



LAS EXPORTACIONES DEPARTAMENTALES COLOMBIANAS Y SUS DETERMINANTES A TRAVÉS DEL MODELO GRAVITACIONAL DE COMERCIO 2000-2021*

Willyam Cáceres Rodríguez**
Omaira Inés Agudelo Cely***
Ricardo Alonso Tejedor Estupiñán****

DOI: <https://doi.org/10.22395/seec.v29n66a5088>

Recibido: 7 febrero de 2025 – Aprobado 23 de junio de 2025

RESUMEN

El artículo explora la aplicación del modelo gravitacional de comercio para analizar los flujos de las exportaciones regionales de Colombia. La importancia del estudio radica en que aborda los determinantes de la oferta exportadora a través de variables diferentes a las utilizadas en estudios de esta naturaleza. Se utiliza la metodología de datos panel para analizar los flujos comerciales en el período señalado para 51 países. La principal técnica de estimación incluye un modelo de regresión agrupada, efectos fijos y efectos aleatorios, la cual proporciona información sobre diferentes aspectos de la dinámica del comercio. Los resultados indican que las exportaciones regionales dependen en forma positiva del Producto Interno Bruto (PIB) del país de destino (en dos de las cinco regiones dicha relación no se evidencia). Así mismo, tal como lo señala la ecuación de gravedad, la distancia influye negativamente en los volúmenes de comercio. En conclusión, los acuerdos comerciales parecen no tener un efecto positivo en las exportaciones, lo que sugiere ineficiencias en su aplicación.

PALABRAS CLAVE

Modelo gravitacional de comercio, tratado de libre comercio, acuerdo comercial regional, modelos de datos de panel, política comercial, estudios empíricos del comercio, Colombia.

CLASIFICACIÓN JEL

O4; C23; F13; F14; P48

* El artículo corresponde a los resultados de un proyecto de investigación denominado "Las exportaciones departamentales colombianas y sus determinantes a través del modelo gravitacional de comercio 2000-2021" y adscrito al grupo de investigación gedes de la Universidad Antonio Nariño.

** Economista. Magíster en ciencias económicas. Profesor asistente e investigador adscrito al grupo de investigación gedes de la Universidad Antonio Nariño. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: wcaceres@uan.edu.co
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1066-6028>

*** Economista. Especialista en administración pública. Profesora asistente e investigadora adscrita al grupo de investigación gedes de la Universidad Antonio Nariño. Bogotá, Colombia. Correo Electrónico: oagudelo@uan.edu.co
Orcid <https://orcid.org/0000-0002-7932-1629>

**** Economista. Magíster en economía. Profesor e Investigador adscrito al Grupo modeal de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (uptc). Tunja, Colombia. Contacto de correspondencia. Correo Electrónico: ricardo.tejedor@uptc.edu.co
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5877-846X>.

CONTENIDO

Introducción, 1. Revisión de la literatura, 2. La evidencia empírica a nivel internacional y nacional sobre el modelo gravitacional de comercio; 3. Comportamiento de las exportaciones regionales colombianas, 4. Metodología, 5. Resultados, 6. Conclusiones, Referencias.

COLOMBIAN EXPORTS PER DEPARTMENT AND THEIR DRIVERS THROUGH THE GRAVITY MODEL OF TRADE 2000-2021

ABSTRACT

This article explores the gravity model of trade to analyze the flows of Colombian regional exports. This study addresses the determinants of export supply using variables that differ from those commonly employed in this kind of studies. We use panel data methodology to examine trade flows in 51 countries. The main estimation technique includes a pooled regression model, fixed effects, and random effects, each providing insights into different aspects of trade dynamics. Findings suggest that regional exports depend positively on the Gross Domestic Product (GDP) of the destination country, although that relationship is not evident in two of the five regions. Likewise, as the gravity equation suggests, distance has a negative impact on trade volumes. As a conclusion, trade agreements do not appear to have a positive effect on exports, suggesting inefficiencies in their implementation.

KEYWORDS

Trade gravity model, free trade agreements, regional trade agreements, panel data models, trade policy, trade empirical studies, Colombia

CLASIFICACIÓN JEL

O4; C23; F13; F14; P48

CONTENTS

Introduction, 1. Literature review, 2. National and international level empirical evidence on trade gravity model; 3. Behavior of Colombian regional exports, 4. Method, 5. Results, 6. Conclusions, References.

AS EXPORTAÇÕES REGIONAIS COLOMBIANAS E SEUS DETERMINANTES POR MEIO DO MODELO GRAVITACIONAL DE COMÉRCIO 2000–2021

RESUMO

O artigo explora a aplicação do modelo gravitacional de comércio para analisar os fluxos das exportações regionais da Colômbia. A relevância do estudo reside em abordar os determinantes da oferta exportadora por meio de variáveis diferentes daquelas utilizadas em pesquisas dessa natureza. Utiliza-se a metodologia de dados em painel para analisar os fluxos comerciais no período indicado, abrangendo 51 países. A principal técnica de estimação incluem um modelo de regressão agrupada, de efeitos fixos e de efeitos aleatórios, que fornece informações sobre diferentes aspectos da dinâmica do comércio. Os resultados indicam que as exportações regionais dependem positivamente do Produto Interno Bruto (PIB) do país de destino (em duas das cinco regiões essa relação não se evidencia). Da mesma forma, conforme aponta a equação da gravidade, a distância influencia negativamente os volumes de comércio. Em conclusão, os acordos comerciais parecem não ter um efeito positivo sobre as exportações, o que sugere ineficiências em sua aplicação.

PALAVRAS-CHAVE

Modelo gravitacional de comércio; tratado de livre comércio; acordo comercial regional; modelos de dados em painel; política comercial; estudos empíricos do comércio; Colômbia.

CLASSIFICAÇÃO JEL

O4; C23; F13; F14; P48

CONTEÚDO

Introdução; 1. Revisão da literatura; 2. Evidência empírica em nível internacional e nacional sobre o modelo gravitacional de comércio; 3. Comportamento das exportações regionais colombianas; 4. Metodologia; 5. Resultados; 6. Conclusões; Referências.

INTRODUCCIÓN

En la literatura sobre el comercio internacional, los flujos de bienes entre países han sido bien estudiados a partir de la aplicación de modelos gravitacionales de comercio. Jan Tinbergen (1962) fue el primero en publicar en un texto denominado *Shaping The World Economy: Suggestions for an International Economic Policy*, un estudio empírico donde determinó los patrones de comercio mundial para una muestra de 42 países (tanto países desarrollados como en vías de desarrollo). Lo interesante de su estudio fue la implementación de la ecuación de gravedad de la física como instrumento para dicho fin.

La ecuación de gravedad implica que la atracción entre dos cuerpos es directamente proporcional a la masa de los mismos e inversamente proporcional a la distancia entre ellos. Haciendo analogía en el ámbito económico, la fuerza de atracción hace referencia al comercio bilateral (flujo de comercio) el cual es directamente proporcional a la masa; es decir, al Producto Interno Bruto con la población de dos países e inversamente proporcional a la distancia entre ellos.

Curiosamente, años después de que Tinbergen aplicara (en forma empírica) la ecuación gravitacional de comercio, Anderson (1979) sería el primero en especificar y argumentar los fundamentos teóricos bajo los cuales la ecuación de gravedad se aplica al comercio internacional de mercancías. Básicamente utilizó funciones de elasticidad de sustitución constante (CES, por sus siglas en inglés). Se encuentran también los trabajos de Bergstrand (1985) donde presenta un modelo de comercio mundial de equilibrio general del que se deriva una ecuación de gravedad y unos años después Bergstrand y Egger (2013), basándose en la analogía con la ley de gravitación de Newton, observaron que los flujos comerciales bilaterales agregados observados entre cualquier par de países i y j podían explicarse muy bien haciendo uso de métodos estadísticos mediante el producto (PIB) de los tamaños económicos de dos países dividido por la distancia entre los principales centros económicos de los mismos.

