

Documento N° 558

ARCHIVOS DE ECONOMÍA

Construcción de un modelo insumo-producto regional para Colombia

Luis Felipe Quintero Gonzalez

luiquintero@dnpp.gov.co

Octubre de 2024

Resumen

Este trabajo presenta el proceso de construcción de un modelo insumo-producto regional para Colombia, a través de una metodología de coeficientes de localización y datos de cuentas nacionales y flujos regionales de carga. El modelo resultante cuenta con representaciones de los 32 departamentos y de Bogotá, en términos de 42 sectores para cada región. Respecto a versiones previas, se evidencia un crecimiento en el aporte del comercio interregional a los multiplicadores departamentales, particularmente en economías extractivas y en Bogotá y Santander. Sin embargo, las mayores economías departamentales siguen concentrando la producción nacional, los mayores niveles de encadenamientos y las participaciones destacadas en el comercio interregional. Mientras que Bolívar, Boyacá, Meta y Cauca continúan siendo nichos de la actividad económica para pequeños departamentos en su frontera geográfica.

Palabras clave: Economía regional, matriz insumo-producto, comercio interregional.

Clasificación JEL: C67, E23, R12, R15, R58

Abstract

This paper presents the process of building a regional input-output model for Colombia, using a methodology of location coefficients and data from national accounts and regional trade flows. The resulting model has representations of the 32 departments and Bogotá, in terms of 42 sectors for each region. Compared to previous versions, there is evidence of an increase in the contribution of interregional trade to departmental multipliers, particularly in the extractive economies and in Bogotá and Santander. However, the largest departmental economies continue to have a concentration of national production, the highest levels of linkages, and the largest shares of interregional trade. Meanwhile, Bolivar, Boyacá, Meta and Cauca continue to be niches of economic activity for small departments on their geographic border.

Keywords: Regional Economy; Input-Output Matrices; Inter-regional Trade.

JEL: C67, E23, R12, R15, R58

Introducción

Dadas las necesidades de herramientas cuantitativas para la caracterización de economías regionales y la evaluación de los impactos derivados de alternativas de política en Colombia. Este trabajo presenta una actualización del modelo insumo-producto regional para 2019, ya que ayuda a comprender, caracterizar y analizar a nivel departamental y/o nacional la estructura económica, así como la evaluación de distintas alternativas de política económica. Tal como se puede apreciar en los trabajos del Centro de Estudios Regionales del Banco de la República, el cual a través de Hans de Castro (2016), Bonet-Morón et al (2020), Riculli-Marín et al (2020) y otros, adaptó una metodología para la construcción y actualización de este tipo de modelos en el país, la cual ha utilizado para diversas caracterizaciones y estudios de naturaleza regional. Adicionalmente, los trabajos de Hernandez y Quintero (2020), Piraquive y Céspedes (2020), Quintero (2021) y Piraquive et al (2022), constituyen los esfuerzos de la Dirección de Estudios Económicos del DNP por construir una metodología propia para el desarrollo de dichos modelos, así como la realización de importantes caracterizaciones regionales y estudios sobre el impacto de distintas alternativas de política. Por lo cual, esta clase de herramienta es útil para una mejor comprensión de sus efectos económicos a través de la simulación de políticas, la evaluación de impactos y actualización de caracterizaciones departamentales.

Las oportunidades que este método ofrece para adaptar la información de cuentas nacionales a una estructura multirregional, es comparativamente superior a otros métodos. Esto gracias a su capacidad de representar el país a través de la desagregación de los datos macroeconómicos regionales, que ponen de relieve la heterogeneidad del territorio al momento de evaluar distintas clases de política económica. Adicionalmente, la construcción de matrices de insumo producto regional ayuda a tener más información acerca de la estructura económica de los departamentos, que ayuda a contrarrestar la limitación de datos a nivel departamental.

Existen diferentes opciones para la actualización y construcción para las matrices insumo – producto regional. Por ejemplo, Haddad et al (2016), presenta una metodología ajustada al contexto colombiano que utiliza una variación de la ecuación de gravedad, en conjunto con agregados macroeconómicos y una matriz insumo-producto nacional para regionalizar cada una de las variables necesarias. Así mismo, Miller Y Blair (2022), presentan una amplia variedad de metodologías para la construcción de este tipo de modelos, las cuales incluyen factores de ajuste, indicadores industriales, variables de distancia geográfica, valor agregado y otros. Debido a las amplias necesidades de datos que la mayoría de estas opciones requieren y que no son posibles de cumplir en el contexto nacional, este trabajo utiliza los factores de ajuste como medida para regionalizar las variables macroeconómicas de orden nacional¹.

Quintero (2021), a partir de una rigurosa revisión de la segunda edición de Miller y Blair, plantea una metodología de construcción para una matriz insumo – producto regional, que adapta al contexto colombiano medidas de factores de ajuste, valor agregado y flujos de comercio entre regiones. La tercera edición de Miller y Blair (2022), presenta nuevos indicadores con potencial de ser aplicados al contexto colombiano, como por ejemplo el método de regionalización ajustada por transporte cruzado, desarrollado por Kronenberg (2009), y ajustado por Lahr et al (2020). Lamentablemente, los sus insumos de datos para este método exceden la disponibilidad de información en el contexto colombiano, por ello, este trabajo sigue la metodología y fuentes de datos de Quintero (2021).

Este documento contará con 4 secciones adicionales a la presente introducción: i) la sección de datos dónde se expone la información disponible en el contexto colombiano para la actualización del modelo, así como las transformaciones requeridas por dicha información para su utilización, ii) la sección de metodología, que sigue a Quintero (2021), para adaptar la metodología de coeficientes de localización al contexto colombiano y construir la matriz insumo-producto regional, iii) la sección de resultados que presenta las características regionales y sectoriales

¹ Para ello se sigue la exposición del capítulo 10 Miller Y Blair (2022), en dónde se presentan los tipos de factores de ajuste, así como los pasos y datos necesarios para su construcción.

más destacadas en el modelo, así como evalúa su comportamiento respecto a otros trabajos como Quintero (2021) y Piraquive et al (2022), y iv) la sección de conclusiones, la cual agrupa las principales características diferenciales de esta actualización, así como sus coincidencias y oportunidades de análisis respecto a los trabajos anteriormente mencionados.

Datos y su transformación

Este trabajo seguirá la metodología para la construcción de una matriz insumo producto regional (MIOR), siguiendo la adaptación de los trabajos de Miller y Blair (2022) que realiza Quintero (2021), para el contexto colombiano. Como dicha metodología, al utilizar información de las cuentas nacionales, esta será la principal determinante del periodo temporal y la desagregación sectorial que presentará La MIOR desarrollada en este trabajo.

A partir de lo anterior, hay tres insumos necesarios a considerar, los cuales al momento de la construcción de la herramienta IO contaban con la siguiente disponibilidad:

- PIB sectorial departamental: Extraído del DANE con una desagregación de 12 sectores² y disponible hasta el año 2021.
- Matriz insumo – producto nacional: Elaborada por la DEE en trabajos como los de Hernández y Quintero (2023), se cuenta con disponibilidad de estas hasta el año 2021 bajo la metodología de cuentas nacionales 2015.
- Flujos departamentales de carga: Los cuales están desagregados en términos sectoriales y de productos, se utilizan como proxy para la desagregación del comercio interregional, se toman de bases de datos del ministerio de transporte y corresponden al año 2019.

