



Análisis de la eficiencia relativa en la balanza comercial de los departamentos de Colombia

Analysis of the relative efficiency in the trade balance of the departments of Colombia

Análise da eficiência relativa na balança comercial dos departamentos da Colômbia

Sara Ximena Pinto Duarte; Nolberto Gutiérrez Posada; Julio Ernesto Camargo Bejarano

Especialista en analítica de datos aplicados a los negocios, Administración, Institución Universitaria EAM, Joven Investigadora, Facultad de Administración de Empresas, Corporación Universitaria Alexander von Humboldt. ORCID: 0009-0001-5046-5960, E-mail: spinto811922@cue.edu.co, Armenia-Colombia.

Magíster en Administración de Empresas con especialidad en Finanzas Corporativas, Ciencias Administrativas, Universidad de Viña del Mar, Coordinador de Investigaciones, Corporación Universitaria Empresarial Alexander von Humboldt, ORCID: 0000-0002-6687-3336. E-mail: ngutierrez152@cue.edu.co, Armenia-Colombia.

Magíster en Investigación Operativa y Estadística, Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Tecnológica de Pereira, Docente Investigador, Corporación Universitaria Empresarial Alexander von Humboldt, ORCID: 0000-0001-7294-2353. E-mail: jcamargo@cue.edu.co, Armenia-Colombia.

Recibido: 30 de septiembre de 2025

Aceptado: 1 de diciembre de 2025

DOI: <https://doi.org/10.22267/rtend.262701.284>

Cómo citar este artículo: Pinto, S., Gutiérrez, N. y Camargo, J. (2026). Análisis de la eficiencia relativa en la balanza comercial de los departamentos de Colombia. *Tendencias*, 27(1), 1-25. <https://doi.org/10.22267/rtend.262701.284>

Resumen

Introducción: Este estudio analizó indicadores de los departamentos colombianos para establecer los inputs (entradas) y outputs (salidas) necesarias para el Análisis Envolvente de Datos (DEA). La balanza comercial fue la base de este estudio, siendo un indicador clave del desempeño económico regional. **Objetivo:** Se identificaron y analizaron los indicadores clave de la balanza comercial, así como otros factores relevantes que influyeron en la eficiencia económica departamental. **Metodología:** Se utilizó un enfoque cuantitativo y descriptivo para recolectar y organizar datos de los últimos cinco años, con el objetivo de comprender la infraestructura logística y los flujos comerciales. **Resultados:** Los hallazgos demostraron una alta concentración de eficiencia en los departamentos del centro y occidente del país, evidenciando marcadas diferencias estructurales entre las regiones. **Discusión:** La calidad e inconsistencia de las diferentes fuentes de bases de datos oficiales representaron el principal obstáculo del estudio. Esto mostró que el mayor desafío fue la recopilación y construcción de una base de datos confiable antes de la aplicación del modelo analítico. **Conclusión:** Se logró desarrollar una base de datos estructurada y completa, esencial para las etapas posteriores del estudio y para el análisis de la eficiencia comercial de los departamentos colombianos, dando como resultado a la ciudad de Bogotá como la más eficiente.

Palabras clave: comercio internacional; exportaciones; importaciones; infraestructura de transportes; procesamiento de datos.

JEL: C67; F10; M21; O11; O18; R40.



Abstract

Introduction: This study analyzed indicators from Colombian departments to establish the inputs and outputs necessary for Data Envelopment Analysis (DEA). The trade balance served as the basis for this study, as it is a key indicator of regional economic performance. **Objective:** Key trade balance indicators were identified and analyzed, as well as other relevant factors influencing departmental economic efficiency. **Methodology:** A quantitative and descriptive approach was used to collect and organize data from the last five years, aimed at understanding logistics infrastructure and trade flows. **Results:** The findings revealed a high concentration of efficiency in the central and western departments of the country, revealing marked structural differences between regions. **Discussion:** The quality and inconsistency of the different official database sources represented the main obstacle to the study. This indicated that the greatest challenge was collecting and constructing a reliable database prior to the application of the analytical model. **Conclusion:** A structured and comprehensive database was successfully developed, which was essential for the subsequent stages of the study and for the analysis of the commercial efficiency of Colombian departments, with Bogotá emerging as the most efficient city.

Keywords: international trade; exports; imports; transportation infrastructure; data processing.

JEL: C67; F10; M21; O11; O18; R40.

Resumo

Introdução: Este estudo analisou indicadores dos departamentos colombianos para estabelecer os inputs (entradas) e outputs (saídas) necessários para a Análise Envolvente de Dados (DEA). A balança comercial foi a base deste estudo, sendo um indicador-chave do desempenho económico regional. **Objetivo:** Foram identificados e analisados os indicadores-chave da balança comercial, bem como outros fatores relevantes que influenciaram a eficiência económica departamental. **Metodologia:** Foi utilizada uma abordagem quantitativa e descritiva para recolher e organizar dados dos últimos cinco anos, com o objetivo de compreender a infraestrutura logística e os fluxos comerciais. **Resultados:** As conclusões demonstraram uma elevada concentração de eficiência nos departamentos do centro e oeste do país, evidenciando diferenças estruturais marcantes entre as regiões. **Discussão:** A qualidade e a inconsistência das diferentes fontes de bases de dados oficiais representaram o principal obstáculo do estudo. Isto mostrou que o maior desafio foi a recolha e construção de uma base de dados fiável antes da aplicação do modelo analítico. **Conclusão:** Conseguiu-se desenvolver uma base de dados

estruturada e completa, essencial para as etapas posteriores do estudo e para a análise da eficiência comercial dos departamentos colombianos, resultando na cidade de Bogotá como a mais eficiente.

Palavras-chave: comércio internacional; exportações; importações; infraestrutura de transportes; processamento de dados.

JEL: C67; F10; M21; O11; O18; R40.

Introducción

El análisis del aprovechamiento de los recursos en los departamentos colombianos es crucial para gestionar eficazmente la balanza comercial y, de este modo, mejorar el desarrollo económico regional. Las disparidades en la eficiencia de recursos, que se reflejan en la capacidad para manejar exportaciones e importaciones, afectan directamente la competitividad de cada región. Es fundamental medir indicadores como infraestructura, recursos económicos y capital humano, evaluando los resultados que estos generan para diseñar políticas públicas que impulsen el crecimiento (Abreo et al., 2021).

El panorama del comercio exterior colombiano, especialmente el que muestra las cifras de 2024, refleja una vulnerabilidad estructural persistente. Aunque se registró una leve contracción en el valor total de las exportaciones (-0,4%), que sumaron aproximadamente 49.552 millones de dólares FOB (Libre a bordo, por sus siglas en inglés *Free On Board*), esta caída estuvo asociada principalmente al sector minero-energético. Este hecho subraya la dependencia histórica del país a los *commodities*, una realidad que organismos internacionales han urgido a reducir para mitigar la exposición a los mercados volátiles (OECD, 2024). No obstante, este contexto complejo también mostró señales de diversificación, con un aumento en el volumen total exportado y un notable repunte en el desempeño de los sectores no tradicionales, particularmente el agroindustrial y el manufacturero.