Por su parte, Krugman (1979) analizó un modelo simple de equilibrio general del comercio sin ventajas comparativas en el cual demuestra que el comercio está impulsado por economías de escala, que son internas a las empresas. Debido a las economías de escala, los mercados son imperfectamente competitivos. Anderson y Van Wincoop (2003) calcularon una función de gravedad teórica a partir de funciones de elasticidad de sustitución constante CES.

El objetivo del presente artículo es identificar los principales determinantes de los flujos de las exportaciones regionales de Colombia frente a una muestra de 51

países, a través del modelo gravitacional de comercio. Se aplicó modelaje econométrico bajo la metodología de datos panel, a través de efectos fijos y aleatorios. Se aplicó la prueba de Hausman para decidir el método más adecuado respecto a la consistencia de los estimadores. Se acepta la hipótesis de la ecuación de gravedad. La contribución del estudio a la literatura existente consiste en analizar los flujos de las exportaciones de Colombia desde el concepto de regiones, ya que permite identificar características particulares del patrón exportador de cada una de ellas.

Luego de esta introducción, el artículo se divide en 5 secciones. En la primera sección se aborda una breve revisión de los aspectos teóricos relacionados con la ecuación de gravedad. La segunda sección particulariza sobre la evidencia empírica a nivel internacional y nacional sobre el modelo gravitacional de comercio. En un tercer apartado se aborda el comportamiento de las exportaciones regionales colombianas, el Producto interno Bruto y los países destino de estas. En la cuarta sección se describe la metodología aplicada, junto con la especificación del modelo econométrico y, en la última sección, se presentan los resultados y conclusiones.

1. REVISIÓN DE LA LITERATURA

La ecuación de gravedad es una buena aproximación para caracterizar los flujos de comercio entre países. Su origen proviene de las ciencias naturales, en particular de la ley de gravedad de Newton. Dicha ley afirma, en su expresión más simple, que la fuerza de atracción gravitacional depende de las masas de los objetos y la distancia entre ellos, esto es:

$$X_{ij} = K \frac{Y_i Y_j}{D_{ij}^2} \quad [1]$$

Donde,

X_{ij} es la fuerza de atracción.

Y_i es la masa del objeto i.

Y_j es la masa del objeto j.

D_{ij}^2 es la distancia que separa los objetos al cuadrado.

K es la constante de gravitación universal.

Superponiendo dicha formulación al plano de la economía y el comercio internacional, la ecuación 1 podría reformularse y expresarse así:

$$X_{ij} = K \frac{Y_i^\alpha Y_j^\beta}{D_{ij}^\delta} \quad [2]$$

Donde X_{ij} se refiere al valor de las exportaciones del país i al país j ; Y_i^α es el tamaño económico del país i , que puede adoptar para su especificación variables como el PIB, el tamaño de la población o el PIB per cápita; Y_j^β expresa los mismos atributos del país i , pero para el país j ; D_{ij}^δ hace referencia a la distancia entre los dos países y finalmente K hace alusión a una constante. Ahora, para efectos de análisis empíricos y de manejo de datos, a la ecuación 2 se le aplican logaritmos con el fin de linealizarla, y su expresión es:

$$\ln X_{ij} = \ln K + \alpha \ln Y_i + \beta \ln Y_j - \delta \ln D_{ij} \quad [3]$$

Como se menciona arriba, para la caracterización de la masa, es decir, el tamaño de la economía, hay varias posibilidades, y una de ellas es tomar el PIB de los países, por tanto, si asumimos que $\ln K = \beta_0$; $\alpha = \beta_1$; $\beta = \beta_2$; $\delta = \beta_3$, la ecuación 3 se convierte en:

$$\ln X_{ij} = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{PIB}_i + \beta_2 \ln \text{PIB}_j - \beta_3 \ln D_{ij} \quad [4]$$

2. EVIDENCIA EMPÍRICA DEL MODELO GRAVITACIONAL A NIVEL INTERNACIONAL Y NACIONAL

Es profusa la evidencia empírica a nivel mundial relacionada con la aplicación de la ecuación de gravedad. Frankel y Rose (2002) utilizan la ecuación de gravedad del comercio para responder a la pregunta de si las uniones monetarias entre países impactan positivamente el comercio y el ingreso. Al tomar una muestra de más de 200 países encuentran evidencia estadística significativa en relación a que dichas uniones monetarias triplican el comercio entre sus socios. Batra (2004), a través de un modelo gravitacional calcula el potencial comercial para la India. Utiliza como variable dependiente los volúmenes de comercio bilaterales (exportaciones e importaciones) a través de un modelo econométrico de corte transversal.

Fuenzalida *et al.* (2018) desarrollan un modelo de gravedad ampliado para observar los flujos del comercio bilateral chileno con 89 países y determinar los efectos de la facilitación del comercio para el período de análisis. Por su parte, Kumar (2024) analiza los volúmenes de comercio bilaterales con Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica, más conocidos como los BRICS, utilizando un modelo de datos panel, para el período 2001-2016.

Abidin *et al.*, (2013) analizan los factores económicos relacionados con el comercio bilateral entre Malasia y los países que conforman la Organización para la Cooperación Islámica (OCI), a través de datos panel en el período 1997-2009.

El tamaño de la economía, el nivel de apertura económica y el tipo de cambio, entre otras variables, influyen en los montos exportados por Malasia a los países de la OCI.

Las investigaciones que hacen uso del modelo gravitacional en Colombia han sido pocas y la gran mayoría analizan los flujos de comercio en forma agregada; es decir, utilizan los montos agregados de exportaciones. Tal es el caso del trabajo de Cárdenas y García (2004), quienes con una muestra de 178 países analizan el comportamiento del comercio de Colombia frente al mundo. Su estudio se centra en los efectos que tendría la firma de un Tratado de Libre Comercio (TLC) con los Estados Unidos.

En tal sentido, una de las conclusiones fundamentales estima que la puesta en marcha de dicho tratado incrementaría el comercio bilateral en cerca de un 40 %. En el caso particular de las exportaciones al país del norte, estas se incrementarían en un 50 %. Lozano *et al.* (2005) determinan los flujos de comercio a nivel departamental, para una muestra de 34 países. Modifican la variable endógena tradicional (exportaciones en valor) por toneladas métricas. El estudio se centra en la elasticidad de las exportaciones frente a los costos de transporte. Sus resultados concluyen que los costos de transporte interno influyen significativamente en el logro de mayores exportaciones.

Por su parte Umaña *et al.* (2006), a partir de un modelo de máxima verosimilitud de Poisson y con ayuda de la ecuación de gravedad, determinan los efectos de los flujos comerciales solo para la capital del país, esto es Bogotá, y el TLC con los Estados Unidos. Un hallazgo que merece la atención, es la pérdida paulatina de la tradición exportadora del distrito capital.

Valencia y Vanegas (2007) utilizan la metodología de datos panel, estiman los determinantes de los flujos comerciales (exportaciones industriales) para cinco departamentos de Colombia (Antioquia, Atlántico, Bogotá, Cundinamarca y el Valle) en el período 1977 hasta el 2003. Los principales hallazgos afirman que las exportaciones están determinadas principalmente por el PIB per cápita conjunto; la distancia y la existencia de acuerdos comerciales y preferencias arancelarias.