Aunque los datos del PIB y para la construcción de matrices insumo - producto para 2021 se encuentran disponibles, es importante señalar que el choque económico del COVID 19 y su posterior efecto “rebote” de la economía no hacen muy confiable

² De acuerdo con las necesidades de los análisis departamentales para los cuales el modelo será empleado, se utilizó la versión 2015 del modelo para ampliar el vector de agrupación sectorial hasta los 42 sectores de desagregación, el detalle de dicha clasificación se encuentra en el anexo 1.

la utilización de estos datos para la construcción de la estructura económica regional. Para soslayar este problema, se consideró utilizar los datos para 2019 como referencia para la construcción de la MIOR.

Metodología

A continuación, se presenta el desarrollo metodológico de Quintero (2021), el cual se adapta a la disponibilidad de datos y sus necesidades transformación.

Relaciones fundamentales de una matriz IO

A partir de Miller y Blair (2022), se exponen las relaciones fundamentales de una matriz IO, para entender las bases del enfoque de Leontief y los coeficientes de localización.

Figura 1. Estructura de una Matriz IO

	S_i	S_j	S_h	Demanda Final	Producción
<i>Sector i</i>	$c_{i,i}$	$c_{i,j}$	$c_{i,h}$	d_i	x_i
<i>Sector j</i>	$c_{j,i}$	$c_{j,j}$	$c_{j,h}$	d_j	x_j
<i>Sector h</i>	$c_{h,i}$	$c_{h,j}$	$c_{h,h}$	d_h	x_h
Importaciones intermedias	m_i	m_j	m_h		
Valor Agregado	v_i	v_j	v_h		
Producción	x_i	x_j	x_h		

Adaptado de Miller y Blair 2022.

De la figura 1, se identifican dos relaciones para expresar la producción bruta. La primera es la suma de filas de una matriz IO, donde x es la producción bruta, C la oferta de consumo intermedio (suma de filas del consumo intermedio) y d la demanda final.

$$x = C + d \tag{1}$$

La segunda es la suma de columnas de una matriz IO, donde Cd es la demanda de consumo intermedio (suma columnas), m las importaciones intermedias y v el valor agregado.

$$x = Cd + m + v \quad (2)$$

Si dividimos el consumo intermedio entre la producción, podremos obtener los coeficientes técnicos de la matriz A , los cuales nos permiten conocer las transacciones de demanda de insumos en términos relativos a la producción bruta del sector demandante:

$$a_{i,j} = \frac{c_{ij}}{x_j} \quad (3)$$

De esta forma, (1) puede expresarse como:

$$x = C + d = Ax + d \quad (4)$$

donde A representa la matriz de coeficientes técnicos. La ecuación (4) es conocida como la ecuación elemental del enfoque de Leontief, y el proceso expuesto para llegar a ella corresponde a parte del mismo enfoque.

La figura 1 corresponde a la matriz insumo producto. Esta matriz, sigue el procedimiento de Leontief para obtener una matriz de coeficientes técnicos de índole nacional (A^n). A partir de los procesos de regionalización de la información, A^n se convierte en el principal referente de los supuestos de tecnologías de producción y dinámicas comerciales para cada una de las economías regionales.

Coeficientes de localización

A través de A^n y de vectores de producción sectorial en dimensiones nacional y regional, se construirán coeficientes técnicos para cada región. En adelante se designará con el supra índice r a la región puntual respecto a la cual se estén calculando datos, y con s al resto del país respecto a la región r . Por lo cual, el supra índice rr representará la dimensión intra regional de la producción y sr el coeficiente de importaciones de la región r .

Para este trabajo, x_i^r es la producción regional del sector i , e_i^r las exportaciones regionales del sector i y m_i^r las importaciones regionales del sector i .

Coefficientes de localización simples

$$LQ_i^r = \left(\frac{x_i^r/x^r}{x_i^n/x^n} \right) \quad (5)$$

donde, x^r es la producción bruta de todos los sectores de la región r , x_i^n la producción nacional bruta del sector i y x^n la producción nacional bruta de todos los sectores. El numerador, representa la proporción de la producción regional contribuida por el sector i , y el denominador, la proporción de la producción nacional contribuida por el sector i .

Si $LQ_i^r > 1$, la producción del sector i está más concentrada en la región r que, en el total del país. Por lo cual los coeficientes técnicos nacionales de la industria i , a_{ij}^n ($j = 1, 2, \dots, n$), se aplican a la región y el excedente en la producción de i será exportado al resto del país.

Por el contrario, si $LQ_i^r < 1$, la producción del sector i está menos concentrado en la región r que, en el total del país. Se considera por tanto que r no es capaz de satisfacer la demanda regional de su producción y sus coeficientes técnicos regionales a_{ij}^{rr} ($j = 1, 2, \dots, n$), son reducciones de los coeficientes nacionales a_{ij}^n , multiplicándolos por LQ_i^r .

A partir de lo anterior, cada i -ésima fila de A^{rr} será igual a

$$a_{ij}^{rr} = \begin{cases} (LQ_i^r)a_{ij}^n & \text{if } LQ_i^r < 1 \\ a_{ij}^n & \text{if } LQ_i^r \geq 1 \end{cases} \quad (6)$$

Si un sector no tiene presencia en la región r , su respectiva fila y columna en A^{rr} serán ceros. Lo que implica que la vocación exportadora o importadora de un sector regional, afectará el valor de sus coeficientes técnicos a_{ij}^{rr} con respecto a los nacionales a_{ij}^n .

Es factible que estos coeficientes sobreestimen la producción real en algunas industrias por defectos propios de la metodología de coeficientes de localización; por ello, los datos regionales de valor agregado (desagregados sectorialmente), se utilizan tanto como medida de ajuste para cada uno de los coeficientes técnicos ante

posibles sobreestimaciones, como para facilitar el cálculo del consumo intermedio vía columnas.

Inter regionalización de los coeficientes de localización

Para cada una de las regiones a ser calculadas, se asume que, si los requerimientos del bien i son satisfechos por la producción local, no habrá importaciones de i a dicha región, y en caso de excedentes en la misma, serán exportados al resto del país. Por su parte, si los requerimientos son mayores a la producción local del bien i , la región r realizará importaciones de dicho bien hasta que sacie sus necesidades.

Se utiliza (6) para estimar $A^{rr} = [a_{ij}^{rr}]$, o los coeficientes de localización para la dimensión intrarregional. Mientras que para encontrar los coeficientes técnicos de importaciones del resto de la economía a la región r , $A^{sr} = [a_{ij}^{sr}]$; complementaremos nuestro análisis con el uso de la medida de valor agregado para realizar un cálculo conjunto entre las importaciones de consumo intermedio (Cd^{sr}) y A^{sr} .

Ajuste vía valor agregado y cálculo del consumo intermedio

Con el objeto de ajustar los coeficientes técnicos y estimar el consumo intermedio sectorial para cada región, se utiliza el valor agregado regional de modo que afecte cada coeficiente técnico doméstico (a_{ij}^{rr}) y simultáneamente permita estimar el consumo intermedio doméstico (Cd^{rr}) para cada r de la siguiente manera:

$$cd_{i,j}^{rr} = a_{ij}^{rr} \left(\frac{x_j^n}{v_j^n v_j^r} \right) \quad (7)$$

Siendo v_j^n el valor agregado nacional del sector j y v_j^r su valor agregado regional, las propiedades de los coeficientes de localización sobre sus valores límites, permiten realizar el cálculo del consumo intermedio importado (Cd^{sr}), para cada región de la siguiente manera:

$$cd_{i,j}^{sr} = (a_{ij}^n - a_{ij}^{rr}) * \left(\frac{x_j^n}{v_j^n v_j^r} \right) \quad (8)$$

Este procedimiento, permite para cada r agrupar el comercio intermedio en términos de sus flujos de insumos con respecto al resto del país.