Esta coyuntura económica evidencia la importancia crítica de analizar las capacidades regionales para aprovechar las oportunidades comerciales, superando las limitaciones estructurales que afectan la eficiencia en el uso de recursos y la competitividad a nivel nacional. El contexto de este problema se enmarca en las disparidades económicas y logísticas que existen entre los departamentos colombianos, donde algunos presentan una infraestructura más

desarrollada y mayores capacidades para generar exportaciones, mientras que otros enfrentan limitaciones que reducen su competitividad. Estos factores se ven reflejados en la balanza comercial, que, dependiendo de la eficiencia en el uso de los recursos, puede ser positiva o negativa.

La dimensión social, económica y cultural del problema se refleja en el impacto que tienen las desigualdades en la eficiencia regional sobre las condiciones de vida de su población, su acceso a oportunidades económicas y la capacidad de crecimiento sostenible. Un análisis adecuado de los indicadores de eficiencia permitirá una mejor gestión de los recursos y contribuirá a un desarrollo económico más equilibrado y competitivo a nivel nacional.

Por tanto, esta investigación contribuye a la comprensión de la eficiencia comercial a nivel departamental al aplicar el DEA (Análisis Envolvente de Datos, por sus siglas en inglés *Data Envelopment Analysis*), para identificar y medir las disparidades estructurales en el desempeño relativo de las regiones. El modelo DEA es una metodología no paramétrica utilizada para evaluar la eficiencia relativa de Unidades de Decisión Homogéneas (DMUs, *Decision Making Units*) que transforma múltiples insumos (*inputs* - entradas) en múltiples productos (*outputs* - salidas). El estudio establece cuáles departamentos logran un uso más eficiente de sus recursos disponibles para generar resultados comerciales. Además, el análisis de estas desigualdades sirve como fundamento para orientar la identificación de mejores prácticas y el diseño de políticas que promuevan un desarrollo territorial más competitivo en materia de comercio exterior.

Por ende, pregunta central de esta investigación es: ¿Qué departamentos de Colombia demuestran mayor o menor eficiencia relativa en el uso de sus inputs para generar outputs, según el modelo DEA?

Infraestructura logística: perspectiva nacional e internacional

El Ministerio de Transporte establece que la infraestructura logística se define como el conjunto de instalaciones, servicios y redes que permiten el transporte, almacenamiento y distribución eficiente de mercancías. Su calidad y desarrollo son determinantes en el comercio internacional, afectando directamente los costos y tiempos de exportación e importación (Ministerio de Transporte, 2024).

En términos de la infraestructura logística internacional, el informe *Logistics Performance Index 2023* del Banco Mundial, subraya que, en países emergentes, la digitalización de las cadenas de suministro permite acortar significativamente los retrasos en los puertos, hasta en un 70% en comparación con los países desarrollados (Banco Mundial, 2023). Esto refleja la importancia de implementar tecnologías avanzadas para agilizar procesos y mejorar la competitividad. En cuanto a la información sobre los costos logísticos en Colombia, según el Departamento Nacional de Planeación (DNP), los costos logísticos nacionales han sido un desafío importante. A nivel nacional, el costo logístico se ubica en el 17,9% del Producto Interno Bruto (PIB), que está por encima de la meta del 12,9%, definida en la Política Nacional Logística. Este nivel de costos refleja las barreras y deficiencias en infraestructura, como la conectividad vial, ferroviaria y portuaria, las cuales continúan impactando la eficiencia del sector logístico en el país (Departamento Nacional de Planeación, 2021).

El Fondo Monetario Internacional ha advertido que los costos logísticos en Colombia, medidos como porcentaje de las ventas empresariales, alcanzan en promedio el 12,6%. Esta proporción, dominada por el transporte interno, se convierte en un factor crítico que limita la competitividad de las exportaciones y genera sobrecostos en las cadenas del Fondo Monetario Internacional (2023). En este sentido, la reducción de dichos costos es clave para ampliar la diversificación y el alcance de las exportaciones nacionales.

Metodología CCR del modelo (DEA)

El modelo DEA fue introducido por primera vez por Charnes, Cooper y Rhodes en 1978, en lo que se conoce como el modelo CCR, en honor a sus apellidos. Este modelo asume rendimientos constantes a escala, lo que implica que un incremento proporcional en los insumos, generará un incremento proporcional en los productos, es decir, el modelo CCR se basa en la programación lineal para construir una frontera eficiente y calcular la eficiencia relativa de cada DMU en comparación con dicha frontera (Charnes et al., 1978).

En el contexto de infraestructura logística y comercio internacional, la aplicación del DEA permite identificar las regiones (por ejemplo, departamentos colombianos) que logran un uso más eficiente de sus recursos disponibles para generar resultados comerciales positivos, como el valor de exportaciones. En este caso particular, se plantea el uso de tres entradas (el nivel de infraestructura logística, población económicamente activa y extensión territorial) y

tres salidas (empresas exportadoras, índice de competitividad y exportaciones del año 2024).

El enfoque CCR ha demostrado ser especialmente adecuado cuando las unidades analizadas operan bajo una escala de producción constante y se requiere una herramienta objetiva para evaluar el desempeño relativo sin necesidad de conocer a priori la forma funcional de la relación entre inputs y outputs (Cooper et al., 2011).

De esta forma, aplicar el modelo CCR a nivel departamental en Colombia permite explorar cómo los recursos logísticos (como carreteras, puertos secos, zonas francas y plataformas logísticas) y empresariales (empresas exportadoras) se traducen en resultados tangibles en la balanza comercial. Este análisis es crucial para identificar desigualdades regionales, orientar inversiones estratégicas y diseñar políticas que promuevan un desarrollo territorial más equilibrado y competitivo.

Supereficiencia del modelo DEA

La técnica de supereficiencia en el contexto del modelo DEA surge como una extensión del modelo clásico, diseñada para diferenciar entre unidades que han sido clasificadas como eficientes bajo el modelo tradicional. En el modelo CCR, las DMUs que se ubican en la frontera eficiente obtienen un puntaje de eficiencia igual a 1, lo que impide establecer una jerarquía entre ellas. La supereficiencia permite superar esta limitación al excluir a la DMU evaluada de la construcción de la frontera eficiente, lo que posibilita asignarle un valor de eficiencia mayor a 1 (Andersen & Petersen, 1993).

Esta metodología resulta particularmente ventajosa en estudios comparativos donde se requiere establecer un orden de eficiencia entre las mejores unidades, como sucede en evaluaciones de desempeño institucional, benchmarking entre regiones o procesos de asignación de recursos limitados. La supereficiencia proporciona una perspectiva más discriminativa, identificando no solo qué unidades son eficientes, sino también cuán eficientes son en relación con sus pares igualmente eficientes. En esta misma línea de investigación, la aplicación de los modelos DEA con supereficiencia ha demostrado ser una herramienta útil para evaluar y clasificar las unidades de análisis en contextos de competitividad regional (Camargo y Quintero, 2018).

En el caso del análisis de la infraestructura logística y la balanza comercial a nivel

departamental en Colombia, la aplicación del modelo de supereficiencia es especialmente pertinente. Dado que varios departamentos pueden alcanzar niveles de eficiencia óptimos bajo el enfoque CCR, la supereficiencia permite evaluar con mayor precisión cuáles de estos departamentos aprovechan sus recursos de manera excepcional. Esta diferenciación es clave para priorizar políticas públicas, identificar mejores prácticas y dirigir inversiones estratégicas hacia zonas con mayor retorno logístico y comercial.

Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, caracterizado por la recolección y análisis de datos objetivos y medibles, lo que garantizó la precisión en el tratamiento de la información. Este enfoque se centró en identificar indicadores clave relacionados con la infraestructura logística y la balanza comercial de los departamentos colombianos. Para ello, se utilizaron fuentes confiables, como bases de datos oficiales, estadísticas nacionales y reportes especializados.

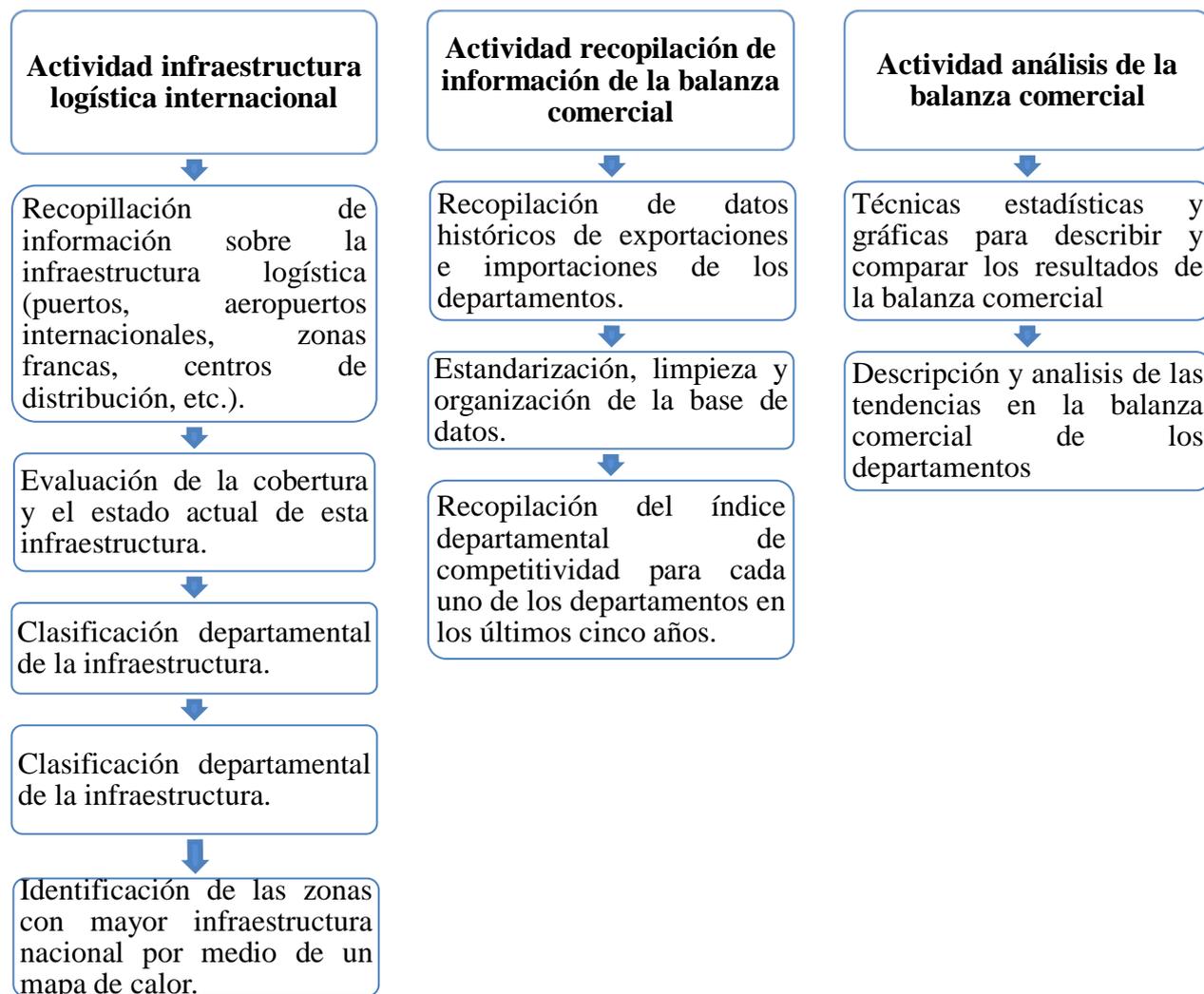
El alcance descriptivo de la investigación permitió caracterizar las condiciones actuales de la infraestructura logística y las dinámicas de comercio internacional en cada departamento. Esto incluyó el análisis de datos correspondientes a los últimos cinco años, identificando patrones, tendencias y posibles desigualdades entre los departamentos.

Componentes y actividades

En el desarrollo metodológico de la investigación se llevaron a cabo tres componentes principales, cada uno compuesto por actividades específicas orientadas a cumplir con los objetivos propuestos. La Figura 1, presenta de manera esquemática, las etapas del proceso investigativo. Estas incluyen la recopilación de información sobre infraestructura logística, la obtención y depuración de datos relacionados con la balanza comercial, y el análisis estadístico de los resultados obtenidos. Cada fase se articula de forma secuencial, permitiendo avanzar desde la identificación de recursos hasta la interpretación de la eficiencia comercial de los departamentos de Colombia.

Figura 1

Diagrama de las actividades realizadas



Fuente: Elaboración de los autores.

Procedimientos

Los procedimientos desarrollados en la investigación permitieron estructurar de forma ordenada las etapas de recolección, organización y análisis de la información, asegurando la coherencia metodológica del estudio y la obtención de resultados confiables. Cada procedimiento respondió a una secuencia lógica orientada al cumplimiento de los objetivos.

- **Recolección de datos:** Se recopiló información numérica y estadística relacionada con la infraestructura logística y la balanza comercial de los departamentos.
- **Organización de la información:** Se clasificaron y estructuraron los datos en categorías relevantes para un análisis efectivo.

- **Análisis de resultados:** Se aplicaron técnicas analíticas para interpretar los datos y extraer conclusiones significativas que permitieran alcanzar los objetivos de la investigación.

Escenario y población

La población de estudio incluyó los 32 departamentos de Colombia y el distrito capital. El escenario se centró en los datos económicos y logísticos obtenidos en el ámbito nacional y regional durante los últimos cinco años.

Análisis e interpretación de resultados

Los resultados se analizaron en relación con los objetivos específicos. El análisis permitió interpretar los factores que incidieron en la eficiencia de cada departamento. Para ello, se utilizó la herramienta RStudio, integrada al lenguaje de programación R, que optimiza el análisis estadístico y la computación gráfica, facilitando la organización, tratamiento y análisis de las bases de datos de exportaciones e importaciones. Finalmente, los resultados fueron presentados en informes y gráficos que reflejan las conclusiones del proyecto, facilitando su comprensión por parte de actores claves, como instituciones públicas y privadas.

Esta metodología garantiza una base sólida para la posterior aplicación del DEA, proporcionando insumos que permitan evaluar el desempeño de los departamentos en términos de logística y comercio.

Resultados

Infraestructura logística internacional

Como parte del estudio sobre la infraestructura logística nacional, se llevó a cabo una recopilación de información a partir de diversas fuentes oficiales. Entre las entidades consultadas se encuentran: Aeronáutica Civil (2022), Agencia Nacional de Contratación Pública (2021), Agencia Nacional de Infraestructura - ANI (2024), Alianza por Venezuela (2022), Actualícese (2024), Asociación Nacional de Comercio Exterior - Analdex (2024), Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE (2025), Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales - DIAN (2024), Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2022), PROCOLOMBIA (2024), y la Superintendencia de Transporte (2024).