Bolívar *et al.* (2015) analizan los flujos de comercio para una muestra de 173 países y encuentran una fuerte relación entre la distancia geográfica y sus socios comerciales, máxime cuando estos son hispanoparlantes. Así mismo, el país, al tener acuerdos regionales y pertenecer a la Organización Mundial del Comercio, potencia los flujos comerciales con el resto del mundo. Sin embargo, a nivel desagregado (análisis por departamentos) solo se han hecho dos trabajos.

Arias y Antosova (2024) examinan, a través de la metodología de datos panel, los determinantes de las exportaciones primarias para 22 de los 32 departamentos que conforman el territorio colombiano, durante el período 2011-2018. No utilizan explícitamente el modelo gravitacional de comercio, sin embargo, sus conclusiones enriquecen y aportan al debate sobre la caracterización de los patrones de la oferta exportadora de Colombia.

Finalmente Abreo (2024) analiza el impacto de la apertura comercial sobre la dinámica de las exportaciones industriales. El ejercicio econométrico de datos panel bajo el marco del modelo gravitacional de comercio arroja resultados positivos para la mayoría de los sectores analizados.

2.1. Las exportaciones departamentales de Colombia y el producto interno bruto

Colombia es un país poco abierto al comercio mundial (Villar y Esguerra, 2007). Pese al proceso de apertura económica puesta en práctica a principios de los años noventa, que implicó una sensible reducción de las restricciones arancelarias y administrativas, junto con los costos de transporte y comunicaciones, el país sigue presentando niveles bajos de apertura al comercio mundial. Países desarrollados como Corea del Sur, Singapur y Canadá presentan índices de apertura por encima del 38 %. De manera habitual, la literatura analiza tres indicadores para observar el grado de apertura comercial de un país. El primero es la relación (exportaciones)/PIB; el segundo, las (importaciones)/PIB y el tercero, el comercio total (exportaciones + importaciones) /PIB.

Para el siglo XX dichos indicadores se mantuvieron en niveles bajos (20 % respecto al PIB). Sin embargo, para el año 2000, la relación comercio total /PIB se ubicó en un 38 % con una disminución significativa del 30 % para el año 2021. Los efectos comerciales adversos de la pandemia a nivel global se hicieron notar, ya que se incrementó aún más el crítico balance comercial deficitario del país. Por su parte, de los tres indicadores analizados, la relación exportaciones/PIB, para el año 2021, es la más pequeña, solo un 12 % y, para el caso de las importaciones/PIB, el porcentaje es del 21 %. Lo anterior indica que Colombia es un país con bajos niveles de apertura al comercio global.

Para el período de análisis (2000-2021), el país presenta un déficit crónico y pronunciado en su balanza comercial, lo cual afecta los niveles de ingreso, empleo y producción nacional. La tabla 1 muestra la participación de la oferta exportadora de los departamentos en relación con el PIB. En términos reales (precios de 2015), la participación de las exportaciones respecto al PIB es relativamente pequeña,

alrededor del 11 % para el año 2000. Veinte años después, el porcentaje de participación se ubicó en un 13 %, apenas un incremento de solo 2 puntos porcentuales en dicho período.

Tabla 1. Evolución porcentual y participación de las exportaciones de los principales departamentos de Colombia respecto al pib (precios constantes de 2015).

Departamentos	2000	2010	2021	Departamentos	2000	2010	2021
Antioquia	2,795 %	2,643 %	3,279 %	Huila	0,002 %	0,397 %	0,251 %
Bogotá	0,129 %	1,205 %	1,257 %	Tolima	0,015 %	0,159 %	0,026 %
Valle	1,399 %	1,081 %	0,762 %	Sucre	0,030 %	0,017 %	0,447 %
Cundinamarca	2,136 %	0,747 %	0,720 %	Risaralda	0,188 %	0,212 %	0,130 %
Bolívar	1,359 %	1,364 %	1,290 %	Caldas	0,183 %	0,238 %	0,376 %
Atlántico	0,848 %	0,438 %	0,617 %	Boyacá	0,130 %	0,125 %	0,188 %
La Guajira	0,636 %	0,899 %	0,565 %	Norte de Santander	0,145 %	0,111 %	0,157 %
Casanare	0,015 %	0,798 %	0,400 %	Quindío	0,001 %	0,043 %	0,079 %
Meta	0,001 %	0,914 %	0,293 %	Huila	0,002 %	0,397 %	0,251 %
Cesar	0,220 %	0,984 %	0,809 %	Tolima	0,015 %	0,159 %	0,026 %
Magdalena	0,365 %	0,210 %	0,266 %	Sucre	0,030 %	0,017 %	0,447 %
Santander	0,086 %	0,254 %	0,283 %	Risaralda	0,188 %	0,212 %	0,130 %
Córdoba	0,020 %	0,346 %	0,254 %	Caldas	0,183 %	0,238 %	0,376 %
Cauca	0,128 %	0,129 %	0,058 %	Boyacá	0,130 %	0,125 %	0,188 %
Nariño	0,030 %	0,019 %	0,039 %	Chocó	0,004 %	0,004 %	0,031 %
Cauca	0,128 %	0,129 %	0,058 %	Otros departamentos	0,011 %	0,558 %	0,003 %
Exportaciones /PIB					10,9 %	13,9 %	12,6 %

Fuente: elaboración propia con datos del DANE (2022).

Llama la atención que a pesar de que el país adoptó un modelo económico más abierto a los mercados mundiales, en el marco de la apertura económica, las cifras indican una baja apertura al comercio internacional. Las regiones del país donde se observan mayores niveles de desarrollo e industrialización también presentan mejores cifras en ventas al exterior.

Finalmente, Gallardo y Vallejo (2019) describen la política comercial y el sector externo colombiano para un período de largo plazo. El estudio resalta que, si bien el volumen exportador se ha incrementado, persiste un déficit comercial crónico y poca eficacia de la política comercial como mecanismo de diversificación de las exportaciones.

3. EL COMPORTAMIENTO DE LAS EXPORTACIONES REGIONALES DE COLOMBIA

En Colombia, la división política y administrativa del territorio está dividida en departamentos, distritos, municipios y territorios indígenas. El concepto de región propiamente dicho, no se practica en Colombia. La Constitución Política de 1991 en el artículo 307 habla sobre los requisitos necesarios para la conformación de regiones. De igual forma lo hace el artículo 306, donde afirma: "Dos o más departamentos podrán constituirse en regiones administrativas y de planificación, con personería jurídica, autonomía y patrimonio propio. Su objeto principal será el desarrollo económico y social del respectivo territorio" (Constitución Política de Colombia [C.P.], 1991, art. 306).

En la actualidad, el esquema de regiones no se aplica en Colombia. Sin embargo, sí está plasmada en la Constitución su posible aplicación en el futuro. La diversidad cultural, geográfica y económica hacen de Colombia un país de regiones. Son comunes los análisis empíricos relacionados con crecimiento, desigualdad, pobreza, distribución del ingreso y convergencia económica, donde se agrupan los departamentos colombianos por regiones específicas Bonet (2005). Barón *et al.* (2004) y Meisel (2007). La pertinencia de los análisis económicos por regiones obedece a ciertas características comunes que comporten los departamentos y que bajo dicha agrupación se pueden observar diferencias entre unas y otras regiones al interior de un país.