El método de coeficientes de localización no considera el transporte cruzado, es decir, la simultanea existencia de importaciones y exportaciones intermedias en el proceso productivo de cada *i*-ésimo sector. Por tanto, La utilización del vector origen destino de información nacional de carga además de agrupar nacionalmente las matrices departamentales, es un elemento valioso pues dota de esta característica las bases de datos departamentales.

Si bien es igualmente necesaria una base de datos que permitiera evidenciar la desagregación del comercio interregional de servicios (especialmente los que no se comercian por transporte de carga) y sus fenómenos de transporte cruzado, la no disponibilidad de esta nos lleva a distribuir su comercio utilizando los flujos de carga como proxy.

Los datos de consumo intermedio doméstico provistos por (7), los de consumo intermedio importado provistos por (8), en adición a distintas variables macroeconómicas (producción bruta, valor agregado y demanda final) regionalizadas a partir del peso relativo del PIB, permiten para cada departamento obtener una matriz IO de la siguiente forma.

Figura 2. Estructura de una Matriz IO departamental

		S_i	S_j	S_h	d	x
C. doméstico	<i>Sector i</i>	$cd_{i,i}^{rr}$	$cd_{i,j}^{rr}$	$cd_{i,h}^{rr}$	d_i^{rr}	x_i
	<i>Sector j</i>	$cd_{j,i}^{rr}$	$cd_{j,j}^{rr}$	$cd_{j,h}^{rr}$	d_j^{rr}	x_j
	<i>Sector h</i>	$cd_{h,i}^{rr}$	$cd_{h,j}^{rr}$	$cd_{h,h}^{rr}$	d_h^{rr}	x_h
C. resto del país	<i>Sector i</i>	$cd_{i,i}^{sr}$	$cd_{i,j}^{sr}$	$cd_{i,h}^{sr}$	d_i^{sr}	
	<i>Sector j</i>	$cd_{j,i}^{sr}$	$cd_{j,j}^{sr}$	$cd_{j,h}^{sr}$	d_j^{sr}	
	<i>Sector h</i>	$cd_{h,i}^{sr}$	$cd_{h,j}^{sr}$	$cd_{h,h}^{sr}$	d_h^{sr}	
C. resto del mundo	Importaciones inter	m_i	m_j	m_h		
	Valor Agregado	v_i	v_j	v_h		
	Producción	x_i	x_j	x_h		

Adaptado de Miller y Blair 2022.

A partir de estas matrices se desarrolla un proceso de desagregación de las importaciones nacionales de consumo intermedio, mediante el cual se dividen entre las 33 regiones que componen s de acuerdo con la información contenida en el vector origen destino de carga nacional.

De esta forma, se construye una matriz insumo producto regional con un consumo intermedio de 1386 x 1386 sectores departamentales, en donde el consumo intermedio doméstico de cada r conformará las matrices diagonales o el componente intrarregional de cada departamento, mientras que las importaciones intermedias conformarán para cada departamento sus respectivas columnas de demanda de insumos desde el resto del país.

Figura 3. Estructura de una matriz IO Regional

		R 1			R 2			R 3			D	X
		S_i	S_j	S_h	S_i	S_j	S_h	S_i	S_j	S_h		
R 1	Sector i	$c_{i,i}^1$	$c_{i,j}^1$	$c_{i,h}^1$	$c_{i,i}^{1,2}$	$c_{i,j}^{1,2}$	$c_{i,h}^{1,2}$	$c_{i,i}^{1,3}$	$c_{i,j}^{1,3}$	$c_{i,h}^{1,3}$	d_i^1	x_i^1
	Sector j	$c_{j,i}^1$	$c_{j,j}^1$	$c_{j,h}^1$	$c_{j,i}^{1,2}$	$c_{j,j}^{1,2}$	$c_{j,h}^{1,2}$	$c_{j,i}^{1,3}$	$c_{j,j}^{1,3}$	$c_{j,h}^{1,3}$	d_j^1	x_j^1
	Sector h	$c_{h,i}^1$	$c_{h,j}^1$	$c_{h,h}^1$	$c_{h,i}^{1,2}$	$c_{h,j}^{1,2}$	$c_{h,h}^{1,2}$	$c_{h,i}^{1,3}$	$c_{h,j}^{1,3}$	$c_{h,h}^{1,3}$	d_h^1	x_h^1
R 2	Sector i	$c_{i,i}^{2,1}$	$c_{i,j}^{2,1}$	$c_{i,h}^{2,1}$	$c_{i,i}^2$	$c_{i,j}^2$	$c_{i,h}^2$	$c_{i,i}^{2,3}$	$c_{i,j}^{2,3}$	$c_{i,h}^{2,3}$	d_i^2	x_i^2
	Sector j	$c_{j,i}^{2,1}$	$c_{j,j}^{2,1}$	$c_{j,h}^{2,1}$	$c_{j,i}^2$	$c_{j,j}^2$	$c_{j,h}^2$	$c_{j,i}^{2,3}$	$c_{j,j}^{2,3}$	$c_{j,h}^{2,3}$	d_j^2	x_j^2
	Sector h	$c_{h,i}^{2,1}$	$c_{h,j}^{2,1}$	$c_{h,h}^{2,1}$	$c_{h,i}^2$	$c_{h,j}^2$	$c_{h,h}^2$	$c_{h,i}^{2,3}$	$c_{h,j}^{2,3}$	$c_{h,h}^{2,3}$	d_h^2	x_h^2
R 3	Sector i	$c_{i,i}^{3,1}$	$c_{i,j}^{3,1}$	$c_{i,h}^{3,1}$	$c_{i,i}^{3,2}$	$c_{i,j}^{3,2}$	$c_{i,h}^{3,2}$	$c_{i,i}^3$	$c_{i,j}^3$	$c_{i,h}^3$	d_i^3	x_i^3
	Sector j	$c_{j,i}^{3,1}$	$c_{j,j}^{3,1}$	$c_{j,h}^{3,1}$	$c_{j,i}^{3,2}$	$c_{j,j}^{3,2}$	$c_{j,h}^{3,2}$	$c_{j,i}^3$	$c_{j,j}^3$	$c_{j,h}^3$	d_j^3	x_j^3
	Sector h	$c_{h,i}^{3,1}$	$c_{h,j}^{3,1}$	$c_{h,h}^{3,1}$	$c_{h,i}^{3,2}$	$c_{h,j}^{3,2}$	$c_{h,h}^{3,2}$	$c_{h,i}^3$	$c_{h,j}^3$	$c_{h,h}^3$	d_h^3	x_h^3
	M	m_i^1	m_j^1	m_h^1	m_i^2	m_j^2	m_h^2	m_i^3	m_j^3	m_h^3		
	V	v_i^1	v_j^1	v_h^1	v_i^2	v_j^2	v_h^2	v_i^3	v_j^3	v_h^3		
	X	x_i^1	x_j^1	x_h^1	x_i^2	x_j^2	x_h^2	x_i^3	x_j^3	x_h^3		

Adaptado de Miller y Blair 2022.

Inter regionalización del enfoque de Leontief

El enfoque de Leontief reinterpreta la suma de agregados macroeconómicos que dan origen a la producción bruta, puntualmente la expresada en (1). A través de esta interpretación y sus transformaciones, se posibilita la aplicación del análisis sectorial contemplado en este trabajo.

