

Efecto de la inversión en

infraestructura vial

sobre la **economía**
colombiana

Foto: Programa Vías de la Cigarra.

• Efecto de la inversión en infraestructura vial sobre la economía colombiana





Findeter Sede Principal
Calle 103 No. 19-20
Bogotá, Colombia



**BANCA DE DESARROLLO TERRITORIAL
FINDETER S.A.**

Juan Carlos Muñiz Pacheco

Presidente de Findeter

Carlos Alberto Saad Llinas

Vicepresidente de Planeación (e)

Sandra Milena Blanco Alfonso

Directora de Estudios Económicos

Abraham Farah Pareja

David Rodríguez Mejía

Iván Felipe Katz Asprilla

Nicolás Londoño Gómez

Paola Milena Gutiérrez Domínguez

Sandra Patricia Guzmán Ocampo

Dirección de Estudios Económicos

Ketty Rocio Quiroz Tromp

Gerente de Comunicaciones, Mercadeo y
Responsabilidad Social

Rocío Celemín Pedraza

Sandra Milena del Castillo Ruíz

Coordinación editorial y corrección de estilo

Jairo Andrés Rincón Sánchez

Fran Leonardo Chaparro

Diseño y Diagramación

Fotografías

Shutterstock



Contenido

Introducción

1. Marco teórico..... 10

- 1.1. Resultados para América Latina..... 11
- 1.2. Resultados para Colombia..... 15

2. Panorama de la infraestructura vial en Colombia 19

- 2.1. Un sector con importantes desafíos..... 19
- 2.2. Infraestructura vial. Un análisis comparado 24

3. Modelo VAR para la infraestructura vial en Colombia 30

- 3.1. Metodología 30
- 3.2. Variables utilizadas..... 30



Contenido

| | |
|---|----|
| 3.3. Desarrollo del modelo VAR..... | 31 |
| 3.3.1. Transformación para alcanzar la estacionariedad... | 33 |
| 3.3.2. Elección del número óptimo de rezagos..... | 34 |
| 3.3.3. Resultados del modelo | 35 |
| 3.3.4. Prueba de causalidad de Granger | 38 |
| 3.3.5. Análisis de impulso-respuesta..... | 41 |
| 3.3.6. Descomposición de varianza | 44 |

4.Principales hallazgos48

5.Anexos50

| | |
|--|----|
| 5.1. Modelo VAR para cada variable | 50 |
| 5.2. Análisis impulso-respuesta de cada variable | 54 |
| 5.3. Descomposición de varianza de cada variable | 56 |



Introducción

La inversión en infraestructura vial es fundamental para dinamizar la economía de un país, y Colombia no es la excepción. En un país con desafíos significativos en materia de acceso y conectividad, la infraestructura de transporte es un motor del crecimiento económico, toda vez que facilita el comercio, reduce los costos logísticos y le permite al Estado actuar en todos los territorios del país.

Sin embargo, a pesar de los avances en la construcción de infraestructura vial por parte del Estado, Colombia enfrenta un rezago principalmente en términos de calidad de sus carreteras, el cual, de ser solventado, podría llevar al país a ubicarse en niveles cercanos a su Producto Interno Bruto (PIB) potencial.

El objetivo de esta investigación es analizar el efecto de la inversión en infraestructura vial sobre la economía colombiana, particularmente sobre el PIB. Para ello, el documento está dividido en cuatro secciones, además de esta introducción. La primera, analiza la importancia de la infraestructura vial en el crecimiento económico a partir de la revisión de literatura para América Latina y Colombia.

En la segunda sección se presenta un balance del estado actual del sistema vial nacional a la luz de la situación del sector en otras economías de América Latina. El propósito de este ejercicio es poner en evidencia los retos que enfrenta Colombia en términos de desarrollo de su infraestructura terrestre de transporte.

En la tercera sección, que comprende la parte empírica, se presenta un modelo econométrico de vectores autorregresivos (VAR) para determinar la incidencia de la inversión en infraestructura vial sobre el PIB. Para ello, se hace uso del Indicador de Producción de Obras civiles (IPOC) para carreteras como *proxy* de la inversión en infraestructura vial. Este enfoque permite capturar la dinámica entre estas variables y cuantificar el impacto de la inversión en infraestructura vial sobre la actividad económica.

Finalmente, en la cuarta sección, se consolidan los principales hallazgos del documento.



1. Marco teórico

La infraestructura de transporte juega un papel importante en el desarrollo económico y social por facilitar el movimiento de bienes y personas, reduciendo los gastos logísticos y permitiendo una mejor integración de los mercados¹. En países desarrollados, se ha demostrado que la infraestructura de transporte robusta impulsa el comercio y promueve el crecimiento económico sostenido reduciendo las brechas de desarrollo entre las regiones.

fraestructura, para superar los rezagos que históricamente han sido un obstáculo para el crecimiento².

En esta primera sección se presenta una reseña sobre investigaciones recientes que resaltan el impacto de la inversión en infraestructura vial en algunas economías latinoamericanas y en Colombia, destacando su rol en la reducción de brechas económicas y el fortalecimiento del desarrollo sostenible.