El Decreto 1165 de 2019, expedido por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, regula el Régimen de Aduanas en Colombia y establece las relaciones jurídicas entre la administración aduanera (DIAN) y los distintos actores del comercio exterior, como importadores, exportadores, transportistas y usuarios de zonas primarias aduaneras. Su objetivo principal es facilitar el comercio exterior mediante normas claras y procesos eficientes, promoviendo principios como la eficiencia en la gestión aduanera, la favorabilidad en la interpretación normativa, la justicia en el trato a los operadores y la seguridad en toda la cadena logística (Ministerio de Justicia y del Derecho de Colombia, 2019).

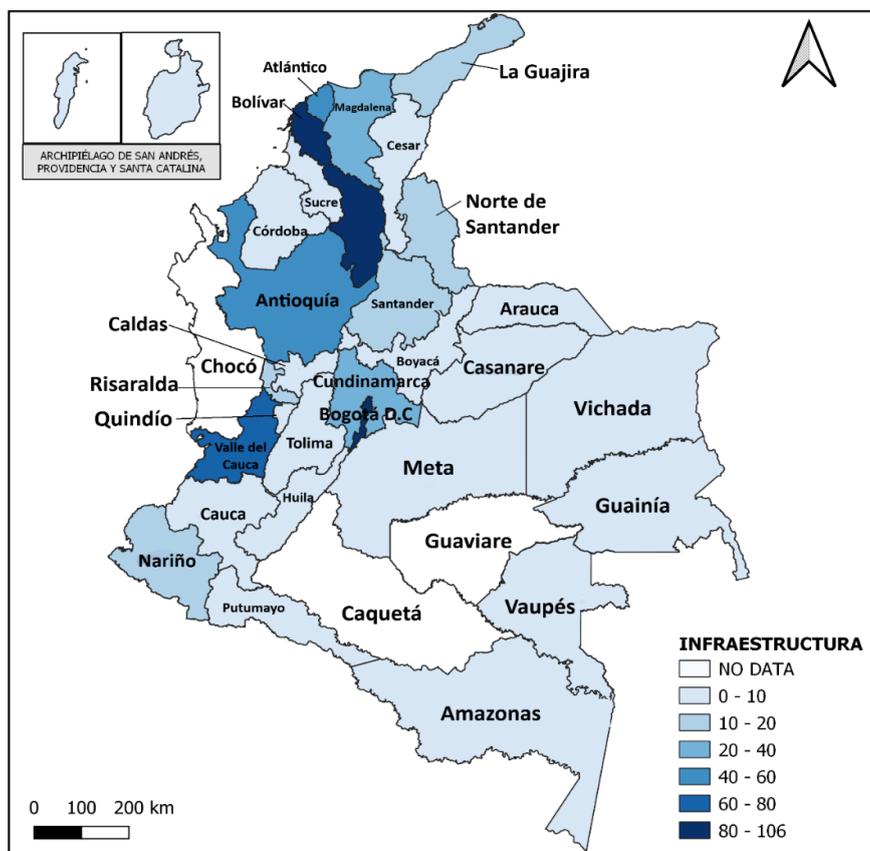
La Resolución 46 de 2019 fue expedida por el Director General de la DIAN. Esta resolución reglamenta el Decreto 1165 de 2019, especificando los procedimientos, formatos y criterios técnicos para la solicitud, evaluación y otorgamiento de habilitaciones, así como las condiciones físicas y tecnológicas de las instalaciones logísticas (DIAN, 2019).

A partir de lo dispuesto, se consolidó una base de información que integró únicamente las infraestructuras vigentes y operativas en el período analizado, tales como zonas francas, puertos, aeropuertos internacionales, cruces de frontera, depósitos aduaneros y tramos de vías férreas operativos. Estas normativas fueron una fuente clave para identificar cuáles infraestructuras se encontraban formalmente habilitadas, asegurando que el análisis se basó en activos logísticos que realmente funcionen para las operaciones de comercio exterior en Colombia.

Con el fin de caracterizar la distribución de la infraestructura logística en Colombia, se organizó la información recopilada por departamentos. Esta sistematización permitió consolidar una tabla que muestra el número total de activos logísticos, como puertos, aeropuertos internacionales, zonas francas, depósitos aduaneros, cruces de frontera y vías férreas presentes en cada territorio. A partir de ello, fue posible construir un mapa de calor que facilitó la visualización geográfica de la concentración y cobertura de dichos activos (Figura 2).

Figura 2

Mapa de calor de la infraestructura logística internacional



Nota: El mapa presenta la distribución departamental de la infraestructura logística en Colombia, categorizada por rangos de cantidad. La intensidad del color representa el número de instalaciones logísticas identificadas por departamento.

Fuente: Elaboración de los autores según datos recolectados y analizados.

El análisis evidenció que los departamentos con mayor concentración de infraestructura logística fueron Bogotá, Bolívar, Valle del Cauca, Atlántico y Antioquia; como se puede observar en el mapa de calor, estos departamentos comparten características clave que explican su posicionamiento como centros logísticos del país. Su ventaja se relaciona con la presencia de grandes centros urbanos e industriales, acceso a infraestructura portuaria y aeropuertos de talla internacional y una alta conectividad vial. Estas condiciones les permiten integrarse con mayor eficiencia a las cadenas globales de suministro, consolidándose como ejes estratégicos del comercio exterior colombiano.

Por su parte, departamentos como Caquetá, Chocó y Vaupés no representan necesariamente el contraste opuesto, sino que responden a realidades estructurales muy

distintas. Se trata de territorios con baja densidad poblacional, limitaciones geográficas y menor presencia industrial o comercial a gran escala, factores que inciden directamente en el desarrollo logístico.

Recopilación de información de la balanza comercial

En la investigación se utilizó el proceso ETL (Extracción, Transformación y Carga, por sus siglas en inglés *Extract, Transform, Load*) para consolidar una base de datos estructurada de exportaciones e importaciones correspondientes al período 2020-2024. ETL es un procedimiento que implica la extracción de datos de diversas fuentes, su transformación para mejorar su calidad y coherencia mediante reglas específicas; finalmente, las cargas de estos datos son transformadas en un almacén de datos o base de datos para su análisis.

Según Kimball y Caserta (2024), el ETL es una etapa fundamental en el desarrollo de almacenes de datos, ya que implica la extracción de datos desde sistemas heterogéneos, su transformación para garantizar calidad y consistencia mediante reglas específicas, y su carga en estructuras listas para análisis estratégico.

Dado el volumen y la complejidad de las bases de datos utilizadas, el proceso de ETL fue desarrollado en el lenguaje de programación R. La magnitud de los archivos dificultaba su tratamiento en herramientas tradicionales como Excel, debido a limitaciones en el manejo eficiente de grandes conjuntos de datos. RStudio ofreció la flexibilidad y capacidad necesaria para consolidar la información, asegurando así la integridad y coherencia de los datos a lo largo de todas las fases del proceso ETL.