Recordando que (3) representa la composición de la matriz A . Esta se deriva de la división del consumo intermedio entre el valor de la producción bruta de su j -ésima columna. Por lo cual, mediante transformación matricial (4) se convertirá en:

$$x = (I - A)^{-1}d = Ld \quad (9)$$

Donde $L = (I - A)^{-1}$ se conoce como la matriz inversa de Leontief.

Con el objeto de adaptar (4) y (9) a un contexto multirregional, siguiendo a Miller y Blair se representarán sus elementos en un contexto de R regiones:

$$x = \begin{bmatrix} x^1 \\ \vdots \\ x^R \end{bmatrix}; A = \begin{bmatrix} A^{11} & \dots & A^{1R} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ A^{R1} & \dots & A^{RR} \end{bmatrix}; d = \begin{bmatrix} d^1 \\ \vdots \\ d^R \end{bmatrix}; y L = \begin{bmatrix} L^{11} & \dots & L^{1R} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ L^{R1} & \dots & L^{RR} \end{bmatrix} \quad (10)$$

A partir de esta representación, (9) podrá representarse como:

$$\begin{aligned} x^1 &= L^{11}d^1 + \dots + L^{1R}d^R \\ &\vdots \\ x^R &= L^{R1}d^1 + \dots + L^{RR}d^R \end{aligned} \quad (11)$$

Donde el vector de demanda final d , que se compone de consumo final, formación bruta de capital, y exportaciones al resto del país y al resto del mundo. Posee dentro de sus componentes tres posibilidades de procedencia: i) de la misma región, ii) del resto de regiones del país, y iii) del resto del mundo.

Dentro de la representación multirregional del modelo de Leontief se pueden evidenciar los siguientes tipos de medidas, que dan origen a análogos niveles de análisis: i) referente un departamento particular (r), ii) referente al "resto de la economía" (s) y iii) referente total de la economía nacional.

Los multiplicadores de producción pueden a partir de lo anterior, separarse en niveles intrarregionales (i), interregionales (ii) y nacionales (iii); y se extraen de la matriz inversa de Leontief a través la siguiente agrupación de sus columnas.

Para un sector departamental en particular, ante un aumento unitario exógeno en la demanda final de sus bienes y /o servicios:

- Intrarregional: la suma de la respectiva columna de la matriz L , acotada únicamente a las celdas de los distintos sectores pertenecientes a la región r ; permitirá conocer el impacto derivado en la producción de los bienes y/o servicios de toda la región r .
- Interregionales: la suma de la respectiva columna de la matriz L , acotada únicamente a las celdas de los sectores pertenecientes a la región s , permitirá conocer el impacto derivado en la producción de los bienes y/o servicios del resto del país.
- Nacionales: La suma de la totalidad de celdas de la respectiva columna de la matriz L , permitirá conocer el impacto derivado en la producción de bienes y/o servicios de todo el país.

Medidas de comercio interregional

Al adaptarse del análisis multirregional formulado por Aslam et al. (2017), se acoge su definición de cadenas de valor; por lo cual se entenderán para este trabajo como los procesos de producción de bienes en etapas, en los cuales intervienen al menos dos departamentos y en donde al menos uno de los mismos utiliza insumos importados en su proceso de transformación, a la vez que exporta parte del producto resultante. Este esquema al ser creado para un sistema IO internacional, se aplica para nuestro sistema utilizando las exportaciones al resto del país, en conjunto con transformaciones de la matriz de IO agregada, para calcular indicadores referentes al comercio interdepartamental a través de medidas de participación o posición en las cadenas nacionales de valor.

$$T = \begin{bmatrix} v_{1,1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & v_{1947,1947} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l_{1,1} & \cdots & l_{1,1947} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{1947,1} & \cdots & l_{1947,1947} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_{1,1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & e_{1947,1947} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Donde V es la inversa de la matriz resultante entre la resta de la matriz identidad (I) y la suma de columnas de (A). L es la matriz inversa de Leontief, E es el vector de exportaciones al resto del país y T es la matriz de Valor agregado.

Entendiendo las exportaciones al resto del país como: exportaciones a empresas de otros departamentos (bienes intermedios) más exportaciones a consumidores finales por fuera del departamento. A partir de T podemos obtener:

- Valor agregado extra departamental (FVA): suma de los bloques de la columna correspondiente a cada departamento, sin incluir los elementos de su diagonal.
- Valor agregado indirecto (DVX): suma de los bloques de la fila correspondiente a cada departamento, sin incluir los elementos de la diagonal.
- Valor agregado Doméstico (DVA): elementos de la diagonal de la matriz T correspondientes a cada departamento.

De donde se obtiene: i) participación hacia atrás, medida de los insumos importados que se usan para generar producción que se exportará a otros departamentos ii) participación hacia adelante, medida de las exportaciones de bienes que son utilizadas en su departamento de destino como insumo para la producción de bienes se exportarán a otros departamentos.

La participación en la cadena nacional de valor CVN, será igual a la suma de las anteriores medidas ponderada por el peso de las exportaciones de cada departamento, respecto al total nacional

$$CVN_{participación} = FVA + DVX * (e^r/E) \quad (13)$$

A su vez, la medida de posición en dichas cadenas para cada región se constituye en la relación logarítmica entre la participación hacia adelante y hacia atrás. Los departamentos con índices positivos aportan más valor agregado a las exportaciones de otros departamentos del que estos aportan a las suyas.

$$\ln(1 + DVX) - \ln(1 + FVA) \quad (14)$$

Resultados

Encadenamientos

A continuación, se presentarán distintas medidas de encadenamientos y multiplicadores que representan las características productivas más importantes de los distintos sectores regionales.

Para empezar, recordando clasificación de Hirschman (1961), los encadenamientos y multiplicadores permiten catalogar cada sector en términos de la capacidad de conexión e incidencia que ejerce sobre la economía a través de su oferta y demanda. Siendo BL la incidencia sectorial vía demanda de insumos intermedios y FL la incidencia sectorial vía oferta de insumos.

Tablas 8. Tipología de Hirschman

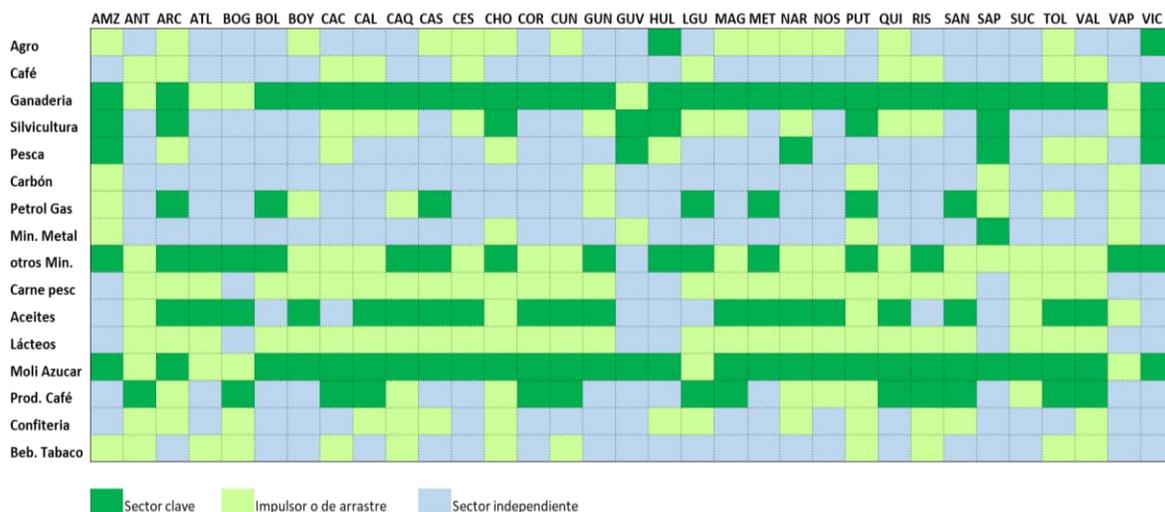
	FL < 1	FL > 1
BL > 1	Sector de arrastre (BL)	Sector clave (KS)
BL < 1	Sector Independiente (LL)	Sector Impulsor (FL)

Fuente: Adaptado de Hirschman (1961).