Por ende, en economías en desarrollo, como América Latina, se deben propiciar las condiciones para fortalecer la inversión en in-

1 CAF (2018). "El rol de la infraestructura de transporte". Disponible en: <https://www.caf.com/media/4019323/red2021cap4.pdf>

2 Urazán, C. F., Escobar, D. A., & Moncada, C. A. (2017). "Relación entre la red nacional de carreteras y el desarrollo económico nacional. Caso América Latina y el Caribe". Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/>

1.1. Resultados para América Latina

La investigación realizada por Centurião (2024) analiza el efecto del desarrollo de proyectos en infraestructura de transporte en la Ruta de Integración Latinoamericana (LAIR) en el Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, sobre el crecimiento del PIB local. Los resultados muestran que estas inversiones por aproximadamente USD 3,06 billones tuvieron un impacto positivo en el PIB a corto plazo, incrementándolo en cerca de 2,5% en 2021³. Esto debido al impulso generado en sectores como la construcción, manufactura, agricultura y ganadería, cuyo desarrollo depende de una conectividad adecuada.

El estudio concluye que la infraestructura de transporte puede fomentar el crecimiento económico regional, distribuyendo los efectos positivos a diferentes sectores y municipios, con beneficios indirectos como la reducción de costos de producción y desplazamiento⁴. Sin embargo, se encontró que la dispersión de los efectos positivos es limitada, concentrándose principalmente en la capital del Estado, Campo Grande, y los sectores directamente relacionados con la demanda generada por la inversión, como la construcción y los servicios⁵. Esto se debe a que la ciudad de Campo Grande tiene una economía más desarrollada

y una mayor capacidad comercial, lo que facilita una incorporación rápida y directa de los beneficios económicos, mientras que en las áreas rurales el impacto es menor debido a restricciones en conectividad y menor capacidad de respuesta económica.

Para demostrar esta hipótesis, los autores emplearon una combinación de modelos económicos. Usaron una matriz de insumo-producto actualizada a precios de 2021 para simular los efectos de los desembolsos en infraestructura, aplicando un modelo de impacto estructural que permitió realizar escenarios comparativos en tres sectores: construcción, manufactura y agricultura⁶.

Además, integraron la metodología de la curva S, que es una herramienta de gestión de proyectos que se utiliza para modelar el progreso y los desembolsos de inversión a lo largo del tiempo, evitando así suponer un gasto único inicial. También utilizaron la metodología del Cociente de Localización Espacial (SLQ) para determinar el beneficio de la construcción de la Ruta de Integración Latinoamericana en los municipios que atraviesa. Lo anterior teniendo en cuenta sus características poblacionales, productivas y geográficas.

3 Centurião, D., Abrita, M. B., Rondina Neto, A., Camilo, A. P., Vignandi, R. S., Espindola Junior, G., Weber, V., & Marques, N. (2024). "Impacts of road transport infrastructure investments on the Latin American Integration Route" Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/search?q=s=effect%20of%20transport%20infrastructure%20on%20gdp>

4 Ibid.

5 Ibid.

6 Ibid.



Por su parte, “The impact of transportation investment, road transportation and telecommunications on FDI in Latin America 2008-2021”, de Soto y Martínez-Cobas⁷, utilizó un modelo de mínimos cuadrados generalizados factibles en datos de panel para el período de 2008 a 2021, concluyendo que las inversiones en infraestructura, especialmente en transporte, energía y telecomunicaciones son determinantes clave para atraer Inversión Extranjera Directa (IED) a la región⁸. Específicamente, el estudio muestra que un aumento del 1% en la inversión en infraestructura vial eleva la IED en un promedio del 0,047%, mientras que el acceso a la electricidad contribuye a un incremento de la IED del 0,29% por cada 10% adicional en consumo energético⁹.

Este análisis incluye cifras sobre la inversión regional en infraestructura, donde se observa que, mientras América Latina destina un promedio del 2,8% del PIB en infraestructura física de todo tipo de regiones comparables como Asia Oriental destinan alrededor del 4,5%¹⁰. Este estudio destaca también la necesidad de desarrollar un sistema robusto de carreteras en América Latina para atraer IED y expandir el mercado externo, lo que facilitaría el comercio y la dinámica económica en la región. Este hallazgo refuerza la idea de que la infraestructura de transporte con propósito es esencial para incrementar la competitividad y fomentar el crecimiento

del PIB en la región mediante la atracción de IED, especialmente para aquellos países que buscan integrarse a mercados internacionales.

En el estudio también se encontró que, si bien la infraestructura de transporte inicial contribuye a la atracción de IED, existe una franja donde la inversión adicional en transporte ya no aumenta significativamente la inversión extranjera debido a factores como el aumento en los costos laborales y una mayor carga para la economía por concepto de endeudamiento público¹¹.

El boletín “The Transport and Trade Infrastructure Growth Gap in Latin America”, elaborado por la CEPAL (2009)¹², investiga cómo el déficit de infraestructura de transporte ha afectado el crecimiento económico y la competitividad de América Latina. Este estudio analiza la brecha entre la oferta y la demanda de infraestructura de transporte en países como Argentina, Brasil, Chile y México, que en conjunto representan más del 80% del comercio entre América Latina y Asia-Pacífico¹³. Se encontró que a medida que las economías y el comercio en la región han crecido, la inversión en infraestructura de transporte no lo ha hecho en la misma magnitud, generando un rezago en comparación con otras economías emergentes de Asia¹⁴. La infraestructura inadecuada se traduce en mayores costos logísticos, lo cual afecta la competitividad de

7 Hernández Soto, G., & Martínez-Cobas, X. (2024). The impact of transportation investment, road transportation and telecommunications on FDI in Latin America 2008-2021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949899624000029>

8 Ibid.

9 Ibid.

10 Ibid.

11 Ibid.

12 CEPAL (2009). “The Transport and Trade Infrastructure Growth Gap in Latin America”. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/2d1cfe8d-d167-4c9c-8914-31fb7a5abebc/content>

13 Ibid.

14 Ibid.

las empresas y limita el desarrollo económico en el largo plazo¹⁵.