En Colombia las brechas de desigualdad regional son amplias. Unas regiones son prósperas y ricas (región Andina y Eje Cafetero) junto a otras con altos niveles de desigualdad y pobreza (regiones Caribe, Orinoquía y Amazonía) (Meisel, 2007). Si dividimos el territorio colombiano en cinco regiones y analizamos la actividad del comercio exterior encontramos una relación similar. La tabla 2 muestra que las regiones Andina, Eje Cafetero y Pacífica, para el año 2000, concentraban el 68 % de las exportaciones del país. Allí se encuentran los mayores mercados locales (densidad de población) en ciudades como Bogotá, Medellín y Cali.

Tabla 2. Evolución porcentual de la participación de las exportaciones regionales de Colombia. 2000-2010-2021

Regiones	2000	2010	2021
Región Caribe	32,1 %	31,9 %	33,8 %
Región del Pacífico	14,4 %	9,2 %	7,1 %
Región Andina	24,3 %	29,3 %	25,2 %
Región del Eje Cafetero	29,1 %	23,5 %	30,7 %
Región Orinoquía y Amazonía	0,1 %	6,0 %	3,2 %
Total	100,0 %	100,0 %	100,0 %

Fuente: elaboración propia con datos de DANE (2022).

La región Caribe contribuyó, en dicho año, con el 32 % de la oferta exportadora. Esto se explica por su cercanía con la costa atlántica, la buena dotación de infraestructura vial y portuaria, junto con el desarrollo de ciudades capitales como Barranquilla, Santa Marta y Cartagena. En contraste, la participación de la región Orinoquía y Amazonía es marginal, solo tuvo una participación del 3,2 % en las exportaciones totales para el año 2021. Cifra que no es de extrañar, dado el rezago institucional y económico de esta región.

Colombia tiene 32 departamentos, sin embargo, el 89 % de la oferta exportadora se concentra en solo ocho departamentos, incluyendo el distrito capital (Bogotá). Algunos de los departamentos que jalonan las exportaciones son Antioquia, Valle, Cundinamarca, Atlántico, Bolívar, La Guajira y Magdalena. Un aspecto que caracteriza a estos últimos tres departamentos, en relación con sus exportaciones, es su alta concentración en bienes mineros e hidrocarburos; en particular carbón y petróleo. Finalmente, Bogotá, Cundinamarca, Antioquia, el Valle y Cundinamarca son departamentos con una oferta exportadora más diversificada, de origen manufacturero e industrial, lo que implica mayores componentes de valor agregado en la producción para el mercado externo.

3.1. El destino de las exportaciones colombianas

Respecto al comportamiento del comercio entre Colombia y el mundo se destacan algunos hechos relevantes. La oferta exportadora del país, desde tiempo atrás, ha estado concentrada en las exportaciones tradicionales; es decir, aquellas relacionadas con carbón, café, ferroníquel, petróleo y sus derivados. Las exportaciones no tradicionales han tenido poco avance en su ritmo de diversificación. Las ventas externas de Colombia se concentran en pocos países, pese a que se han firmado más de 16 tratados comerciales con varias regiones del mundo. Estados Unidos sigue siendo el país con el cual se tiene el mayor intercambio comercial, un 27 % de las exportaciones totales para el año 2000 (véase la tabla 3).

Tabla 3. Evolución porcentual y participación de los principales países destinos de las exportaciones de Colombia 2000-2021

Países	2000	2010	2021	Países	2000	2010	2021
Estados Unidos	27,1 %	39,1 %	25,1 %	Alemania	2,7 %	0,9 %	1,4 %
Brasil	2,1 %	3,6 %	7,1 %	Japón	0,6 %	1,3 %	1,2 %
Ecuador	11,5 %	5,7 %	5,7 %	República Dominicana	1,4 %	1,6 %	1,2 %
Panamá	1,8 %	2,3 %	4,2 %	Reino Unido	2,2 %	2,0 %	1,2 %
Italia	2,7 %	1,6 %	3,5 %	Venezuela	19,5 %	4,8 %	1,1 %
México	3,0 %	2,0 %	3,5 %	Corea del Sur	0,3 %	0,6 %	1,0 %
Perú	3,6 %	3,1 %	3,4 %	Costa Rica	1,7 %	1,0 %	0,9 %
Chile	2,6 %	2,1 %	3,2 %	Argentina	0,7 %	0,4 %	0,9 %
Países Bajos	0,9 %	4,3 %	2,5 %	Puerto Rico	1,2 %	0,7 %	0,7 %
China	0,5 %	2,7 %	2,4 %	Emiratos Árabes	0,0 %	0,0 %	0,7 %
India	0,0 %	0,3 %	2,3 %	Suiza	0,1 %	3,7 %	0,6 %
Canadá	1,1 %	1,1 %	2,3 %	Francia	1,1 %	0,9 %	0,5 %
España	1,8 %	1,5 %	1,6 %	Bolivia	0,5 %	0,3 %	0,4 %
Bélgica	3,2 %	1,6 %	1,4 %	Resto de países	6,1 %	10,8 %	20,0 %

Fuente: elaboración propia con datos del DANE (2022).

Incluso, para el año 2010, dicha participación aumentó a un 39 %. Sin embargo, debido a los avances en la política comercial y la búsqueda de nuevos mercados, como en Asia, la dependencia comercial se ha reducido, en promedio, a un 25 % en los últimos años. Ahora, países vecinos y de habla hispana representan un peso importante en los flujos de comercio del país. Tal es el caso de Ecuador, un socio comercial histórico. Para el año 2000, dicho destino representaba un 11 % de las exportaciones totales. En 2021 su participación se redujo en 4 puntos porcentuales, ubicándose en un 5,7 %, cifra que sigue siendo bastante representativa. Lo anterior significa ingresos en términos reales (precios de 2015) de más de 7 billones de pesos.

Con la salida de Venezuela de la Comunidad Andina de Naciones (CAN), en el año 2006, el flujo comercial se redujo drásticamente entre las dos naciones. Después de tener una participación del 19 % en el año 2000, las ventas a dicho país se redujeron significativamente, y representan solo un 1 % para el 2021 (véase la tabla 3). Se espera reactivar, en los próximos años, el comercio entre las dos naciones, de tal manera que el país vecino sea nuevamente uno de los mayores socios comerciales de Colombia.

Para el año 2000 algunos países europeos demandaban una proporción importante de las ventas de Colombia. Es el caso de Bélgica, con un 3,2 %; Alemania

con un 2,7 %; Italia, con un 2,7 % y Reino unido con un 2,2 %. Al compararlos con el año 2021, se tiene que estos países siguen siendo relevantes como destino de las exportaciones, ya que su participación es muy similar a la del año 2000. Sin embargo, se esperaba una mayor actividad exportadora hacia el continente europeo.

El flujo de comercio hacia otras regiones del mundo ha venido en alza, tal es el caso de China, Japón, Corea del Sur, India y Emiratos Árabes, que para el año 2000 representaban el 1,4 % de las ventas externas del país, y para el 2021 dicha participación ascendió a un 7,6 %. Es de anotar que históricamente el comercio con Asia ha sido marginal. Solo en los últimos 12 años se ha observado un mayor interés en los mercados de estas economías, especialmente en el caso de China y la India.

4. METODOLOGÍA

Se utilizaron datos panel y se realizó la estimación a través de efectos fijos y aleatorios; además, se aplicó la prueba de Hausman para decidir cuál método es el que genera estimadores que sean consistentes. Se encuentra que el método efectos fijos es el seleccionado. No obstante, la desventaja de esto radica en que variables como el idioma, la frontera y la distancia, al ser invariantes en el tiempo, no se pueden estimar, perdiendo cierto grado de interpretabilidad, aunque se puede analizar desde el modelo de efectos aleatorios.