Una vez consolidadas todas las bases de datos correspondientes a las exportaciones e importaciones del periodo 2020-2024, se identificaron como variables clave de análisis el departamento y el valor FOB. Este último representa el valor de las mercancías en dólares, sin incluir los costos de transporte internacional ni seguros hasta el destino final, siendo una métrica estándar en el comercio internacional para evaluar el valor real de las transacciones. Se construyó una tabla con la información consolidada por departamento. Esta tabla incluyó el código del departamento, el nombre del departamento, exportaciones (valor agrupado de FOB) e importaciones (valor agrupado de FOB) esto para cada uno de los años de estudio.

Posteriormente, se añadió una columna adicional denominada “balanza comercial” (Ecuación 1), que calculó la diferencia entre el valor total de las exportaciones y las importaciones por departamento.

$$\text{Balanza comercial} = \text{Total de exportaciones} - \text{Total de importaciones} \quad (1)$$

Este procedimiento permitió observar con claridad cuáles departamentos presentaron un superávit comercial (cuando las exportaciones superaron las importaciones) y cuáles registraron un déficit. Finalmente, se incluyó un total general al final de la tabla para reflejar el comportamiento agregado del país en términos de su balanza comercial durante el periodo analizado.

Analizar la balanza comercial

La balanza comercial mide la diferencia entre el valor total de las exportaciones e importaciones de un país o región en un periodo determinado. Una balanza comercial positiva (superávit) indica mayores exportaciones que importaciones, mientras que una negativa (déficit) refleja lo contrario. En Colombia, este indicador es clave para evaluar la competitividad regional en el comercio exterior (DANE, 2024b).

La balanza comercial es uno de los indicadores clave para entender la relación económica de un país con los mercados globales. En el caso de Colombia, su comportamiento durante el periodo 2020-2024 refleja una tendencia constante al déficit, es decir, el país ha importado más de lo que ha exportado. Esto implica una salida neta de divisas y evidencia debilidades estructurales en la capacidad productiva y exportadora del país.

Durante el año 2020, el saldo comercial fue de -10.130 millones de dólares FOB, en un contexto marcado por la pandemia del COVID-19, que afectó la actividad económica global y redujo tanto las exportaciones como las importaciones. En el caso colombiano, las exportaciones cayeron principalmente en los sectores de combustibles y productos de minería (DANE, 2021). Sin embargo, en 2021 el déficit se agravó significativamente, alcanzando los -15.259 millones, lo que representó un decrecimiento de 5.129 millones de dólares respecto al año anterior. Esta situación se dio en un escenario de reapertura económica, donde las importaciones crecieron rápidamente ante la recuperación del consumo y la inversión, mientras que las exportaciones aún no lograban recuperarse del todo (Banco de la República, 2022).

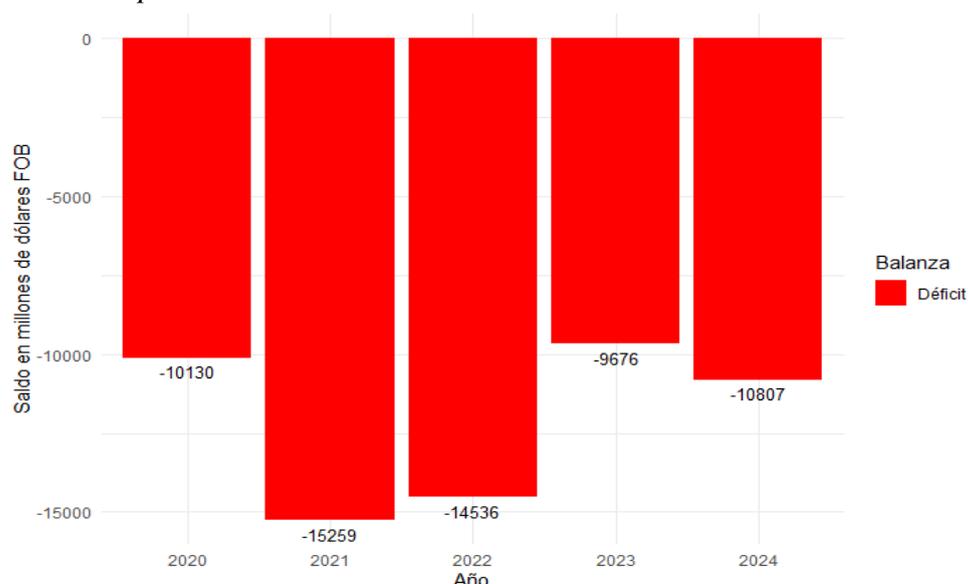
En 2022, aunque se mantuvo el déficit, hubo una ligera mejora frente al año anterior, con un saldo de -14.536 millones, es decir, una reducción del déficit de 723 millones de dólares. Esta variación puede relacionarse con el alza en los precios internacionales del petróleo y el

carbón, que son productos claves en la canasta exportadora colombiana (Portafolio, 2022). Para 2023, se observó la mejoría más notable del periodo, con un déficit de -9.676 millones, lo cual significó una reducción de 4.860 millones frente al año anterior. Esta tendencia positiva podría estar vinculada al fortalecimiento de ciertos sectores no tradicionales de exportación y a una menor demanda interna de bienes importados (DNP, 2024).

No obstante, en 2024 se registró nuevamente un deterioro de la balanza, con un déficit de -10.807 millones, lo que representa un aumento del déficit en 1.131 millones respecto a 2023. Esta reversión podría asociarse a una menor dinámica exportadora en algunos sectores, a la volatilidad de los precios internacionales y a factores como la tasa de cambio y el comportamiento del consumo interno (OECD, 2024).

En conjunto, la Figura 3 evidencia que Colombia mantiene una balanza comercial estructuralmente negativa. Si bien hay años con cierta recuperación, como 2023, la tendencia general revela una economía que depende en gran medida de bienes importados, mientras que sus exportaciones siguen concentradas en pocos productos y sectores. Este comportamiento tiene implicaciones tanto para la política económica como para la planificación del desarrollo regional, ya que afecta directamente la generación de divisas, la estabilidad macroeconómica y la competitividad del país en el mercado internacional.

Figura 3
Balanza comercial por año



Nota: Saldo de la balanza comercial nacional en millones de dólares FOB por año.

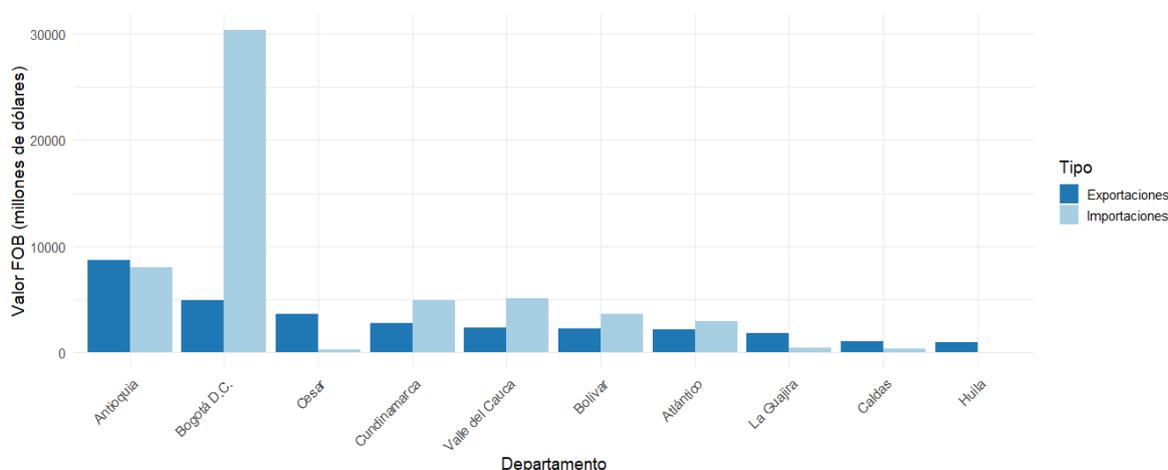
Fuente: Elaboración de los autores según datos del DANE, procesado con RStudio.