Para respaldar la idea de que una infraestructura de transporte adecuada promueve el crecimiento, el boletín de la CEPAL utiliza datos económicos, como cuentas nacionales, proyecciones de actividad, datos de comercio internacional, estadísticas de infraestructura y comparaciones internacionales para analizar esta relación en América Latina¹⁶. Los autores observaron que, mientras la economía y el comercio se expandían, la infraestructura no creció al mismo ritmo necesario para cubrir esta mayor demanda.

Esto se evidenció entre 2003 y 2007, que fue un período de rápido crecimiento económico, donde se generó una brecha entre la infraestructura disponible y lo que se necesitaba para sostener el comercio y la producción en la región. Esta brecha indica que la infraestructura era insuficiente para soportar de manera eficiente el volumen de actividad económica¹⁷. Por lo tanto, los autores enfatizan la necesidad de implementar políticas públicas que impulsen una inversión significativa en infraestructura de transporte, fundamentales para mejorar la competitividad económica de la región y estimular el crecimiento del PIB.

El documento “Relación entre la red nacional de carreteras y el desarrollo económico

nacional. Caso América Latina y el Caribe”, elaborado por Urazán y Moncada (2014)¹⁸, explora la influencia de la infraestructura vial en el crecimiento económico en América Latina y el Caribe. En este análisis se presenta una correlación entre el kilometraje de la red vial primaria y el PIB de los países en la región, donde se concluye que cada kilómetro adicional de red vial primaria se asocia con un incremento de aproximadamente USD 20 millones en el PIB. Este resultado muestra que las carreteras de alta calidad y capacidad impulsan la productividad, la competitividad y la integración económica, factores que son necesarios para el desarrollo.

Este documento también hace una revisión de la literatura sobre infraestructura de transporte, destacando estudios como los de Aschauer y Holtz-Eakin (1993)¹⁹, quienes señalaron que la inversión en infraestructura pública tiene un papel fundamental en la productividad del sector privado, ya que reduce los costos de producción y mejora la rentabilidad. Ramírez y Aguas (2015) agregan que la calidad y durabilidad de las carreteras son esenciales, ya que carreteras bien mantenidas reducen costos logísticos, fomentando el comercio y la industria²⁰.

En ese sentido, el Banco Mundial (2014) afirma que el transporte es clave no solo para el crecimiento económico, sino también para

15 Ibid.

16 Ibid.

17 Ibid.

18 Urazán, C., Escobar, D., & Moncada, C. (2014). “Relación entre la red nacional de carreteras y el desarrollo económico nacional. Caso América Latina y el Caribe”. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n61/a17v38n61p09.pdf>.

19 Aschauer D. & Holtz-Eakin D. (1993). Public infrastructure investment: A bridge to productivity growth? The Jerome Levy Economics Institute of Bard College. Public policy brief No. 4.

20 Ramírez J. & Aguas J. (2015). Escalafón de la competitividad de los departamentos de Colombia 2015. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, ONU, Santiago de Chile.



la reducción de la pobreza y el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, los cuales están enfocados en la lucha contra la pobreza extrema, destacando que la accesibilidad constante a mercados y servicios es esencial para las comunidades rurales²¹. Además, estudios como el de Fay y Morrison (2007) encuentran que la infraestructura de transporte, telecomunicaciones y electricidad genera un impacto positivo y significativo en el crecimiento de América Latina, al elevar la productividad y la competitividad²².

Para validar la relación entre infraestructura vial y crecimiento económico, los autores aplicaron una serie de regresiones múltiples con datos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Utilizaron variables como el kilometraje total de la red primaria y secundaria, el número de vehículos pesados, y el consumo de diésel en transporte terrestre. Los resultados evidencian una correlación significativa (R^2 ajustado de 0.94), en la cual la longitud de la red vial primaria resultó ser la variable más relevante para explicar el PIB²³. Este modelo muestra que la red vial primaria tiene un papel fundamental en el crecimiento económico, permitiendo una mayor integración de mercados y reduciendo los costos de transporte. En conjunto, este estudio y la literatura respaldan que una red de transporte desarrollada es un motor para la economía, especialmente en regiones con altos costos logísticos y desafíos geográficos.

21 Banco Mundial (2014). Transporte: resultados del sector. Disponible en: <http://www.bancomundial.org/es/results/2013/04/14/transport-results-profile>.

22 Fay M. y Morrison M. (2007). Infraestructura en América Latina y el Caribe. Acontecimientos recientes y desafíos principales. Banco Mundial, Washington, p. 151.

23 Urazán, C., Escobar, D., & Moncada, C. (2014). "Relación entre la red nacional de carreteras y el desarrollo económico nacional. Caso América Latina y el Caribe". Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n61/a17v38n61p09.pdf>.

1.2. Resultados para Colombia

En Colombia, el análisis económico también ha establecido una relación entre la inversión en infraestructura vial y el crecimiento económico como eje para el cierre de brechas de competitividad.