Clasificación sectorial por departamento

A continuación, se presenta la tipología sectorial para los multiplicadores de la producción derivados de (12) y calculados para cada uno de los 42 sectores presentes en las 33 economías regionales representadas en el modelo.

Gráfico 1. Tipología sectores primarios y agroindustriales.

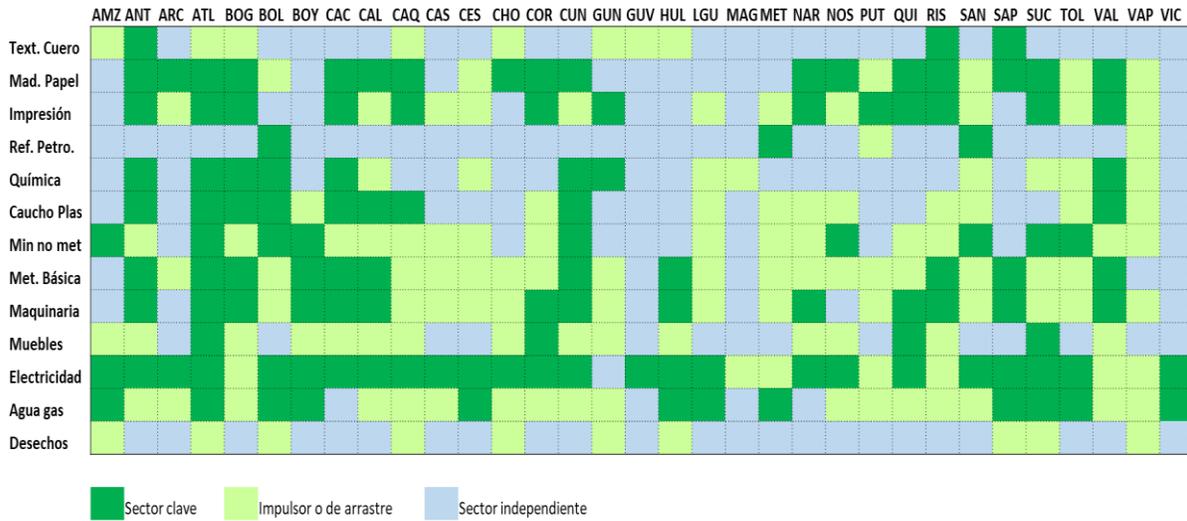


Fuente: Cálculos propios a partir de datos de DANE y Ministerio de transporte.

En términos generales, la mayor capacidad sectorial para impulsar la economía se concentra en el sector agroindustrial, particularmente en el sector de molinería y azúcar que es clave en la mayoría de los departamentos, esto es consistente con los hallazgos de Hernandez y Quintero (2021), Quintero (2021) y Piraquive et al (2022). Los sectores agroindustriales son importantes demandantes de insumo de productos primarios y algunos servicios, por ello están presentes de forma destacada en la mayoría de los departamentos y son una importante opción a la hora de diversificar la actividad productiva en la mayoría de las regiones del país. En este sentido es importante destacar como los sectores de aceites y productos de café son clave en varias regiones del país.

En términos de los sectores primarios vale la pena destacar el sector de ganadería es un sector clave en la mayoría de los departamentos del país, así como el sector petróleo y gas destacado en las regiones productoras y la extracción de minerales no metálicos clave en la mayoría de los departamentos de periferia.

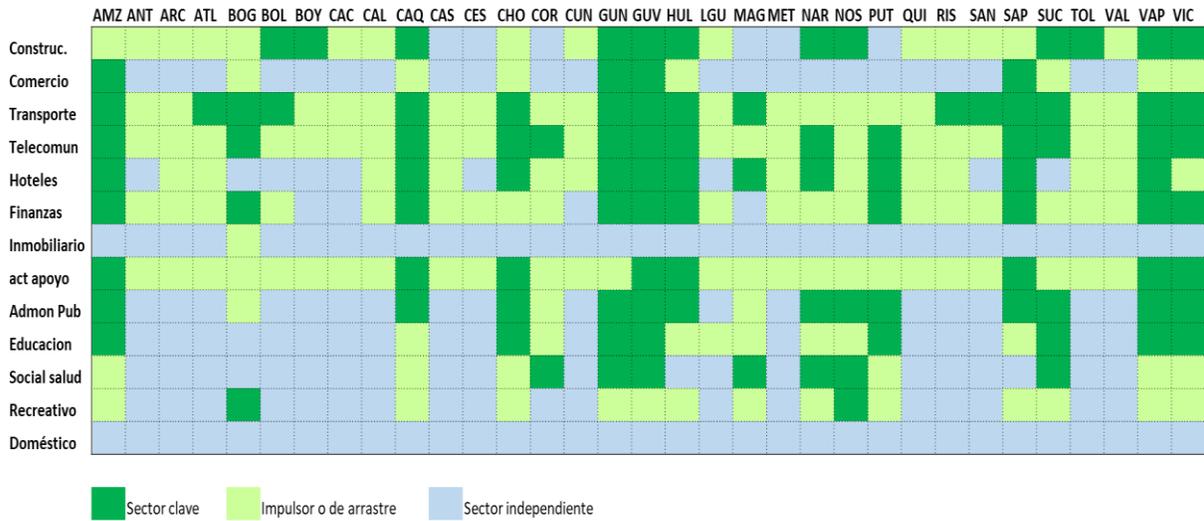
Gráfico 2. Tipología sectores manufactureros y de servicios público



Fuente: Cálculos propios a partir de datos de DANE y Ministerio de transporte.

En este rubro, se encuentran los sectores más destacados por su capacidad de incidencia en los aparatos productivos regional y nacional, en concordancia con los hallazgos de Hernandez y Quintero (2021), Quintero (2021) y Piraquive et al (2022). estas actividades productivas concentran el grueso de multiplicadores clave, alojados en servicios como la energía eléctrica (para la mayoría departamentos), o la industria (para los departamentos con economías más grandes). Vale la pena destacar el amplio número de sectores de arrastre en la actividad industrial, pues sus sectores demandan insumos productivos de sectores primarios y de servicios.