Para analizar estos datos, es común utilizar metodologías de estimación como regresión *pooled* o agrupada, efectos fijos o efectos aleatorios, entre otros (Gujarati y Porter, 2009). A continuación, se detallan las metodologías de estimación más utilizadas en el análisis de datos panel.

4.1. Regresión *pooled* o agrupada

La regresión *pooled* es uno de los métodos más sencillos de análisis en datos panel, y se basa en el enfoque de tratar todos los datos como si provinieran de un conjunto de datos de corte transversal único, ignorando la dimensión temporal. La regresión *pooled* combina todas las observaciones de diferentes períodos de tiempo en un único conjunto de datos y aplica un modelo de regresión de corte transversal a estos datos combinados (Wooldridge, 2010).

La ecuación de la regresión *pooled* para datos panel se expresa de la siguiente manera:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 x_{it1} + \beta_2 x_{it2} + \dots + \beta_k x_{itk} + u_{it} \quad [5]$$

Donde: y_{it} es la variable dependiente para la entidad i -ésima en el periodo de tiempo t ; $x_{it1}, x_{it2}, \dots, x_{itk}$ son las variables independientes; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ son los coeficientes de regresión y u_{it} es el término de error.

4.2. Modelo de efectos fijos

El modelo de efectos fijos es una forma común de analizar datos panel cuando se quiere controlar la heterogeneidad no observada entre las entidades o individuos. En este modelo, se asume que cada entidad tiene una interceptación específica que no cambia con el tiempo, además de los efectos temporales (Wooldridge, 2010).

La ecuación para el modelo de efectos fijos se puede expresar de la siguiente manera:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1 x_{it1} + \beta_2 x_{it2} + \dots + \beta_k x_{itk} + u_{it} \quad [6]$$

Donde: y_{it} es la variable dependiente para la entidad i -ésima en el periodo de tiempo t ; α_i representa el efecto fijo específico de la entidad i ; $x_{it1}, x_{it2}, \dots, x_{itk}$ son las variables independientes; $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ son los coeficientes que representan el efecto de las variables independientes en la variable dependiente y u_{it} es el término de error.

Siguiendo a Wooldridge (2006), la estimación por efectos fijos se realiza mediante métodos que eliminan el efecto fijo individual de la ecuación, lo que permite estimar los coeficientes para controlar la heterogeneidad no observada. Uno de los métodos más comunes es la diferencia entre observaciones individuales y la media de cada entidad a lo largo del tiempo (transformación *within*).

4.3. Modelo de efectos aleatorios

Los efectos aleatorios son una de las metodologías comunes utilizadas en el análisis de datos panel. Esta técnica se emplea para abordar la heterogeneidad no observada entre las entidades (individuos, empresas, países, etc.) y modela esta heterogeneidad como efectos que siguen una distribución normal. Los efectos aleatorios son útiles cuando se asume que la heterogeneidad individual no observada es estocástica y no constante a lo largo del tiempo (Wooldridge, 2010). A continuación, se describe cómo se implementa la estimación de efectos aleatorios en datos panel:

$$y_{it} = \alpha + \alpha_i + \beta_1 x_{it1} + \beta_2 x_{it2} + \dots + \beta_k x_{itk} + u_{it} \quad [7]$$

Donde: y_{it} es la variable dependiente para la entidad i -ésima en el periodo de tiempo t ; α es la media de los efectos aleatorios; α_i es el efecto aleatorio de la

entidad i , que se asume tiene distribución normal con media cero y varianza; σ_u^2 ; $x_{it1}, x_{it2}, \dots, x_{itk}$ son las variables independientes; $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ son los coeficientes que representan el efecto de las variables independientes en la variable dependiente y u_{it} es el término de error que tiene distribución normal con media cero y varianza σ_u^2 .

La estimación de efectos aleatorios se realiza generalmente mediante el método de Máxima Verosimilitud. El modelo de efectos aleatorios permite capturar la variabilidad no observada entre las entidades de manera estocástica y, a diferencia de los efectos fijos, no asume que esta heterogeneidad sea constante a lo largo del tiempo (Wooldridge, 2006).

4.4. Estrategia de selección de modelos

La selección entre las metodologías presentadas anteriormente se realiza de acuerdo con una serie de pruebas que permiten determinar si existen efectos inobservables, y a su vez si estos están o no correlacionados con el componente de error del modelo, dado que, si esta última situación se da, los estimadores serían sesgados e inconsistentes (Baltagi, 2008).

Así las cosas, se realiza la prueba de multiplicadores de Lagrange sobre el modelo *pooled*, lo cual permite identificar la existencia de efectos inobservables (Baltagi y Li, 1990). En seguida, se lleva a cabo la prueba de Hausman, la cual permite decidir entre el modelo de efectos fijos o efectos aleatorios (Hausman y Taylor, 1981).

4.5. Especificación del modelo econométrico. Variables aplicadas

En la sección 1 del presente artículo, se detalló la ecuación 4, que es la versión clásica del modelo de gravedad. Podemos ampliar dicha ecuación de la siguiente manera:

$$X_{ijt} = \beta_0 * Y_{it}^{\beta_1} * I * Y_{jt}^{\beta_2} * D_{it}^{\beta_3} * I * (\Delta Y_{ij} / \Delta PO)^{\beta_4} * IC_{ij}^{\beta_5} * e^{\beta_6} \Gamma_{ijt} * e^{u_{ijt}} \quad [8]$$

Donde: X_{ij} hace referencia a las exportaciones del país i al país j ; Y_i, Y_j son los ingresos de los países i y j respectivamente; D_{ij} hace referencia a la distancia entre el país i y el país j ; $\Delta Y_{ij} / \Delta PO$ es el ingreso per cápita del país exportador y del país importador; IC_{ij} representa un índice de concentración industrial del país i y del país j ; Γ_{ijt} es el vector que compila otras variables explicativas y finalmente u_{ijt} es el término de error. A la ecuación 5 se le han incluido un conjunto de factores adicionales que influyen sobre los volúmenes de comercio entre países. Tal es el caso del idioma (factor cultural), las fronteras comunes (factor geográfico) y los

tratados comerciales. Por tanto, la especificación general del modelo gravitacional de comercio "ampliado" a estimar es la siguiente:

$$\ln X_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 \ln PIB_{it} + \beta_2 \ln PIB_{jt} - \beta_3 \ln D_{ijt} + \beta_4 \ln [PP_{it} - PP_{jt}] + \beta_5 IC_{ijt} + \beta_6 IDI_{ij} + \beta_7 FRO_{ij} + \beta_8 ACO_{ij} + u_{ijt} \quad [8]$$

A continuación, se describen las variables del modelo.

X_{ij} = indica el flujo de comercio de Colombia (exportaciones) hacia los 51 países utilizados en la muestra, en el período t . Se utilizó la información suministrada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Las exportaciones se agruparon en las cinco regiones de Colombia. Dichas cifras están expresadas en dólares constantes del año 2015.

PIB_i = representa el producto interno bruto del país exportador, en el período t . Las cifras fueron suministradas por el DANE y se transformaron en dólares constantes del año 2015.

PIB_j = representa el producto interno bruto del país importador, en el período t . Las cifras se tomaron de la base de datos de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD, por sus siglas en inglés). Los datos están en dólares constantes de 2015.