Al respecto, Quintero y Sinisterra (2018) en el documento “The Long and Winding Roads: Roads, Inequality, and Growth in Colombia”, analizan el impacto de la mejora de la infraestructura vial sobre el crecimiento económico y la desigualdad en Colombia, para el período comprendido entre 1993 y 2012. Los autores desarrollaron un enfoque econométrico utilizando indicadores de acceso al mercado y controles para la autocausalidad, buscando identificar cómo las inversiones en infraestructura vial afectaron el PIB municipal²⁴.

Este análisis demostró que el acceso al mercado debido a carreteras nuevas o mejoradas incrementó significativamente el PIB en los municipios beneficiados, especialmente en los sectores industrial y de servicios. Por cada aumento del 10% en el acceso al mercado (derivado de las carreteras), el PIB municipal se incrementa en un rango del 2,7% al 3% en promedio, dependiendo del sector y la metodología utilizada²⁵.

Sin embargo, el impacto en el sector agrícola fue más limitado, debido a que este sector tiene características específicas que lo restrin-

gen para beneficiarse totalmente de las inversiones, como menores niveles de integración al mercado y dependencias estructurales de factores locales²⁶.

Durante el período en el cual se realizaron los estudios (1993-2012), se mejoraron y construyeron más de 6.900 kilómetros (km) de carreteras, lo que permitió conectar municipios aislados con grandes centros urbanos²⁷. Este desarrollo fue importante para reducir los costos logísticos y el tiempo de transporte, factores relevantes en un país con una geografía compleja.

No obstante, los autores también identificaron que estas mejoras aumentaron la desigualdad en la propiedad de la tierra, al favorecer a grandes productores agrícolas que pudieron beneficiarse de las nuevas eficiencias logísticas, mientras los pequeños agricultores que enfrentaron mayores presiones económicas se vieron perjudicados, algunas de estas afectaciones fueron el aumento de los costos competitivos, la concentración de la tierra, la falta de acceso a tecnologías y recursos y la dependencia de los intermediarios. Esto muestra cómo la infraestructura puede generar beneficios económicos generales, pero también puede tener efectos adversos si no se acompaña de políticas redistributivas²⁸.

Adicionalmente, el estudio resalta que las inversiones en infraestructura vial contribuyeron a la consolidación de grandes centros urbanos como nodos económicos principales, lo que es positivo para el crecimiento general

24 Quintero, L., & Sinisterra, G. (2018). “The Long and Winding Roads: Roads, Inequality, and Growth in Colombia”. Disponible en: https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1964/The%20long%20and%20winding%20roads_Luis%20Quintero.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

25 Ibid.

26 Ibid.

27 Ibid.

28 Ibid.



del PIB, sin embargo, también aumentó las disparidades regionales, ya que las áreas rurales que no estén directamente conectadas por las nuevas carreteras pueden quedar en desventaja.

Los autores concluyen que las carreteras son un motor clave para el crecimiento económico, pero advierten que su diseño e implementación deben considerar no solo los beneficios económicos, sino también los impactos sociales y la equidad territorial²⁹. Para estos, las políticas públicas deben incluir medidas para mitigar los efectos negativos de estas inversiones, como programas de apoyo a pequeños agricultores o incentivos para el desarrollo económico en regiones menos conectadas³⁰.

En esta misma lógica, el informe coordinado por Ramírez-Giraldo (2021) para el Banco de la República, ofrece una visión integral de cómo la infraestructura de transporte afecta el desarrollo económico del país, tanto en el

corto como en el largo plazo. El estudio destaca que la inversión pública en infraestructura de transporte ha sido históricamente baja, promediando solo el 1,4% del PIB en las últimas décadas³¹, lo que ha generado limitantes en el crecimiento económico y la integración regional de Colombia. Según el análisis, la falta de una infraestructura adecuada ha generado limitaciones que aumentan los costos logísticos, dificultan la conexión entre mercados, y limitan el comercio y la competitividad del país en el contexto internacional.

A través de un modelo de producción neoclásico, el documento incorpora la infraestructura como un insumo clave para evaluar su impacto en la eficiencia económica. Los resultados revelan que un aumento del 1% en la inversión en infraestructura núcleo (carreteras, redes de energía y telecomunicaciones) está asociada con un aumento del PIB entre 0,15% y 0,27%³².

29 Ibid.

30 Ibid.

31 Ramírez, M. T., Collazos, M. M., García, J., Hahn, L., Melo, L. A., Montenegro, A., Montes, E., Lancheros, P., Toro, J., & Zárate, H. (2021). "La inversión en infraestructura de transporte y la economía colombiana". Disponible en: <https://repositorio.banrep.gov.co/server/api/core/bitstreams/61dec360-2287-4fbc-8ae9-ef118ad88551/content>.

32 Ibid.



Ahora bien, los autores señalan que, si bien los efectos de dicha inversión son positivos, son diferenciados en el corto y el largo plazo. En el corto plazo, la inversión en infraestructura genera efectos positivos, como la creación de empleos temporales y el incremento en la demanda de insumos locales, como materiales para la construcción, mientras que a largo plazo impulsa el comercio y mejora la conectividad regional, reduciendo los costos logísticos. Este análisis también resalta que, para maximizar estos beneficios, es fundamental superar las fallas institucionales y de gobernanza que han afectado la planeación y ejecución de proyectos en Colombia³³.