Gráfico 3. Tipología sectores de servicios



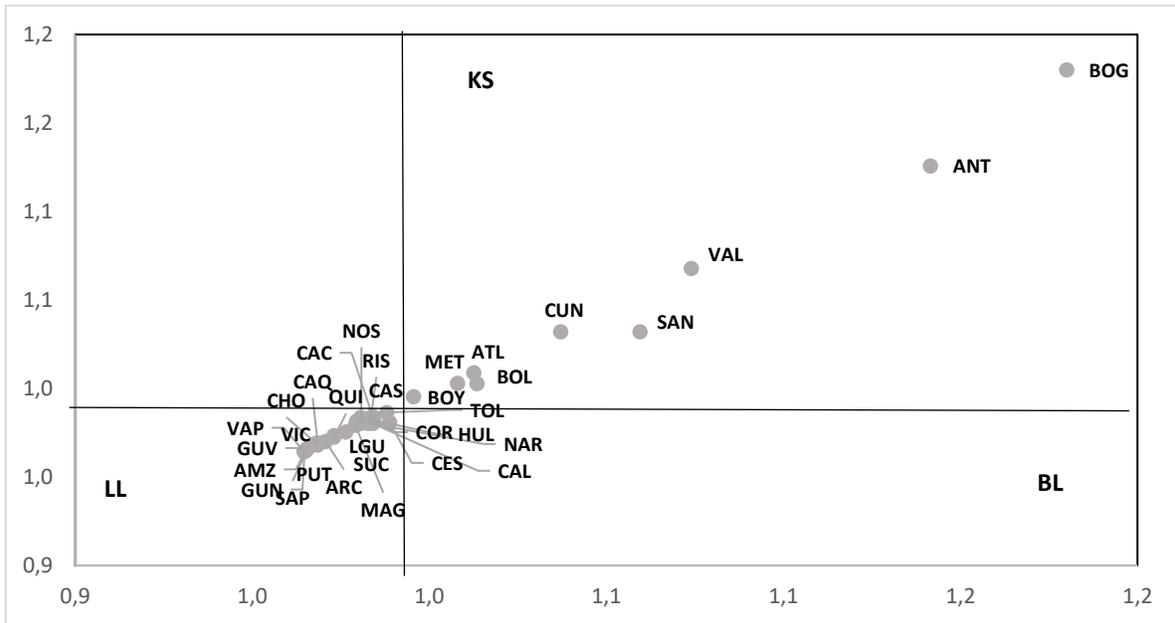
Fuente: Cálculos propios a partir de datos de DANE y Ministerio de transporte.

En estos sectores en concordancia con de Hernandez y Quintero (2020), Quintero (2021) y Piraquive et al (2022), se pueden identificar: i) los sectores son mayormente sectores impulsores pues proveen insumos a otras actividades productivas, salvo el caso de construcción que demanda materiales de otros sectores, ii) para los departamentos de periferia con economías de menor tamaño, el grueso de los sectores clave se concentra en los servicios, mayormente en los de apoyo estatal, pero también, para los departamentos productores de materias primas en los servicios complementarios a la actividad extractiva.

Clasificación de Hirschman aplicada al contexto departamental

A continuación, se presenta la clasificación de encadenamientos aplicada al total de las economías departamentales, esta nos permite evaluar en la importancia relativa de cada economía regional en el contexto nacional y para su estimación se siguen elementos de la metodología de semi extracción hipotética adaptada por Haddad et al (2020).

Gráfico 4. Tipología por departamentos



Fuente: Cálculos propios a partir de datos de DANE y Ministerio de transporte.

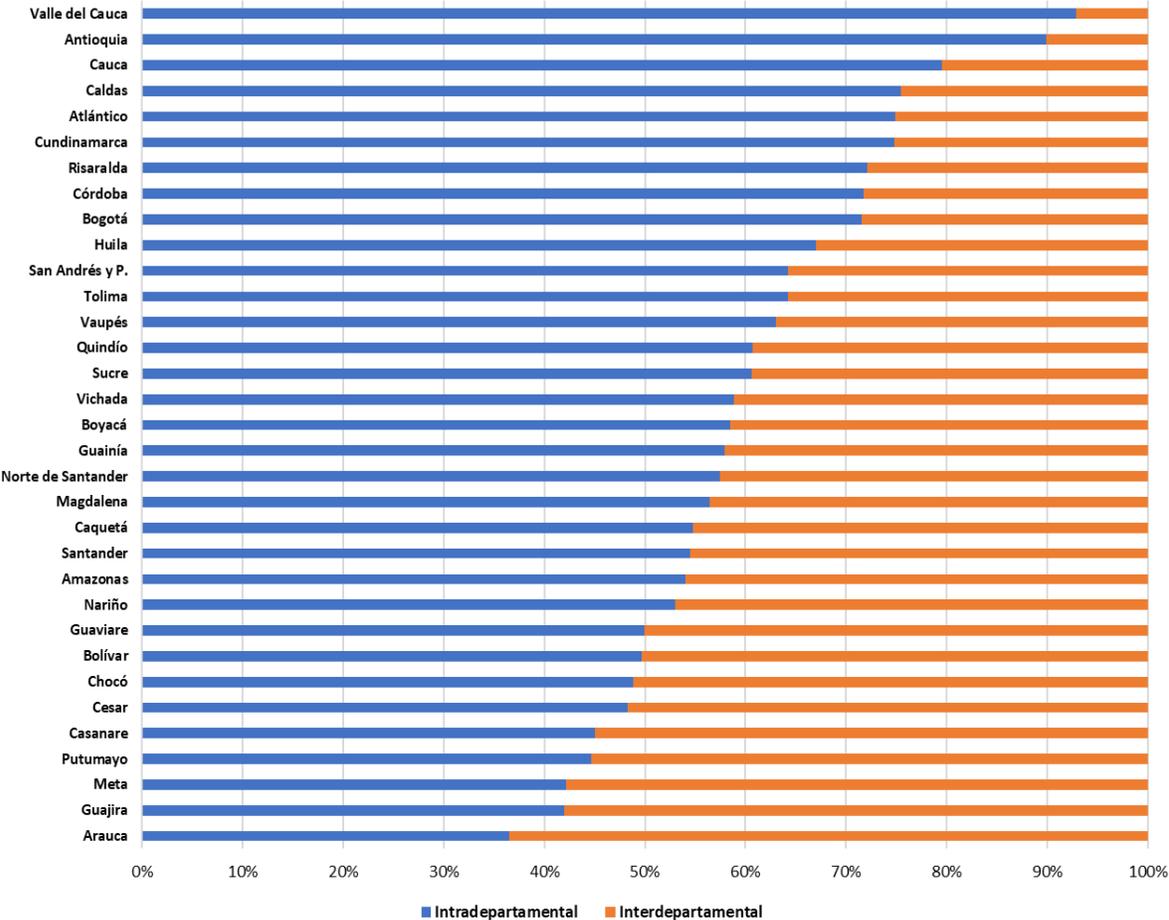
En términos de la incidencia regional sobre la economía nacional, los departamentos con economías más grandes también son clave para el aparato productivo nacional, los cuales son: Bogotá, Antioquia, Valle, Santander, Cundinamarca, Atlántico, Bolívar, Meta y Boyacá. Los departamentos de importancia media, por el tamaño de su PIB presentan como departamentos de arrastre o con capacidad de incentivo a través de su demanda, los cuales son: Tolima, Cauca, Nariño, Caldas, Huila, Magdalena, Cesar, Cauca, Córdoba y Casanare. Los demás departamentos que corresponden a economías pequeñas y regiones periféricas se constituyen en regiones con limitada influencia sobre la economía nacional.

Multiplicadores departamentales de la producción

A continuación, para profundizar conocer el impacto de cada uno de los departamentos sobre la economía se calcula los multiplicadores de la producción, derivada de (13), y descomponiendo los efectos entre intra e interregionales, es decir, el impacto dentro del departamento y el impacto de la economía departamental en otros departamentos.

El gráfico 5 permite profundizar sobre los efectos presentados en el gráfico 4. Particularmente tipificando la naturaleza de la influencia que cada departamento ejerce sobre la economía nacional a través de efectos intra e interdepartamentales. De esta forma, se aprecia que las grandes economías departamentales (regiones clave en el gráfico 4), ejercen influencia principalmente a partir del peso de su economía local (componente intradepartamental). Vale la pena destacar que pueden existir efectos contables, que por temas logísticos registren producciones en las sedes administrativas de sus empresas, usualmente ubicadas en los departamentos de mayor peso económico. Adicionalmente, vale la pena mencionar como Santander y Bogotá, presentan un importante crecimiento de la incidencia del comercio regional en su multiplicador productivo respecto a los resultados presentados en Piraquive et al (2022).

