (%).
Extracción de carbón de piedra y lignito	-603,4	-0,67%	2.623,1	-0,162%
Extracción de petróleo crudo y gas natural	-780,6	-0,87%	6.180,4	-0,382%
Elaboración de azúcar y elaboración de panela	-864,2	-0,96%	976,2	-0,060%
Fabricación de papel, cartón y productos de papel y de cartón;	-60,7	-0,07%	966,1	-0,060%
Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo	-884,2	-0,98%	2.482,4	-0,153%
Fabricación de sustancias y productos químicos;	9,3	0,01%	156,9	0,010%
Generación de energía eléctrica; transmisión de energía eléctrica	-692,3	-0,77%	2.952,6	-0,182%
Producción de gas; distribución de combustibles gaseosos por tuberías;	-131,9	-0,15%	800,5	-0,049%
Transporte terrestre y transporte por tuberías	-510,8	-0,57%	4.155,2	-0,257%
Transporte acuático	-8,2	-0,01%	67,3	-0,004%

Fuente: DANE. Cuentas nacionales

La tabla 4 nos permite observar que, bajo el escenario planteado, las actividades que generarían mayor disminución de GEI son coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo, seguido por elaboración de azúcar y panela, extracción de petróleo crudo y gas, generación de energía eléctrica y extracción de piedra y lignito.

Por su parte, las actividades que disminuyeron 10% su consumo y generan mayor disminución en la producción de toda la economía son extracción de petróleo crudo y gas, transporte terrestre y transporte por tuberías, Generación de energía eléctrica - transmisión de energía eléctrica, Extracción de carbón de piedra y lignito, y Coquización-fabricación de productos de la refinación del petróleo.

CONCLUSIONES



CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que el Sistema de Cuentas Nacionales permite realizar ampliaciones a la matriz insumo producto, el presente documento ha realizado una extensión ambiental para la temática de emisiones de gases de efecto invernadero mostrando el estado de los encadenamientos hacia atrás y hacia delante de las actividades económicas del país, basado en datos de 2017. Este análisis también puede ser considerado como una línea base que permitirá en un futuro realizar comparaciones en el comportamiento de los encadenamientos de acuerdo con cambios tecnológicos sectoriales, y/o la generación de políticas y estrategias tanto públicas como privadas.

En relación a esto, es importante tener en cuenta que el año base de la Matiz Insumo Producto Extendida Ambientalmente para emisiones de gases efecto invernadero es 2017 y por su parte la Política de crecimiento verde⁷, la Estrategia Nacional de Economía Circular⁸, la Ley de envases y empaques⁹, la ley de pérdidas y desperdicios de alimentos¹⁰, el CONPES 4004¹¹, la reglamentación de uso de aguas residuales en el país¹² y la actualización de la Política ambiental para la gestión integral de residuos peligrosos¹³,

fueron publicadas posterior a ese año. Esto resalta la importancia del presente ejercicio como herramienta de seguimiento a las políticas públicas del país y sus compromisos internacionales.

Los análisis de los encadenamientos en términos de emisiones de GEI tienen una alta importancia en la política pública, no solo en temas de cambio climático y calidad de aire, sino también en el desarrollo del modelo de la economía circular en el marco del principio de mantener los productos y materiales en su mayor utilidad y valor en todo momento.

El escenario hipotético desarrollado en este documento permite aducir que desincentivar el consumo de una actividad económica, si bien, genera una disminución en la generación de gases efecto invernadero, refleja una disminución en la producción. Esto debe incentivar a los hacedores de política y a los sectores económicos a la búsqueda de tecnologías que no solamente reduzcan las emisiones de gases efecto invernadero, sino que también generen aumentos en la demanda y la producción buscando así un crecimiento económico sostenible.

⁷ CONPES 3934 de 2018: Política de Crecimiento verde

⁸ Estrategia Nacional de Economía Circular 2018

⁹ Resolución 1407 de 2018: Ley de Envases y Empaques

¹⁰ Ley 1990 de 2019: Política contra la pérdida y desperdicio de alimentos

¹¹ CONPES 4004 de 2020: Economía circular en la gestión de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales

¹² Resolución 1256 del 2021: Reglamentación del uso de aguas residuales

¹³ Política ambiental para la gestión integral de residuos peligrosos y plan de acción 2022-2030 (2022)

BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOGRAFÍA

- Accorsi, S., López, R., y Sturia, G. (2016). Análisis sectorial de la huella de carbono para la economía chilena: un enfoque basado en la matriz insumo-producto (documento de trabajo núm. 431). Santiago de Chile: Departamento de Economía-Universidad de Chile.
- Alcántara, V., Padilla, E., y Piaggio, M. (2014). Economic structure and key sectors analysis of greenhouse gas emissions in Uruguay. *Economic Systems and Research*, 26(2), 155-176.
- Barreiro, K., De Santana, L., y Perobelli, F. (2016). Reducing Brazilian greenhouse gas emissions: Scenario simulations of targets and policies. *Economic Systems Research*, 28(4), 482-496
- Chang, N. (2015). Changing industrial structure to reduce carbon dioxide emissions: A Chinese application. *Journal of Cleaner Production*, 103, 40-48.
- Chatellier, D., y Sheinbaum, C. (2017). Assessing the impacts of final demand on CO₂eq emissions in the Mexican economy: An input-output analysis. *Energy and Power Engineering*, 9(1), 40-54.
- Folk, H. & Hannon, B. 1974. An energy, pollution, and employment policy model. *Energy: Demand, conservation, and institutional problems*. - Cambridge Mass: MIT Pr, ISBN 0-262-13091-2. - 1974, p. 159-173
- Forssell, O. and Polenske, K. 1998. Introduction: Input-Output and the Environment, *Economic Systems Research*, 10, issue 2, p. 91-97.
- Gallardo, A., y Mardones, C. (2013). Environmentally extended social accounting matrix for Chile. *Environment, Development and Sustainability*, 15(4), 1009-1127.
- Hernández-Díaz G. 2011. Matrices Insumo-Producto y Análisis de Multiplicadores: Una aplicación para Colombia. República de Colombia Departamento Nacional de Planeación Dirección de Estudios Económicos, serie Archivos de Economía DNP.
- Hirschman, A. O. (1958). *The strategy of economic development*. Yale University Press
- Jones, L. P. (1976). The measurement of Hirschmanian linkages. *The Quarterly Journal of Economics*, 90(2), 323-333.
- Just, James. 1974. "Impacts of New Energy Technology Using Generalized Input-Output Analysis," in Michael Macrakis (ed.), *Energy: Demand Conservation and Institutional Problems*. Cambridge, MA: MIT Press, pp. 113-128.
- Kitzes, Justin. 2013. "An Introduction to Environmentally-Extended Input-Output Analysis" *Resources* 2, no. 4: 489-503.

- Lange, Glenn-Marie. 1998. "Applying an Integrated Natural Resource Accounts and Input-Output Model to Development Planning in Indonesia," *Economic Systems Research*, 10, 113–134.
- Leontief, W. (1970), 'Environmental repercussions and the economic structure: an input-output approach', *Review of Economics and Statistics*, Vol. 52, No 3, pp. 262–271.
- Miller, R. E. & Blair, P. D. Blair. 2009. *Input-Output Analysis. Foundations and Extensions*. Second Edition. Cambridge, , GBR: Cambridge University Press.
- Qayum, Abdul. 1991. "A Reformulation of the Leontief Pollution Model," *Economic Systems Research*, 3, 428–430
- Rasmussen, P. N. (1963). *Relaciones intersectoriales*. Madrid: Aguilar
- Ruiz Nápoles, P. (2012). *Low Carbon Development Strategy for Mexico: An Input-Output Analysis (final report)*. PNUMA, AFD y Semarnat.
- Ruiz Nápoles, P. (2014). *Crecimiento bajo en carbono y adopción de tecnologías para la mitigación: Los casos de la Argentina y el Brasil (documento de proyecto)*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Schäfer, Dieter and Carsten Stahmer. 1989. "Input-Output Model for the Analysis for Environmental Protection Activities," *Economic Systems Research*, 1, 203–228.
- Sun, J.W., Chen, Z. G., Zhao, R. Q., Huang, X. J., & Lai, L. (2010). Research on carbon emission footprint of China based on input-output model. *China Population, Resources and Environment*, 20(5), 28–34.
- Tukker, A., Huppes, G., Oers, L. Van, Heijungs, R. (2006) *Environmentally extended input-output tables and models for Europe*, Institute for Prospective Studies; European Commission (DG JRC). Report Eur 22194, 116pp. ISBN: 92-79-01807-8.
- Wen, W., & Wang, Q. (2019). Identification of key sectors and key provinces at the view of CO2 reduction and economic growth in China: Linkage analyses based on the MRIOmodel. *Ecological Indicators*, 96, 1–15.
- Xu, D. (2011). Carbon productivity, industrial correlation and low-carbon economic structure adjustment: Empirical analysis based on input-output table in China. *Soft Science*, 25(3), 42–46+56.
- Yan, X., & Ge, J. (2017). The economy-carbon nexus in China: A multi-regional inputoutput analysis of the influence of sectoral and regional development. *Energies*, 10(1), 93. <https://doi.org/10.3390/en10010093>.

www.dane.gov.co



[/DANEColombia](https://www.facebook.com/DANEColombia)



[@DANEColombia](https://www.instagram.com/DANEColombia)



[@DANE_Colombia](https://twitter.com/DANE_Colombia)



[/DANEColombia](https://www.youtube.com/DANEColombia)