El documento incluye una perspectiva internacional comparativa que resalta cómo Colombia está rezagada frente a otros países de la región en términos de infraestructura vial y, concluye con recomendaciones de política pública que enfatizan la importancia de incrementar y optimizar las inversiones en infraestructura, garantizando una gobernanza

más eficiente y alineada con las necesidades de desarrollo sostenible del país.

Por su parte, Rojas y Ramírez (2018), en su artículo “Inversión en infraestructura vial y su impacto en el crecimiento económico: Aproximación de análisis al caso infraestructura en Colombia (1993-2014)” analizan las inversiones en infraestructura vial y su influencia en el crecimiento económico, centrándose en el desarrollo de concesiones viales de primera a cuarta generación (APP), las cuales han permitido mejorar la red de transporte terrestre en el país³⁴.

Los resultados muestran que entre 2006 y 2014, Colombia incrementó el índice de calidad vial en un 1,5% y el PIB acumuló un crecimiento del 42,34% durante ese periodo, demostrando una correlación entre inversión en infraestructura vial y crecimiento económico³⁵. Además, para 2014, las inversiones en infraestructura y construcción alcanzaron el 7,94% del PIB, lo que posicionó al país como

33 Ibid.

34 Rojas D., Ramírez A. (2018). “Infraestructura vial y su impacto en el crecimiento económico: Aproximación de análisis al caso infraestructura en Colombia (1993-2014)”. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v17n32/1692-3324-rium-17-32-00109.pdf>.

35 Ibid.

uno de los líderes en inversión vial en América Latina durante ese año³⁶.

El estudio utilizó datos históricos del PIB, inversión en transporte con participación privada, y otros indicadores macroeconómicos para evaluar la correlación entre estas variables. Los autores aplicaron un modelo de regresión lineal simple, donde el coeficiente fue del 84,5%, lo que indica una relación significativa entre el comportamiento del PIB y la inversión acumulada en transporte³⁷. Además, el análisis estadístico comprobó la estabilidad del modelo, evidenciando que la relación es estadísticamente significativa y se mantiene bajo supuestos de normalidad y aleatoriedad.

Los autores concluyen que las APP han sido un mecanismo importante para promover el desarrollo de infraestructura vial en Colombia. Las concesiones mixtas, con aportes tanto del Estado como del sector privado, permiten la implementación de proyectos clave que han mejorado la competitividad del país.

Un estudio de Fedesarrollo (2023)³⁸ también encuentra que la inversión en infraestructura mediante concesiones bajo el modelo de APP representa una herramienta clave para impulsar el crecimiento económico y la competitividad de un país. Este esquema no solo dinamiza la economía a través de los impactos en las cadenas de proveedores de las obras civiles, sino también mediante la reducción de los costos de transporte, lo que aumenta la competitividad nacional.

El documento encuentra que un incremento anual del 0,7% del PIB en inversión en infraestructura durante los próximos diez años podría aumentar la tasa de crecimiento económico en 1 punto porcentual (pp), reducir el desempleo en 0,8 pp y disminuir la pobreza en 0,6 pp³⁹. Además, la inversión en este sector tiene un efecto multiplicador significativo: cada peso destinado a obras civiles genera COP 2,25 en producción nacional, COP 2,46 en salarios y COP 4,90 en impuestos, mientras que los servicios de transporte terrestre generarían multiplicadores similares⁴⁰. Este impacto evidencia que las APP no solo facilitan la movilización de recursos, sino que, según los autores, contribuyen sustancialmente al bienestar socioeconómico en el país.

36 Ibid.

37 Ibid.

38 Fedesarrollo (2023). El aporte de las concesiones mediante APP en infraestructura de transporte al crecimiento y el bienestar de Colombia. Disponible en: <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/4433>

39 Ibid.

40 Ibid.

2. Panorama de la infraestructura vial en Colombia

2.1. Un sector con importantes desafíos

Según las estimaciones del Ministerio de Transporte (MT), Colombia contaba en 2022 con una red de carreteras de 205.109 km. De estos, el 9% (17.993 km) correspondía a la red primaria, 22% (44.833 km) a la red secundaria y 69% (142.283 km) a la red vial terciaria⁴¹.

La red vial primaria está compuesta por carreteras troncales, transversales y accesos a capitales de departamento. Su función es conectar las principales zonas de producción y consumo del país, así como los puntos de salida al extranjero. El 57% de la red primaria es administrada por el Instituto Nacional de Vías (Invías), mientras que el 43% restante lo es por la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). Esta última es la encargada desde 2006 de la red vial concesionada del país.

En 2022, el 79,8% de la red primaria administrada por Invías, también denominada red no concesionada, estaba pavimentada; mientras

que el 20,2% restante no contaba con capa asfáltica. De los cerca de 8.100 km de la red primaria no concesionada pavimentada “el 51,6% estaba en buen o muy buen estado, el 30,0% en estado regular y el 18,4% en mal o muy mal estado”.⁴² Por su parte, el estado de la red primaria no concesionada sin pavimentar (2.100 km aproximadamente) es el siguiente: 11% se encuentran en buen estado, el 36,9% en estado regular y el 52,1% estaba en mal estado. El balance presentado por el MT deja entrever que el estado de la red vial primaria no concesionada en Colombia dista de ser el óptimo.