Balanza comercial año 2024

El año 2024 trajo consigo algunas señales positivas, especialmente por la recuperación de Antioquia, que por primera vez en el período alcanzó un superávit comercial de 683 millones de dólares (Figura 4), fruto de un mejor equilibrio entre exportaciones e importaciones. Cesar volvió a destacar con un superávit de 3.352 millones, consolidando su liderazgo en eficiencia comercial. La Guajira, Caldas y Huila también presentaron saldos positivos importantes, lo que confirma el buen desempeño de estos territorios con vocación agrícola y minera. En contraste, Bogotá mantuvo su tendencia estructural de déficit, cerrando el año con -25.430 millones, lo que sigue evidenciando su rol importador en la economía nacional. Cundinamarca y Valle del Cauca continuaron con déficits considerables, a pesar de ser departamentos con fuerte actividad industrial. Esto concluye que el 2024 cerró con una distribución desigual en los saldos comerciales, destacando la mejora en departamentos tradicionalmente deficitarios como Antioquia, que experimentó un superávit significativo.

Figura 4

Balanza comercial por departamento 2024



Nota: El gráfico representa el saldo de la balanza comercial de los departamentos colombianos en 2024, expresado en millones de dólares. Los datos están ordenados de mayor a menor según el valor de las exportaciones.

Fuente: Elaboración de los autores según datos del DANE, procesado con RStudio.

Modelo DEA

En el desarrollo del modelo DEA, se evaluó la eficiencia relativa de 33 unidades territoriales de Colombia (32 departamentos y Bogotá como unidad separada), utilizando datos

del año 2024. La selección de variables se realizó con base en su relevancia en la competitividad regional y la gestión de la balanza comercial.

Es crucial precisar que este estudio excluye la variable correspondiente al petróleo y sus derivados. Esta decisión se debe a que el DANE discrimina la información de este sector, tratándola como si fuera un departamento independiente. Por tanto, el análisis se centró exclusivamente en los departamentos geográficos incluidos en la muestra, sin considerar las dinámicas y cifras asociadas a la producción y exportación petrolera.

Variables de entrada (inputs)

Las variables de entrada seleccionadas para el modelo DEA reflejan los recursos disponibles en cada departamento que influyen directamente en su capacidad para gestionar la balanza comercial. Estas variables permiten evaluar cómo los factores físicos, logísticos y humanos contribuyen a la eficiencia en la movilización y exportación de mercancías.

Extensión territorial (km²): La extensión territorial de cada departamento fue tomada del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2024), entidad responsable de la cartografía oficial del país. Esta variable representa la cantidad de kilómetros cuadrados que posee cada departamento, y fue utilizada como un input en el modelo DEA. Es importante destacar que, a diferencia de otras variables, la extensión territorial no varía año a año, por lo cual se empleó un único valor constante para cada territorio durante todo el período de análisis (2020-2024). Esta variable considera las dimensiones físicas que influyen en la disponibilidad de infraestructura, recursos logísticos y acceso a mercados.

Infraestructura logística: Evalúa la disponibilidad y calidad de vías, puertos, aeropuertos y centros de carga. Esta variable es crucial, ya que facilita la circulación de bienes y reduce tiempos y costos en el comercio exterior. Los departamentos con infraestructura robusta presentan mayor eficiencia en la cadena logística, mientras que los que carecen de recursos adecuados enfrentan limitaciones que se reflejan en menores resultados de eficiencia.

Población Económicamente Activa (PEA): Corresponde al conjunto de personas en edad de trabajar que participan en el mercado laboral, ya sea trabajando o buscando empleo activamente. Esta información fue extraída de las estadísticas del DANE (2024a) que proporciona los datos oficiales de empleo en el país. Se consideró esta variable como otro input

clave en el análisis, ya que una mayor PEA puede traducirse en una mayor capacidad de producción y dinamismo económico regional.

Variables de salida (outputs)

Las variables de salida seleccionadas para el modelo DEA reflejan los resultados alcanzados por cada departamento en términos de comercio exterior y competitividad. Estas variables permiten evaluar cómo los recursos disponibles (inputs) se traducen en desempeño comercial efectivo y capacidad de generación de valor en el comercio internacional.

- **Número de empresas exportadoras (2024):** Cantidad de empresas registradas como exportadoras durante el año 2024 en cada departamento.
- **Índice departamental de competitividad:** Es un indicador compuesto que refleja la capacidad de un departamento para fomentar entornos empresariales, la innovación y la productividad al evaluar el uso eficiente de sus recursos. Es una herramienta desarrollada por el Consejo Privado de Competitividad y la Universidad del Rosario para evaluar y comparar el nivel de competitividad de las regiones en Colombia. Metodológicamente, se basa en una adaptación del Índice Global de Competitividad del Foro Económico Mundial y está compuesto exclusivamente por indicadores de fuentes oficiales del orden nacional. Su estructura abarca 13 pilares agrupados en cuatro factores principales (condiciones habilitantes, capital humano, eficiencia de los mercados y ecosistema innovador), proporcionando una visión integral del desempeño regional y apoyando el diseño de políticas públicas basadas en evidencia (Consejo Privado de Competitividad, 2024).
- **Valor FOB de exportaciones (USD - 2024):** Valor total de las exportaciones por departamento en términos FOB que refleja ingresos reales por comercio internacional.

Este conjunto de variables permitió construir un modelo DEA orientado a salidas, evaluando qué tan eficientemente cada departamento convierte sus recursos disponibles (inputs) en resultados económicos tangibles (outputs), especialmente en el contexto de comercio internacional.

Con el propósito de evaluar la eficiencia relativa en la gestión de la balanza comercial de los departamentos colombianos, se aplicó el modelo DEA bajo dos enfoques principales, la eficiencia técnica, correspondiente al modelo DEA básico, y la supereficiencia, que permite discriminar entre las unidades eficientes y jerarquizarlas más allá del umbral estándar de eficiencia (valor = 1).

Departamentos más eficientes

Diez departamentos alcanzaron una eficiencia técnica de 1, lo que significa que, bajo el enfoque DEA, utilizaron sus recursos de manera óptima en relación con su output de exportaciones (Tabla 1). Estos departamentos fueron Antioquia, Bogotá, Caldas, Caquetá, Cesar, Chocó, Cundinamarca, Huila, Quindío y Risaralda.