D_{ij} = hace referencia a la distancia entre el país i y el país j . Se utilizó la aplicación QGIS, sistema de información geográfica de código abierto. Para la región andina se tomó como referencia la distancia entre Bogotá y los 51 países utilizados en la muestra. Para la región del Pacífico, la distancia entre la ciudad de Cali y el resto del mundo. Para la región Caribe, la ciudad de Barranquilla y el mundo; para la región cafetera, la ciudad de Medellín y los demás países. Por último, la región Orinoquía y Amazonía se tomó como ciudad principal a Yopal y los 51 países destino.

$[PP_{it} - PP_{jt}]$ = es la diferencia o resta (en términos absolutos) entre el producto per cápita de Colombia con los 51 países de la muestra, en el período t . Con esta variable se pretende testear la hipótesis de Linder (1961). Si el coeficiente es negativo, indica que se presenta comercio intraindustrial entre países. Por su parte, si el coeficiente es positivo, el intercambio entre países será de tipo interindustrial.

IC_{ij} = es un índice de concentración industrial del país i o j , en el período t .

IDI_{ij} = *dummy* que toma el valor de 1 cuando el país i y el país j tienen el mismo idioma. En caso contrario, toman el valor de cero.

FRO_{ij} = *dummy* que toma el valor de 1 cuando el país i y el país j comparte frontera terrestre. En caso contrario, toman el valor de cero.

ACO_{ij} = *dummy* que toma el valor de 1 cuando el país i y el país j tienen vigente algún acuerdo comercial. En caso contrario, toman el valor de cero. La lista de acuerdos comerciales se tomó de las bases de datos de la Organización de Estados Americanos (OEA).

u_{ijt} = término de error que identifica a las variables que no se incluyeron en el modelo, pero que influyen en los flujos comerciales.

Por lo general, al típico modelo gravitacional de comercio, se le suelen incorporar variables relacionadas con la política comercial y arancelaria; la cultura, la geografía, los costos de transporte, entre otras. Para el caso del presente trabajo se incorpora, además, un índice de concentración industrial regional. La especificación del índice se toma de Umaña *et al.* (2006).

$$\text{Índice de Concentración Industrial } (IC_{ij}) = \frac{\left(\frac{IND_i}{IND_m} \right)}{\left(\frac{PIB_i}{PIB_m} \right)} \quad [10]$$

El índice de concentración industrial relaciona, en el numerador, el cociente entre el valor de la producción industrial del país i respecto al valor de la producción industrial del resto del mundo m , comparado con el cociente entre el valor del PIB del país i respecto al valor del PIB del resto del mundo m . En términos de interpretación, el índice revela que, si este es mayor a la unidad, el sector industrial de dicho país es altamente concentrado. Por el contrario, si el índice de concentración industrial arroja un valor por debajo de la unidad, implica que el país no presenta una alta concentración industrial y que el tipo de bienes que produce son de origen primario o del sector terciario.

5. RESULTADOS

Los flujos de comercio de las 5 regiones de Colombia indican que la región Andina (véase la tabla 4) presenta resultados consistentes con la teoría general del modelo gravitacional de comercio. Se observa que las exportaciones de esta región dependen de forma positiva del PIB del país de destino, y un incremento del producto interno bruto de los socios comerciales contribuye al incremento de las exportaciones colombianas. Por su parte, la variable la distancia presenta el signo correcto, lo que implica que una mayor distancia entre países reduce los flujos de comercio.

Tabla 4. Resultados para la región Andina

VARIABLES	(1)	(2)	(3)
	<i>Pooled</i>	Efectos aleatorios	Efectos fijos
$\ln PIB_i$	0,813*** (0,0306)	0,911*** (0,0964)	1,342*** (0,223)
$\ln PIB_j$	1,687*** (0,287)	1,941*** (0,224)	1,719*** (0,289)
$\ln[PP_i-PP_j]$	-0,248*** (0,0461)	-0,0792* (0,0453)	-0,0515 (0,0464)
IDI	1,023*** (0,125)	0,866** (0,427)	
FRO	0,535*** (0,171)	0,571 (0,585)	
$\ln D_{ij}$	-1,181*** (0,0705)	-1,443*** (0,239)	
ICI_i	0,209 (0,135)	1,219*** (0,277)	1,838*** (0,336)
ICI_j	0,963* (0,492)	0,438 (0,344)	0,390 (0,341)
ACO_{ij}	0,468*** (0,104)	-0,215** (0,104)	-0,203* (0,110)
β_0	-18,84*** (3,663)	-20,40*** (3,314)	-35,63*** (2,772)

Standard errors in parentheses

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

Fuente: elaboración propia, 2025

Asimismo, el comercio en promedio es superior con países que hablan el mismo idioma y aquellos con mayores niveles de concentración industrial.

Por otra parte, no resultó significativa la diferencia entre los PIB per cápita, donde el parámetro asociado a esta variable resultó ser estadísticamente igual a cero, algo que también evidenció Aguirre (2017) en un estudio con flujos de comercio agregado para Colombia. Se resalta el resultado contraintuitivo que arroja la regresión, ya que las exportaciones se reducen cuando entran en vigor acuerdos comerciales con otros países, lo cual puede ser un indicio del poco aprovechamiento y efectividad que tienen los acuerdos comerciales y los tratados de libre comercio como instrumentos para incrementar las exportaciones.

En cuanto a la región Cafetera (véase la tabla No 5), se evidencia que las exportaciones tienen un comportamiento decreciente con respecto a la distancia del país de destino. Asimismo, el comercio en promedio es superior con aquellos países que tienen niveles más altos de concentración industrial.

Tabla 5. Resultados para la región cafetera

VARIABLES	(1) Pooled	(2) Efectos aleatorios	(3) Efectos fijos
$\ln PIB_i$	1,013*** (0,0363)	1,195*** (0,115)	1,830*** (0,246)
$\ln PIB_j$	-1,192 (1,071)	0,330 (0,701)	0,0112 (0,716)
$\ln PP_i - PP_j $	0,275*** (0,0605)	-0,0330 (0,0879)	-0,0973 (0,0936)
IDI	0,651*** (0,149)	0,576 (0,521)	
FRO	-0,268 (0,204)	-0,272 (0,713)	
$\ln D_{ij}$	-1,428*** (0,0849)	-1,821*** (0,290)	
ICI_i	-0,0734 (0,157)	0,776** (0,322)	1,182*** (0,381)
ICI_j	-4,763** (1,978)	-3,775*** (1,270)	-3,682*** (1,255)
ACO_{ij}	0,880*** (0,122)	-0,240** (0,115)	-0,230* (0,120)
β_0	20,43 (13,12)	2,695 (8,838)	-17,97** (8,497)

Standard errors in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Fuente: elaboración propia, 2025.

En la región Andina se aprecia que las exportaciones se reducen después de la entrada en vigor de un acuerdo comercial. No resultó significativa la variable de diferencia entre PIB per-cápita (no ha sido significativa tampoco en las otras regiones) y la asociada al PIB del país de destino.

En la región del Pacífico (véase la tabla 6), al observar los signos de los estimadores, se evidencia que las exportaciones tienen un comportamiento decreciente

con respecto a la distancia del país de destino. Asimismo, el comercio en promedio es superior con aquellos países que tienen niveles más altos de concentración industrial. Esta región, a diferencia de las demás, se caracteriza por tener una base industrial concentrada. De la misma forma, el comercio aumenta con países que hablan español. No resultaron significativas las variables de diferencia entre PIB per-cápita; la asociada al PIB del país de destino ni la que indica si entró en vigor un acuerdo comercial.