La construcción y mantenimiento de la red secundaria está integralmente a cargo de las administraciones departamentales, mientras que la red terciaria es administrada por los municipios (70,8% de la extensión total), los departamentos (9,8%) y por la Nación a través del Invías (19,4%).

Con respecto a las vías administradas por la Agencia Nacional de Infraestructura-ANI, Colombia cuenta con 44 proyectos viales bajo el esquema de APP desarrollados a lo largo

41 Ministerio de Transporte (2023). Transporte en cifras 2022. Disponible en: <https://mintransporte.gov.co/publicaciones/11809/consulta-el-historicos-de-documentos/>

42 Ibid



de las 5 generaciones de concesiones viales implementadas en el país desde 1993. El esquema que más recursos ha movilizado hasta el momento son las concesiones de cuarta generación (4G) con el desarrollo de 30 proyectos concesionados, de los cuales 15 se encuentran en operación y mantenimiento, 12 en construcción, 2 en preconstrucción y 1 en reversión por terminación anticipada. Estos proyectos han inyectado a la economía cerca de CAPEX COP 63,5 billones y generado alrededor de 295.000 empleos. Con respecto a la ejecución de las obras, según la ANI “al 15

de noviembre de 2024, el avance promedio de la fase de construcción es del 87.80%”⁴³.

Por su parte, las iniciativas de quinta generación (5G), en su mayoría proyectos viales que apuestan por la operación logística multimodal, tienen inversiones CAPEX “de 11,65 billones de pesos a diciembre de 2022”⁴⁴. Según la ANI, los proyectos viales que al corte de septiembre de 2023 se encuentran en fase preoperativa son: i) Accesos Norte Bogotá Fase II ii) Nueva malla vial del Valle del Cauca, iii) Troncal del Magdalena–Corredor 1 Puerto Salgar–Barrancabermeja, iv) Troncal del Magdalena–Corredor 2 Sabana de Torres–Curumaní, y v) ALO Sur–Avenida Longitudinal de Occidente. Según la Cámara Colombiana de Infraestructura, desde su inicio el sistema de concesión en Colombia ha permitido construir cerca de 2.900 km de nuevas carreteras, de las cuales el 72% son dobles calzadas, 72 túneles y 1.194 puentes⁴⁵.

En 2023, se movilizaron por el sistema vial del país 89,4 millones de pasajeros⁴⁶. Tal y como se evidencia en el Gráfico 1, el movimiento de pasajeros⁴⁷ aún no alcanza los niveles registrados antes de la pandemia por Covid-19. Esta dinámica se explica, en parte, por el crecimiento del mercado doméstico de pasajeros por vía aérea que pasó de 30 millones de pasajeros en 2019 a 33,9 millones en 2023 (+ 13,1%) y el estancamiento del turismo interno en el país.

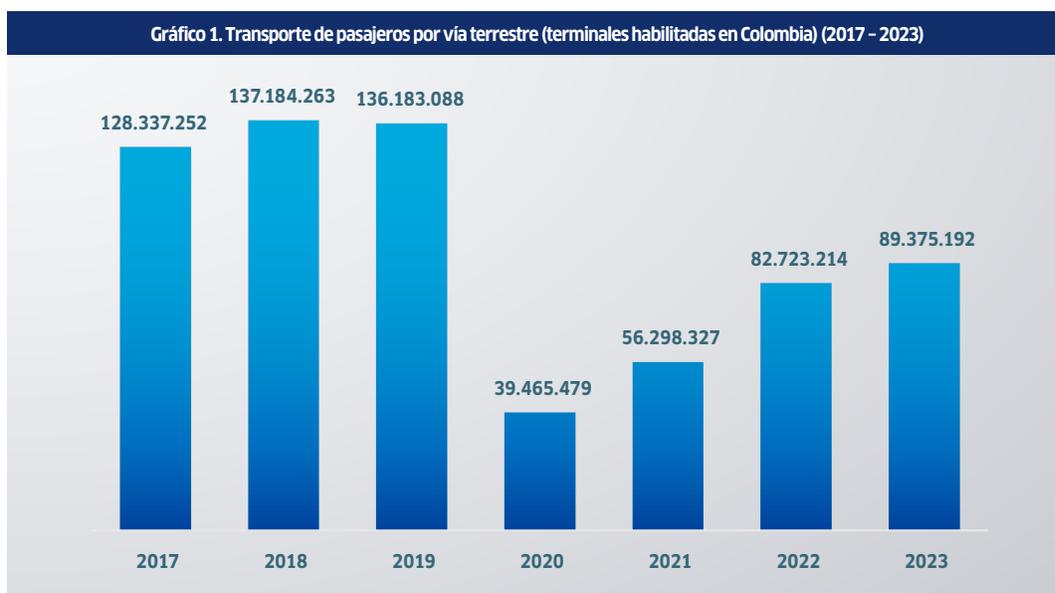
43 ANI (2024). En lo que va corrido de la ejecución de los proyectos 4G se han inyectado a la economía \$63,53 billones de pesos CAPEX y su avance es de 87,8%. Disponible en <https://www.ani.gov.co/en-lo-que-va-corrido-de-la-ejecucion-de-los-proyectos-4g-se-han-inyectado-la-economia-6353-billones>

44 ANI (2024). Proyectos Ani - Modo carretero. Disponible en: <https://www.ani.gov.co/proyectos-ani-modo-carretero>

45 Cámara Colombiana de Infraestructura (2024). Revista Infraestructura y Desarrollo. APP en Colombia: una historia de éxito. Disponible en: <https://infraestructura.org.co/revista-118>