Tabla 1

Eficiencia Técnica (DEA) y Super Eficiencia por departamentos

Departamento	Eficiencia Técnica (DEA)	Super Eficiencia
Bogotá D.C.	1,00	14,38
Chocó	1,00	4,96
Quindío	1,00	4,75
Cesar	1,00	2,73
Antioquia	1,00	1,97
Huila	1,00	1,45
Cundinamarca	1,00	1,40
Caquetá	1,00	1,31
Caldas	1,00	1,05
Risaralda	1,00	1,05
Boyacá	0,99	0,99
Tolima	0,96	0,96
Guaviare	0,81	0,96
Santander	0,91	0,91
Atlántico	0,90	0,90
Valle del Cauca	0,89	0,89
Magdalena	0,81	0,81
Norte de Santander	0,80	0,80
Casanare	0,77	0,78
Meta	0,77	0,77
Bolívar	0,75	0,75
San Andrés	0,74	0,74
Cauca	0,74	0,74
Sucre	0,69	0,69
Córdoba	0,68	0,68
La Guajira	0,66	0,66
Nariño	0,62	0,62
Guainía	0,60	0,60
Putumayo	0,59	0,59
Arauca	0,58	0,58
Amazonas	0,55	0,55
Vaupés	0,47	0,47
Vichada	0,33	0,33

Fuente: Elaboración de los autores.

No obstante, al analizar la supereficiencia, se observaron diferencias significativas en el rendimiento superior entre estos departamentos. Bogotá se destacó con un valor de supereficiencia de 14.38, lo que la posiciona como la entidad territorial más sobresaliente. Esta cifra evidencia que, además de ser eficiente, Bogotá supera ampliamente a sus pares en el uso proporcional de sus recursos, lo cual se explica por su alta densidad empresarial, la mayor infraestructura logística del país (106 activos), un índice de competitividad elevado (8.14) y un volumen de exportaciones superior a los USD 4.900 millones.

Otro hallazgo es el de Chocó, que, a pesar de tener infraestructura nula (0 activos) y un bajo número de empresas exportadoras (16), alcanzó una eficiencia técnica de 1 y una supereficiencia de 4.96, situándose por encima de muchos otros departamentos con mejores condiciones objetivas. Este resultado, aunque paradójico a primera vista, se debe a que el modelo DEA evalúa la eficiencia relativa en función del uso de recursos disponibles. Es decir, Chocó logró un nivel de exportaciones relativamente alto (USD 35.7 millones) en comparación con sus limitadas capacidades, lo que evidencia un aprovechamiento óptimo dentro de su contexto estructural. Esto se explica por la alta concentración de la canasta exportadora del departamento en bienes de elevado valor, como el oro en bruto, las manufacturas de oro y la madera aserrada, que representan más del 80% de sus exportaciones. Si bien esta especialización muestra una dependencia significativa de los recursos naturales, también resalta la capacidad del Chocó para generar sus exportaciones con limitada infraestructura y base productiva. En este sentido, el modelo DEA identifica en el departamento una eficiencia competitiva relativa, que no se basa en la diversificación de su economía, sino en el aprovechamiento intensivo de ventajas comparativas estratégicas, lo que le permite sobresalir frente a otras regiones con mayores recursos.

Departamentos como Cesar (2.73), Quindío (4.75) y Caquetá (1.31) también sobresalieron en supereficiencia, demostrando que pueden destacarse aun sin ser líderes en volumen de exportación, siempre que su desempeño esté alineado eficientemente con sus recursos disponibles.

Departamentos menos eficientes

En el extremo opuesto, los departamentos con los niveles más bajos de eficiencia técnica fueron Vaupés (0.47) y Vichada (0.33); este último, obtuvo el valor más bajo del país, lo que refleja una ineficiencia estructural profunda, sin empresas exportadoras registradas, con

muy poca infraestructura (2 activos) y sin reporte de exportaciones durante 2024. En estos casos, la eficiencia baja no solo responde a una subutilización de recursos, sino también a la ausencia de condiciones básicas para competir en comercio internacional.

Otros departamentos con baja eficiencia incluyen Amazonas, Putumayo, Guainía, Nariño y Arauca, todos con valores por debajo de 0.62. Estos territorios comparten características comunes como baja infraestructura, bajo nivel de empresas exportadoras y una PEA limitada, lo que restringe su desempeño en la balanza comercial.

Discusión

El análisis de la eficiencia relativa en la balanza comercial, mediante el modelo DEA, reveló una profunda disparidad estructural en Colombia, alineándose con los hallazgos del Índice Departamental de Competitividad (IDC) de 2025. Este índice reconfirma a Bogotá como líder absoluto, mientras que las regiones periféricas siguen mostrando rezagos económicos. El estudio ubica a Bogotá en la cúspide de la eficiencia (14.37) y a departamentos como Vichada (0.33) en el extremo ineficiente, respaldando la evidencia científica de la centralización de factores productivos y logísticos. Esto demuestra que la eficiencia comercial refleja las ventajas de escala y el ecosistema innovador de las grandes capitales.

Por otro lado, la notable eficiencia relativa de Chocó (4.95) constituye un hallazgo atípico, que no contradice el modelo, sino que, valida su capacidad para identificar la eficiencia de nicho, interpretándose como el uso óptimo de sus escasos inputs para capitalizar una ventaja comparativa específica (el valor FOB del oro); esta situación es consistente con la realidad económica del Chocó, que, a pesar de las brechas, registra crecimientos puntuales basados en la explotación de recursos. No obstante, una limitación significativa, que es un desafío recurrente para la investigación empírica regional en Colombia, fue la calidad e inconsistencia de las diferentes fuentes de bases de datos oficiales; la dificultad de recopilar y construir una base de datos homogénea y confiable, debido a cambios en la definición y recolección de variables a lo largo del tiempo, fue el mayor desafío analítico antes de aplicar el modelo DEA.

Conclusiones

El estudio revela un panorama complejo sobre la competitividad regional y los desafíos del comercio internacional en Colombia. El Índice Departamental de Competitividad confirmó la existencia de profundas brechas estructurales entre las regiones, siendo el desarrollo en infraestructura, capital humano y entorno empresarial factores clave. Esta situación se agrava por la baja disponibilidad y la desigual distribución de la infraestructura logística, un factor que limita el potencial del comercio internacional y restringe la participación de la mayoría de los departamentos en el mercado global. El modelo DEA reforzó estos hallazgos al evidenciar una marcada concentración de la eficiencia en el centro y occidente del país.

Los casos analizados, como Chocó (notable eficiencia relativa, optimizando recursos limitados) y Bogotá (referente nacional de eficacia), ilustran esta disparidad en el desempeño. La relevancia principal de esta investigación radica en que logra identificar y cuantificar con precisión estas diferencias, demostrando que el potencial de comercio exterior no se limita a las regiones centralizadas. Este análisis es fundamental, dado que la expansión del comercio internacional es un motor que impulsa el empleo, la economía y el crecimiento sostenido a nivel local y nacional.

El mayor desafío, y a la vez el principal aporte del estudio, fue la construcción de una base de datos confiable a partir de información pública inconsistente (DANE y DIAN). Este hallazgo pone de manifiesto una necesidad crítica de estandarizar y mejorar los sistemas de información oficial. Este proceso es esencial para permitir cualquier análisis riguroso y para que las futuras políticas públicas cuenten con un fundamento de datos sólido y comparable a lo largo del tiempo.

En cuanto a la contribución a políticas públicas y a futuras líneas de investigación, los resultados del estudio sirven como fundamento informativo para guiar estrategias de desarrollo regional. Esto incluye orientar la inversión en infraestructura y conectividad hacia los departamentos menos eficientes, y diseñar estrategias de fomento del comercio exterior que reconozcan e impulsen el potencial de las empresas exportadoras en todo el territorio. Académicamente, se sugiere realizar estudios de caso detallados para comprender y replicar los factores de éxito que permiten a regiones como Chocó alcanzar altos niveles de eficiencia

relativa a pesar de sus limitaciones de recursos.