Gráfico 5. Tipos de influencia sobre la economía nacional



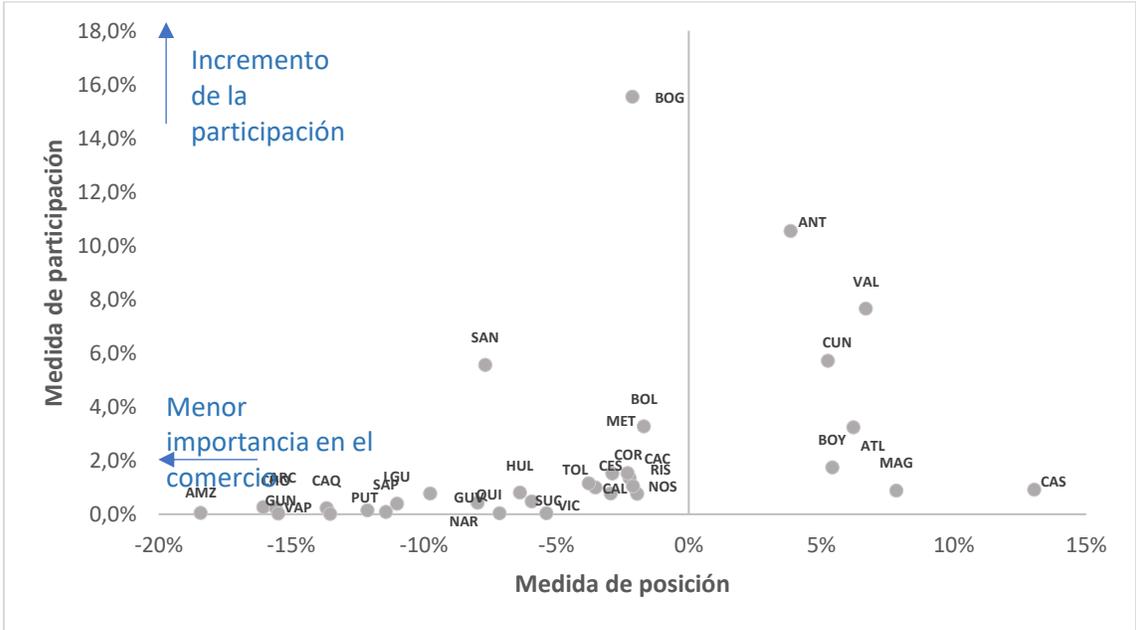
Fuente: Cálculos propios a partir de datos de DANE y Ministerio de transporte.

En termino de los departamentos con economías más pequeñas, se destaca la importancia del comercio en su multiplicador, en concordancia con sus características productivas, las cuales requieren un considerable volumen de importación y exportación de insumos con los grandes centros económicos, para poder ser llevados a cabo. Por otra parte, las regiones con mayor peso del comercio en su multiplicador son las regiones extractores de productos minero-energéticos, pues los flujos importación de insumos y exportación de productos que esta actividad requiere, configuran economías dependientes de bienes elaborados en otras regiones.

Cadenas locales de valor

Esta medida permite mostrar el componente interdepartamental del multiplicador de producción, es decir nos permiten caracterizar la participación de cada departamento en el comercio entre regiones. Este indicador evalúa como cada uno de los departamentos aporta a la construcción de cadenas de valor, las cuales hacen referencia a la elaboración de bienes en más de una región, es decir bienes producidos por etapas en los que intervienen al menos dos regiones.

Gráfico 6. Cadenas locales de valor



Fuente: Cálculos propios a partir de datos de DANE y Ministerio de transporte.

En el eje horizontal mide el tipo de participación en las cadenas de valor, ya sea como acreedor al poseer valores negativos (importa más de lo que exporta), o como proveedor si posee valores positivos (exporta más de lo que importa). En este sentido la mayoría de las grandes economías se comportan como proveedores de bienes, mientras que Santander, Bogotá (ambas con importantes cifras de exportaciones a otras regiones) y el resto de los departamentos como acreedores de bienes. El eje vertical muestra que tanto aporta cada departamento del total de sus exportaciones a la formación de cadenas de valor, en este rubro destacan las economías más grandes del país, a raíz del volumen de sus niveles productivos, por tanto, si bien observamos una educada participación en el comercio interregional para estos departamentos en el grafico 5, cuando los bienes se hacen más complejos (construyen cadenas), estos departamentos sobresalen a causa del peso relativo de sus economías.

Conclusiones

En la construcción de la nueva matriz interregional se observa que al actualizarla varios indicadores cambian con respecto a otros años, particularmente en la representación del comercio entre departamentos, el cual crece de manera importante respecto a las versiones anteriores del modelo. Ahora bien, estas se pueden deber a distintas razones, tanto económicas (cambio estructural, mejora en las estructuras de cotos, mayor comercio entre regiones, ...) o estadística (mejora en la recolección de los datos, cambios por las desagregaciones realizadas, ...). En el caso del comercio se identifica que los departamentos con economías más pequeñas, así como, de manera más fuerte las regiones dedicadas a la extracción de productos minero-energéticos poseen una mayor dependencia del componente interregional para su actividad productiva, a razón tanto de los limitados desarrollos en su estructura productiva local, como debido a las necesidades de productos e insumos provenientes de regiones con mayor desarrollo productivo.

Aún en las regiones con grandes economías, como Bogotá, se observa un importante crecimiento en el peso del comercio departamental en sus aparatos productivos, lo cual se origina a causa de una mejora en la base de datos de flujos

de carga, la cual permite una representación más correcta de las relaciones económicas entre regiones y por consiguiente un cálculo más apegado a la realidad de indicadores como los encadenamientos productivos y las medidas de cadenas de valor.

A pesar de lo anterior, las tendencias observadas a lo largo de las anteriores versiones de la matriz IO continúan prevaleciendo en la mayoría de las variables. Por ejemplo, los mayores encadenamientos y la principal actividad económica se concentran en las regiones de Bogotá, Antioquia, Valle, Santander, Cundinamarca y Atlántico. A su vez estas regiones en adición a otras como Boyacá, Meta y Bolívar se constituyen en nichos regionales que agrupan los procesos económicos y comerciales de los pequeños departamentos geográficamente cercanos.

Los departamentos, con un menor peso en la producción nacional, se comportan de forma similar a caracterizaciones anteriores poseen una estructura sin mayor desarrollo en la manufactura más allá de ciertos sectores agroindustriales; adicionalmente, los servicios juegan un papel clave al interior de estas economías al convertirse en los sectores clave de estas estructuras económicas. La actividad de este sector se concentra principalmente en los sectores relacionadas a la administración estatal, bienes públicos como la educación y la salud y la provisión de servicios públicos. Adicionalmente, la explotación de sectores extractivos crea un segundo patrón de comportamiento en las economías periféricas, el cual se caracteriza por una fuerte concentración de la producción en torno a un sector minero y el desarrollo en términos de producción y encadenamientos para de servicios complementarios a dicha actividad, como los servicios profesionales, el transporte, servicios inmobiliarios y otros.

Si bien la manufactura es la principal generadora de sectores clave en la economía nacional, el análisis regional del MIOR permite observar cómo únicamente su presencia se hace fuerte en los departamentos más ricos, esto en adición tendencias de encadenamientos nacionales y otras características observadas en trabajos como el de Piraquive et al (2022m), evidencia la concentración de las características económicas del país a partir de los rasgos en las regiones con

economías más complejas, en muchos casos obviando los rasgos descritos anteriormente para economías más pequeñas.