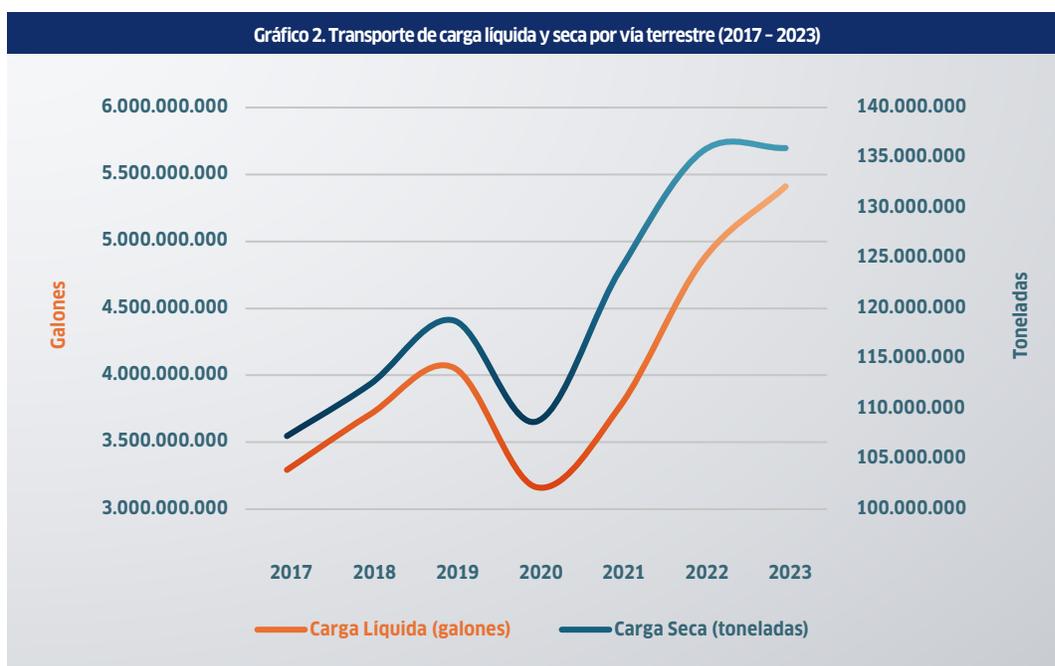
46 Ministerio de Transporte (2024). Transporte en cifras 2023. Disponible en: <https://mintransporte.shinyapps.io/transporteencifrasapp/>

47 Movimiento de personas a través de 51 terminales terrestres habilitadas y/o homologadas en Colombia (fuente Superintendencia de Transporte).



Fuente: Superintendencia de Transporte; elaborado por Findeter

Con respecto al transporte de carga por carretera, en 2023 se movilizaron en el país 135.9 millones de toneladas de carga seca y 5.410 millones de galones de carga en estado líquido. En ambos casos, los registros de 2023 superan aquellos de 2019, indicando una recuperación sostenida del sector de la carga después de la pandemia (Gráfico 2).



Fuente: Ministerio de Transporte; elaborado por Findeter

Al tercer trimestre de 2024, el PIB del subsector de obras civiles⁴⁸ presentó un crecimiento anual del 16,5% (Gráfico 3) generando un valor agregado a la economía nacional por cerca de COP 3 billones⁴⁹. El sector lleva 12 meses en una fase de expansión que se explicaría en parte por la inversión pública en infraestructura de transporte.

Gráfico 3. Evolución del PIB del subsector de obras civiles (II trim. 2019 - III trim. 2024) (tasa de crecimiento anual) (precios constantes)



Fuente: DANE; elaborado por Findeter

Para 2024, el Plan Operativo Anual de Inversiones POAI 2024 aprobado a través del CONPES 4119, señala que el monto total de inversión pública destinado en Colombia a infraestructura vial es de COP 11,3 billones⁵⁰. De ese total, se destinaron COP 10,06 billones para la red vial primaria, de los cuales COP 7,1 billones se asignaron al programa de concesiones viales. Para el fortalecimiento de las vías secundarias y terciarias se destinaron COP 1,24 billones.

En el proyecto de Presupuesto General de la Nación 2025, el Gobierno busca asignar recursos por COP 9,2 billones para la construcción de vías primarias como eje de la reactivación

48 El nombre técnico de este subsector es "Construcción de carreteras y vías de ferrocarril, de proyectos de servicio público y de otras obras de ingeniería". Según el DANE, este subsector pertenece al sector de la construcción.

49 DANE (2025). Producto Interno Bruto PIB. 2005-2024pr Tercer trimestre. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-trimestrales/pib-informacion-tecnica>

50 Consejo Nacional de Política Económica - DNP (2023). Plan Operativo Anual de Inversiones, vigencia 2024. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4119.pdf>

económica⁵¹. Así mismo, se asignarían COP 1,5 billones⁵² a la intervención de vías regionales a través de programas como Corredores Rurales Productivos, Conectar Territorios, Caminos Comunitarios de la Paz y Red Terciaria en general.

Según el Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe (CAF)⁵³, y consistente con las cifras presentadas por Ramírez-Giraldo (2021)⁵⁴, Colombia ha invertido, en promedio, el equivalente a 1,42% de su PIB en infraestructura vial durante la última década. Esto ubica al país, como la tercera economía en la región con mayores niveles de inversión con respecto al producto interno en este sector (Gráfico 4).