Tabla 6. Resultados para la región del Pacífico

VARIABLES	(1) Pooled	(2) Efectos aleatorios	(3) Efectos fijos
lnPIBi	0.834*** (0.0335)	0.908*** (0.109)	1.214*** (0.226)
lnPIBj	-0.621 (0.636)	0.421 (0.435)	0.284 (0.497)
Ln[PPi-PPj]	-0.115*** (0.0421)	-0.0573 (0.0544)	-0.0435 (0.0569)
IDI	0.847*** (0.145)	0.869* (0.502)	
FRO	0.168 (0.190)	0.365 (0.681)	
lnDij	-1.436*** (0.0788)	-1.743*** (0.277)	
IClj	-0.491*** (0.146)	0.744** (0.297)	1.291*** (0.348)
ICli	0.236 (0.921)	0.252 (0.581)	0.312 (0.581)
ACOij	0.890*** (0.113)	-0.0133 (0.104)	-0.0160 (0.110)
β_0	9.293* (5.435)	-0.439 (4.341)	-17.89*** (3.729)

Standard errors in parentheses

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

Fuente: elaboración propia, 2025.

Al analizar la región Caribe (véase la tabla 7) se aprecia que las exportaciones dependen de forma positiva del PIB del país de destino y de forma inversamente proporcional de la distancia que deben recorrer los productos exportados.

Tabla 7. Resultados para la región Caribe

VARIABLES	(1) Pooled	(2) Efectos aleatorios	(3) Efectos fijos
$\ln PIB_i$	1,016*** (0,0457)	1,552*** (0,148)	2,498*** (0,247)
$\ln PIB_j$	1,829*** (0,392)	1,886*** (0,253)	1,139*** (0,305)
$\ln PP_i - PP_j $	-0,604*** (0,0820)	0,0455 (0,0757)	0,0531 (0,0763)
IDI	0,712*** (0,186)	0,638 (0,737)	
FRO	0,0223 (0,258)	-0,914 (1,000)	
$\ln D_{ij}$	-1,492*** (0,107)	-2,264*** (0,402)	
ICI_i	0,392** (0,199)	1,356*** (0,344)	1,624*** (0,373)
ICI_j	1,037** (0,460)	0,818*** (0,238)	0,817*** (0,234)
ACO_{ij}	0,281* (0,156)	-0,178 (0,120)	-0,0445 (0,123)
β_0	-19,87*** (4,429)	-18,34*** (4,182)	-41,80*** (2,701)

Standard errors in parentheses

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

Fuente: elaboración propia, 2025.

Asimismo, el comercio en promedio es superior con aquellos países que tienen niveles más altos de concentración industrial. De igual forma, no resultó significativa la diferencia entre los PIB per cápita, donde el parámetro asociado a esta variable resultó ser estadísticamente igual a cero. A diferencia de la región Andina, en este caso, la puesta en marcha de acuerdos comerciales no generó efectos sobre las exportaciones de esta región.

Por último, en la región Orinoquía y Amazonía (véase la tabla 8) los datos indican que las exportaciones dependen de forma positiva del PIB del país de destino y de manera negativa de la distancia, siendo más altas con los países con los que se comparten fronteras (Brasil, Venezuela, Ecuador y Perú). Se debe destacar que

el índice de concentración industrial de los países de destino no es una variable determinante, así como tampoco lo son la diferencia entre los PIB per-cápita y la puesta en marcha de acuerdos comerciales.

Tabla 8. Resultados para la región Orinoquía y Amazonía

VARIABLES	(1) <i>Pooled</i>	(2) Efectos aleatorios	(3) Efectos fijos
$\ln PIB_i$	0,611*** (0,127)	0,521** (0,218)	-0,223 (1,098)
$\ln PIB_j$	2,973*** (1,096)	3,129*** (0,991)	4,050*** (1,312)
$\ln PP_i - PP_j $	0,0671 (0,247)	0,134 (0,310)	0,0169 (0,443)
IDI	-1,783*** (0,598)	-2,167** (0,948)	
FRO	2,325*** (0,725)	2,356* (1,222)	
$\ln D_{ij}$	-0,113 (0,353)	-0,245 (0,560)	
ICI_i	-0,794 (0,660)	0,226 (0,941)	3,127 (2,270)
ICI_j	3,347 (5,430)	3,421 (5,076)	9,010 (7,261)
ACO_{ij}	1,306***	0,981*	0,883
β_0	-33,91*** (10,37)	-33,83*** (10,03)	-38,17*** (12,81)

Standard errors in parentheses

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Fuente: elaboración propia, 2025.

6. CONCLUSIONES

El estudio analiza los flujos de comercio desagregados en las cinco regiones de Colombia, donde se observa que, para la región Andina, los resultados son consistentes con la teoría general del modelo gravitacional de comercio, lo cual demuestra que las exportaciones de esta región dependen de forma positiva del PIB del país de destino, y que un incremento del producto interno bruto de los socios comerciales contribuye al incremento de las exportaciones colombianas. Por su parte, la variable la distancia presenta el signo correcto, lo que implica que una mayor distancia entre países reduce los flujos de comercio. Asimismo, el comercio en promedio es superior con países que hablan el mismo idioma y las ventas externas se dirigen a países con

un índice de concentración industrial superior a 1, lo cual indica que esta región les exporta a países con una base industrial concentrada.

En la región Cafetera se evidencia que las exportaciones tienen un comportamiento decreciente con respecto a la distancia del país de destino. Asimismo, el comercio es superior con aquellos países que tienen niveles más altos de concentración industrial. Los acuerdos comerciales no han tenido el efecto esperado y, por el contrario, se han reducido los flujos de comercio. Igualmente, no resultó significativa la variable de diferencia entre PIB per-cápita (no ha sido significativa tampoco en las otras regiones) y la asociada al PIB del país de destino.

En el caso de la región del Pacífico, al observar los signos de los estimadores, se evidencia que las exportaciones tienen un comportamiento decreciente con respecto a la distancia del país de destino. Asimismo, se observa que el comercio, en promedio, es superior con aquellos países que tienen niveles más altos de concentración industrial. Por su parte, el comercio aumenta con países que comparten el mismo idioma. No resultaron significativas las variables de diferencia entre PIB per-cápita, la asociada al PIB del país de destino ni la que indica si entró en vigor un acuerdo comercial.

La región Caribe arroja resultados similares a la región Andina, es decir, se aprecia que las exportaciones dependen de forma positiva del PIB del país de destino y de forma inversa o negativa de la distancia del país destino de las exportaciones. Igualmente, el comercio es superior con países con una base industrial concentrada en bienes manufacturados e industriales. El índice de concentración industrial de la región indica mayores niveles de exportaciones. Igualmente, no resultó significativa la diferencia entre los PIB per cápita, donde el parámetro asociado a esta variable resultó ser estadísticamente igual a cero.

En la región de la Orinoquía y Amazonía los datos indican que las exportaciones dependen de forma positiva del PIB del país de destino y de manera negativa de la distancia, siendo más altas con los países con los que se comparten fronteras (Brasil, Venezuela, Ecuador y Perú). A diferencia de las demás regiones, el índice de concentración industrial de los países destino no es una variable determinante. Es de destacar que es la región con menor índice de concentración industrial, con una base exportadora muy incipiente. No son determinantes las variables diferencia entre los PIB per-cápita y la puesta en marcha de acuerdos comerciales.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al equipo editorial de la revista *Semestre Económico* y a los evaluadores anónimos por sus comentarios y sugerencias. Sus observaciones han contribuido significativamente a mejorar la calidad científica de esta investigación.

Financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento específico de ninguna institución pública o privada. Fue realizada con recursos propios de los autores.

Declaración de conflictos de interés

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses de naturaleza personal, financiera o académica que pudiera haber influido de manera inapropiada en el desarrollo o las conclusiones de esta investigación.

Contribución de los autores

Willyam Cáceres Rodríguez: desarrollo de la investigación, conceptualización, curación de datos, software, escritura del documento, análisis formal y revisión del documento final.

Omaira Inés Agudelo Cely: revisión de literatura, escritura del documento, desarrollo de la investigación y revisión del documento final.

Ricardo Alonso Tejedor Estupiñán: conceptualización, metodología, desarrollo de la investigación, escritura del documento, análisis formal y revisión del documento final.

Declaración del uso de IA

Para la elaboración de este artículo no se utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa como asistentes de investigación.

REFERENCIAS

- Abreo, C. (2024). A sectoral analysis of a developing country's exports in the context of trade integration: Evidence from Colombia. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 1-18. https://www.researchgate.net/publication/382690093_A_sectoral_analysis_of_a_developing_country's_exports_in_the_context_of_trade_integration_Evidence_from_Colombia
- Abidin, I., Bakar, N., y Sahlan, R. (2013). The Determinants of Exports between Malaysia and the OIC Member Countries: A Gravity Model Approach. *Procedia Economics and Finance*, (5) 12-19. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(13\)00004-X](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(13)00004-X)
- Aguirre, H. S. Á. (2017). El modelo de gravedad y los determinantes del comercio entre Colombia y sus principales socios económicos. *Revista Civilizar de Empresa y Economía*, 7(12), 89-121.
- Anderson, J. E. (1979). A Theoretical Foundation for the Gravity Equation. *The American Economic Review*, 69(1), 106–116. <http://www.jstor.org/stable/1802501>
- Anderson, J., y Van Wincoop, E. (2003). Gravity with Gravitas. A Solution to the Border Puzzle. *The American Economic Review*, 93(1), 170-192. <https://doi.org/10.1257/000282803321455214>
- Arias, H. Y., & Antosova, G. (2024). Management of a Strategic Policy, Exports and External Performance of the Colombian Regions. *Panoeconomicus*, 72(4), 1–25. <https://doi.org/10.2298/PAN211016006A>
- Baltagi, B. H., Mátyás, L., & Sevestre, P. (2008). Error components models. In *The econometrics of panel data: Fundamentals and recent developments in theory and practice* (pp. 49-87). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-75892-1_3
- Baltagi, B., y Li, Q. (1990). A Lagrange multiplier test for the error components model with incomplete panels. *Econometric Reviews*, 9(1), 103-107. <https://doi.org/10.1080/07474939008800180>
- Barón, J., Pérez, G., y Rowland, P. (2018). (2004). Consideraciones para una política económica regional en Colombia. *Documentos de Trabajo sobre Economía Regional*, (52), 1-52. <https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/DTSER-52.pdf>
- Batra, A. (2004). India's Global Trade Potential: The Gravity Model Approach. *Indian Council for Research on International Economic Relations*. Working Paper No. 151. <https://www.icrier.org/pdf/wp151.pdf>
- Bergstrand, J. (1985). The gravity equation in international trade: some microeconomic foundations and empirical evidence. *The Review of Economics and Statistics*, 67(3), 474-481. <https://doi.org/10.2307/1925976>
- Bergstrand, J. H., y Egger, P. (2013). Gravity equations and economic frictions in the world economy. *Palgrave Handbook of International Trade*, 532-570. https://doi.org/10.1007/978-0-230-30531-1_17
- Bolívar, L., Cruz, N., y Pinto, A. (2015). Modelo gravitacional del comercio internacional colombiano, 1991-2012. *Economía y Región*, 1(9), 245-270.

- Bonet, J. (2005). Cambio estructural regional en Colombia: una aproximación con matrices insumo-producto. *Documentos de Trabajo sobre Economía Regional*, (62), 1-52. <https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/DTSER-62-VE.pdf>
- Cárdenas, M., y García, C. (2004). El modelo gravitacional de comercio y el TLC entre Colombia y Estados Unidos. *Documentos de Trabajo, Fedesarrollo*, (27),1-37. https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/813/WP_2004_No_27.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Constitución Política de Colombia [C. P.] (1991). Artículo 306 [Título XI]. (2.ª ed.). Legis.
- Frankel, J., & Rose, A. (2002). An Estimate of the Effect of Common Currencies on Trade and Income. *The Quarterly Journal of Economics*, 117(2), 437-466. <http://www.jstor.org/stable/2696432>
- Fuenzalida, D., Valenzuela, B., y Corvalán, A. (2018). La facilitación comercial y sus efectos en el comercio bilateral chileno de 2006 a 2014. *Revista de la Cepal*, (124),173-191. <https://doi.org/10.18356/630ad7fa-es>
- Gallardo-Sánchez, C. F., & Vallejo-Zamudio, L. E. (2019). Política comercial y evolución del sector externo en Colombia 1970-2016. *Apuntes del Cenes*, 38(67), 124-155. <https://doi.org/10.19053/01203053.v38.n67.2019.8935>
- Gujarati, D., y Porter, D. (2009). *Econometría*. México, D. F. McGraw-Hill.
- Hausman, J. A., y Taylor, W. E. (1981). Panel data and unobservable individual effects. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 49, 1377-1398. <https://doi.org/10.2307/1911406>
- Krugman, P. R. (1979). Increasing returns, monopolistic competition, and international trade. *Journal of International Economics*, 9(4), 469-479. [https://doi.org/10.1016/0022-1996\(79\)90017-5](https://doi.org/10.1016/0022-1996(79)90017-5)
- Kumar, K. (2024). Trade Flow of India with BRICS Countries: A Gravity Model Approach. *Global Business Review*, 25(1), 22-39. <https://doi.org/10.1177/0972150920927684>
- Linder, S. B. (1961). *An Essay on Trade and Transformation*. New York. Wiley and Sons.
- Lozano, C., Castro, C., y Campos, J. (2005). Un modelo gravitacional para la agenda interna. *Archivos de Economía*, Dirección de Estudios Económicos, Departamento Nacional de Planeación.
- Meisel, A. (2007). ¿Por qué se necesita una política regional en Colombia? *Documentos de Trabajo sobre Economía Regional*, (100), 1-30. <https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/DTSER-100.pdf>
- Tinbergen, J. (1962). *Shaping the world economy. Suggestions for an International Economic Policy*. The Twentieth Century Fund. New York.
- Umaña, G., Junca, G., y Zerda, A. (2006). *Las barreras al comercio de bienes y servicios de Bogotá y el Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos*. Universidad Nacional de Colombia.
- Valencia, M., y Vanegas, J. (2007). Comportamiento de las exportaciones industriales de los principales departamentos colombianos: aplicación de un modelo gravitacional. En: Lotero, J. (ed.), *Desarrollo espacial, productividad y competitividad comercial durante la apertura de los noventa*. Universidad de Antioquia.

Villar, L., y Esguerra, P. (2007). El comercio exterior colombiano en el siglo XX. En Robinson, J., y Urrutia, M. (Ed.). *Economía colombiana del siglo XX. Un análisis cuantitativo*. Bogotá. Tercer Mundo Editores y Banco de la República.

Wooldridge, J. (2006). *Introducción a la econometría: un enfoque moderno*. Editorial Paraninfo.

Wooldridge, J. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data*. Londres. MIT.