Referencias

- Abril, D., Melo, L., y Parra D. (2015). Heterogeneidad de los índices de producción sectoriales de la industria colombiana. Banco de la República, Borradores de Economía, No 888.
- Barbosa Naranjo, S. (2021). El cambio estructural y las exportaciones en la economía colombiana (2005 – 2015). Universidad de los Andes, Facultad de economía, CEDE.
- Bonet-Morón, J., Ricciulli-Marín, D., Pérez-Valbuena, G., Galvis, L., Haddad, E., Araújo, I., Perobelli, F. (2020). Regional Economic Impact of Covid-19 in Colombia: An Input–Output Approach. *Regional Science Policy and Practice*, 12 (6), 1123 – 1150. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12320>.
- Carranza, J. E. y Moreno, S. (2013). Tamaño y estructura vertical de la cadena de producción industrial colombiana desde 1990. Banco de la República, Borradores de Economía, No 751.
- Céspedes, E., Piraquive, G. (2020). Matrices insumo-producto en un análisis regional, aplicación: efectos de política económica frente al Covid 19. Departamento Nacional de Planeación, Archivos de Economía, No, 511. Recuperado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Economicos/511.pdf>
- Doan, H., & Trinh, L. (2019). Technical Change, Exports, and Employment Growth in China: A Structural Decomposition Analysis. *Asian Economic Papers*. 18. 28-46.
- Figueiredo, H., & Silva Oliveira, M. (2017). Structural changes in Brazilian industry (1995-2009). *CEPAL Review*. 2016.
- Haddad, E., Faria, W., Galvis-Aponte, L., Hahn-De-Castro, L., (2016). "[Matriz insumo-producto interregional para Colombia, 2012](#)," [Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana](#) 15140, Banco de la República, Economía Regional.
- Haddad, E., Fernandes, I. and Perobelli, F. (2020). Input–output analysis of Covid–19: Methodology for assessing the impacts of lockdown measures. NEREUS, Technical Report 01. Recuperado de: http://www.usp.br/nereus/wp-content/uploads/TD_Nereus_01_2020.pdf
- Hahn-de-Castro, L. (2016). Encadenamientos regionales en Colombia 2004-2012. *Revista de Economía del Rosario*, 19 (1), 29 – 56. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/economia/a.5240>.
- Hernández, G. y Quintero, L. F. (2021). Efectos económicos de los cierres por COVID-19: una perspectiva regional. *Cuadernos de Economía*, Vol. 40 (85), pp. 1113 – 1132.
- Hernández, G., Piraquive, G. y Quintero, L. F. (2022). Dinámica regional y perfiles sectorial de la actividad productiva. Departamento Nacional de Planeación, Archivos de economía, No 540.

- Hirschman, A. (1961). *La estrategia del desarrollo económico*. Ciudad de México, Fondo de Cultura Económica.
- Kronenberg, T. (2009). "Construction of Regional Input–Output Tables Using Non-survey Methods: The Role of Cross-Hauling," *International Regional Science Review*, 32, 40–64.
- Lahr, M. L., Ferreira J.P., and Többen, J. R. (2020). "Intraregional Trade Shares for Goods-Producing Industries: RPC Estimates Using EU Data," *Papers in Regional Science*, 99, 1583–1605.
- Miller, R., & Blair, P. (2022). *Input-Output Analysis: foundations and extensions* (3d ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Moreno, S. (2016). *Estructura vertical de la industria manufacturera colombiana entre 1990 - 2013*. Banco de la República, Borradores de Economía, No 925.
- Pompermayer, P. Amâncio S., Domenes I., and Sesso, U. (2020). Structural decomposition of variations of carbon dioxide emissions for the United States, the European Union and BRIC. *Journal of Cleaner Production*. Volume 252,
- Quintero, L. (2021). *Recuperación económica en Colombia, un enfoque sectorial de orden departamental*. Universidad Nacional de Colombia.
- Ricciulli-Marín, D., Bonet-Morón, J., Pérez-Valbuena, G., Haddad, E., Araújo, I., Perobelli, F. (2020). Diferencias regionales en el impacto económico del aislamiento preventivo por el COVID-19: estudio de caso para Colombia. Banco de la República, Economía Regional y Urbana, borrador No, 290. <https://doi.org/10.32468/dtseru.290>
- Sesso, U., Amâncio, S., Pompermayer, P. and Alves, P. (2021). Structural decomposition analysis on employment changes in selected countries. *International Journal of Development Research*, Vol. 11 (11), pp. 51723 – 51729.
- Többen, J. R., and Kronenberg, T.H. (2015). "Construction of Multi-Regional Input– Output Tables Using the CHARM Method," *Economic Systems Research*, 27, 487–507.
- Ueda, T., Kunimitsu, Y. (2020). Interregional price linkages of fossil-energy and food sectors: evidence from an international input–output analysis using the GTAP database. *Asia-Pac J Reg Sci* 4, 55–72.
- Vega, A. J. (2008). *Eslabonamientos productivos y cambio estructural en Colombia, 1990-2004*. CIFE, 106-124.
- Voskoboynikov, I.B. (2020). "Structural Change, Expanding Informality and Labor Productivity Growth in Russia," *Review of Income and Wealth*, International Association for Research in Income and Wealth, vol. 66(2), pages 394-417.

Anexo 1

Sectores

Código	descripción
A01	Agro
A02	café
A03	ganadería
A04	Silvicultura
A05	Pesca
B06	carbón
B07	petróleo-gas
B08	Minerales-metálicos
B09	Otros-minerales
C10	Carne-pescado
C11	Aceites
C12	Lácteos
C13	Molinería-azúcar-otros alimentos
C14	Productos-café
C15	confitería
C16	Bebidas-tabaco
C17	Textiles-prendas-cuero-calzado
C18	Madera-papel-cartón
C19	impresión
C20	Refinación-petróleo
C21	Química
C22	Caucho-plástico
C23	Minerales-no-metálicos
C24	Metalurgia-básica
C25	maquinaria-otra manufactura-reparación vehículos
C26	Muebles
D27	Energía-eléctrica
D28	Gas-agua
E29	Desechos-reciclaje
F30	Construcción
G31	Comercio
H32	Transporte
H33	Mensajería-edición-telecomunicaciones

I34	Hoteles-restaurantes
K35	Finanzas-seguros
L36	Inmobiliarios
M37	Actividades-profesionales-apoyo
O38	Administración-publica
P39	Educación
Q40	Servicios-sociales-salud
R41	Servicios-creativos
T42	Servicios-domésticos

Regiones

Acrónimo	Departamento
AMZ	Amazonas
ANT	Antioquia
ARC	Arauca
ATL	Atlántico
BOG	Bogotá
BOL	Bolívar
BOY	Boyacá
CAC	Cauca
CAL	Caldas
CAQ	Caquetá
CAS	Casanare
CES	Cesar
CHO	Chocó
COR	Córdoba
CUN	Cundinamarca
GUN	Guainía
GUV	Guaviare
HUL	Huila
LGJ	Guajira
MAG	Magdalena

MET	Meta
NAR	Nariño
NOS	Norte de Santander
PUT	Putumayo
QUI	Quindío
RIS	Risaralda
SAN	Santander
SAP	San Andrés y Providencia
SUC	Sucre
TOL	Tolima
VAL	Valle
VAP	Vaupés
VIC	Vichada