Consideraciones éticas

La presente investigación contó con el aval del Comité de Ética y Bioética de la Corporación Universitaria Alexander von Humboldt. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo y documental, fundamentado en el análisis de información secundaria proveniente de bases de datos públicas. En consecuencia, no se utilizaron datos personales que pudieran implicar riesgos éticos, por lo que no se requirieron consideraciones adicionales en este aspecto.

Conflicto de interés

Todos los autores realizaron aportes significativos al documento y declaran que no existe ningún conflicto de interés relacionado con este artículo.

Declaración de contribución de los autores

Sara Ximena Pinto Duarte: Metodología, software, validación, análisis formal, investigación, curación de datos, escritura, redacción y visualización.

Nolberto Gutiérrez Posada: Conceptualización, metodología, software, supervisión y administración de proyecto.

Julio Ernesto Camargo Bejarano: Conceptualización, metodología, software, supervisión y administración de proyecto.

Fuente de financiación

Este artículo es resultado de un proyecto de investigación que cuenta con la financiación de la Corporación Universitaria Alexander von Humboldt, en el marco del programa de Jóvenes Investigadores, identificado con el código D.J.A.01-2025.

Referencias

- (1) Abreo, C., Bustillo, R. & Rodriguez, C. (2021). The role of institutional quality in the international trade of a Latin American country: evidence from Colombian export performance. *Journal of Economic Structures*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40008-021-00253-5>
- (2) Actualícese. (2024). *Zonas Francas Permanentes –ZFP– habilitadas en Colombia a mayo 2024*. <https://actualicese.com/rutas/books/impuesto-de-renta-2025-claves-para-su-planeacion-tributaria-eficiente-en-colombia/page/anexo-2-zonas-francas-permanentes-zfp-habilitadas-en-colombia-a-mayo-de-2024>
- (3) Aeronáutica Civil. (2022). *Aeropuertos Aerocivil*. <https://www.aerocivil.gov.co/catalogo/mapa/>
- (4) Agencia Nacional de Contratación Pública. (2021). *Concesiones de las sociedades portuarias*. <https://www.colombiacompra.gov.co/secop/concesiones-de-las-sociedades-portuarias>
- (5) Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2024). *Proyectos de Infraestructura Concesionada*. <https://aniscopio.ani.gov.co/>
- (6) Alianza por Venezuela. (2022). *Fronteras de Venezuela*. <https://alianzaporvenezuela.org/project/formas-de-traslado/>
- (7) Andersen, P. & Petersen, N. C. (1993). A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 39(10), 1261-1264. <https://doi.org/10.1287/mnsc.39.10.1261>
- (8) Asociación Nacional de Comercio Exterior (Analdex). (2024). *Informe de Comercio Exterior de Zonas Francas*. <https://analdex.org/2025/02/21/informe-de-comercio-exterior-de-zonas-francas-2024/>
- (9) Banco de la República. (2022). *Evolución de la Balanza de Pagos y de la Posición de Inversión Internacional*. https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/ibp_ene_dic_2022.pdf
- (10) Camargo, J. E. y Quintero, J. I. (2018). *Comparación de las metodologías Doing Business y Análisis Envolvente de Datos, DEA para la clasificación de las principales ciudades colombianas según la facilidad que ofrecen para hacer negocios*. [Tesis de maestría, Universidad Tecnológica de Pereira]. <https://hdl.handle.net/11059/9638>

- (11) Charnes, A., Cooper, W. W. & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- (12) Consejo Privado de Competitividad. (2024). *Índice Departamental de Competitividad*. <https://compite.com.co/>.
- (13) Cooper, W. W., Seiford, L. M. & Zhu, J. (Eds.). (2011). *Handbook on Data Envelopment Analysis*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8>
- (14) Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2024a). *Mercado Laboral*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo>
- (15) DANE. (2024b). *Balanza comercial*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-internacional/balanza-comercial>
- (16) DANE. (2025). *Zonas Francas—ZF - 2018—2024*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-internacional/zonas-francas>
- (17) Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2021). *El DNP reveló que el costo logístico nacional se ubicó en 17,9%, 5 p.p. Por encima de la meta de 12,9%*. https://www.dnp.gov.co/Prensa_/Noticias/Paginas/el-dnp-revelo-que-el-costo-logistico-nacional-se-ubico-en-17-9-5-p-p-por-encima-de-la-meta-de-12-9.aspx
- (18) DNP. (2024). *En 2023, las importaciones cayeron un -18,9%, logrando bajar el déficit de la balanza comercial en USD 4,6 MM*. <https://www.dnp.gov.co:443/publicaciones/Planeacion/Paginas/importaciones-colombia-diciembre-2023.aspx>
- (19) Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN). (2019). *Resolución 46 de 2019*. https://normograma.dian.gov.co/dian/compilacion/docs/resolucion_dian_0046_2019.htm
- (20) DIAN. (2024). *Pasos de Frontera*. <https://www.dian.gov.co/aduanas/Paginas/Pasos-de-Frontera.aspx>
- (21) Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2024). *Colombia en mapas*. <https://www.colombiaenmapas.gov.co>
- (22) Fondo Monetario Internacional. (2023). *Colombia: Selected Issues*. IMF. <https://www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2023/03/23/Colombia-Selected-Issues-531269>

- (23) Kimball, R. & Caserta, J. (2004). *The Data Warehouse ETL Toolkit (Practical Techniques for Extracting, Cleaning, Conforming, and Delivering Data)*. Wiley.
https://nibmehub.com/opac-service/pdf/read/The%20Data%20Warehouse%20ETL%20Toolkit%20_%20Practical%20Techniques%20for%20Extracting-%20Cleaning-.pdf
- (24) Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2022). *Zonas Francas Permanentes declaradas antes de la LEY 1004 DE 2005*.
<https://www.mincit.gov.co/CMSPages/GetFile.aspx?guid=8af38fbf-2d2d-4d89-ac4b-07b6f3a3a7d0>
- (25) Ministerio de Justicia y del Derecho de Colombia. (2019). *Decreto 1165 de 2019*.
<https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30036618>
- (26) Ministerio de Transporte. (2024). *Portal Logístico de Colombia*.
<https://sicetac.mintransporte.gov.co/>
- (27) OECD. (2024). *Estudios Económicos de la OCDE: Colombia 2024*.
https://www.oecd.org/es/publications/2024/09/oecd-economic-surveys-colombia-2024_7b382d76.html
- (28) Portafolio. (2022). *Precio del petróleo: Aumento que ha tenido en 2022*.
<https://www.portafolio.co/indicadores-economicos/precio-del-petroleo-aumento-que-ha-tenido-en-2022-brent-y-wti-564061>
- (29) PROCOLOMBIA. (2024). *Directorio Zonas Francas*.
<https://investincolombia.com.co/es/recursos/directorio-de-zonas-francas-permanentes-0>
- (30) Superintendencia de Transporte. (2024). *Fichas técnicas sociedades portuarias*.
<https://www.supertransporte.gov.co/index.php/superintendencia-delegada-de-puertos/fichas-tecnicas-sociedades-portuarias/>
- (31) Banco Mundial. (2023). *World Bank Releases Logistics Performance Index 2023*.
<https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2023/04/21/world-bank-releases-logistics-performance-index-2023>