Gráfico 4. Inversión en infraestructura de carreteras como porcentaje del PIB (valores promedio de tendencia en la última década)



Fuente: CAF; elaborado por Findeter

A pesar de los niveles de inversión observados y de los avances institucionales para la ejecución de proyectos viales por concesión, Colombia cuenta todavía con importantes oportunidades para mejorar la cobertura y la calidad de su infraestructura de carreteras.

51 Ministerio de Hacienda (2024). Presupuesto General de la Nación 2025: Reactivación Económica con Justicia Social y Justicia Ambiental. Disponible en: https://www.minhacienda.gov.co/webcenter/ShowProperty?nodeId=/ConexionContent/WCC_CLUSTER-252208

52 Departamento Nacional de Planeación (2024). Regionalización del componente de inversión del Presupuesto General de la Nación 2025. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Inversiones%20y%20finanzas%20pblicas/Regionalizacion/libroregionalizacionprogramacionnacional2025.pdf>

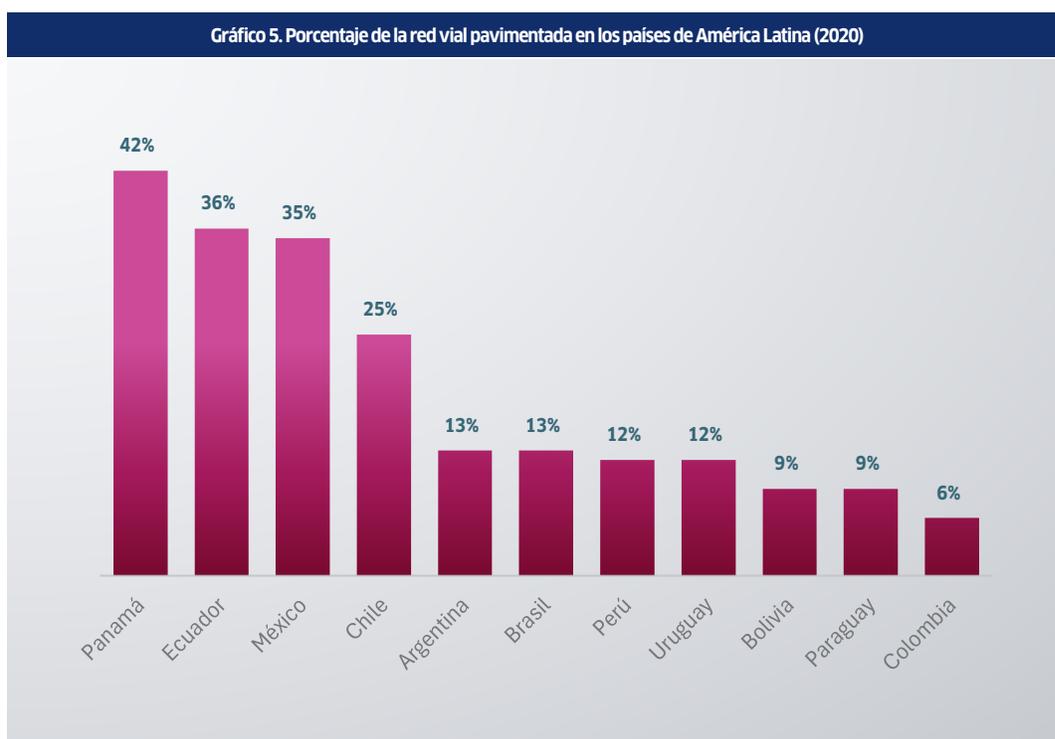
53 CAF (2020). Análisis de inversiones en el sector transporte terrestre interurbano latinoamericano a 2040. Disponible en: <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1537>

54 Ramírez, M. T., Collazos, M. M., García, J., Hahn, L., Melo, L. A., Montenegro, A., Montes, E., Lancheros, P., Toro, J., & Zárate, H. (2021). "La inversión en infraestructura de transporte y la economía colombiana". Disponible en: <https://repositorio.banrep.gov.co/server/api/core/bitstreams/61dec360-2287-4fbc-8ae9-ef118ad88551/content>

Para evidenciarlas, se presenta a continuación un análisis comparado de la situación de la red vial de Colombia con respecto a otros países de similar desarrollo en América Latina.

2.2. Infraestructura vial. Un análisis comparado

Colombia es el país con el porcentaje más bajo de carreteras pavimentadas en América Latina (Gráfico 5). Según los datos recogidos por la CAF, solo el 6% del sistema nacional de carreteras estaría pavimentado en 2020⁵⁵, lo cual es particularmente bajo en comparación con la cobertura en países como Panamá (42%), Ecuador (36%) y México (35%).



Fuente: CAF; elaborado por Findeter

En línea con el porcentaje de vías con cobertura asfáltica, la velocidad de desplazamiento entre los principales puntos logísticos en Colombia también es la más baja de la región. Esta variable, que incide de manera directa en la estructura de costos de transporte y de la competitividad del país, es en promedio de 54,82 km por hora (km/h) en el país, registro muy inferior al de Argentina y México (Gráfico 6).

55 Ibid.

Gráfico 6. Velocidad promedio de desplazamiento por carretera entre puntos nodales en los países de América Latina (km/h) (2020)



Fuente: CAF; elaborado por Findeter

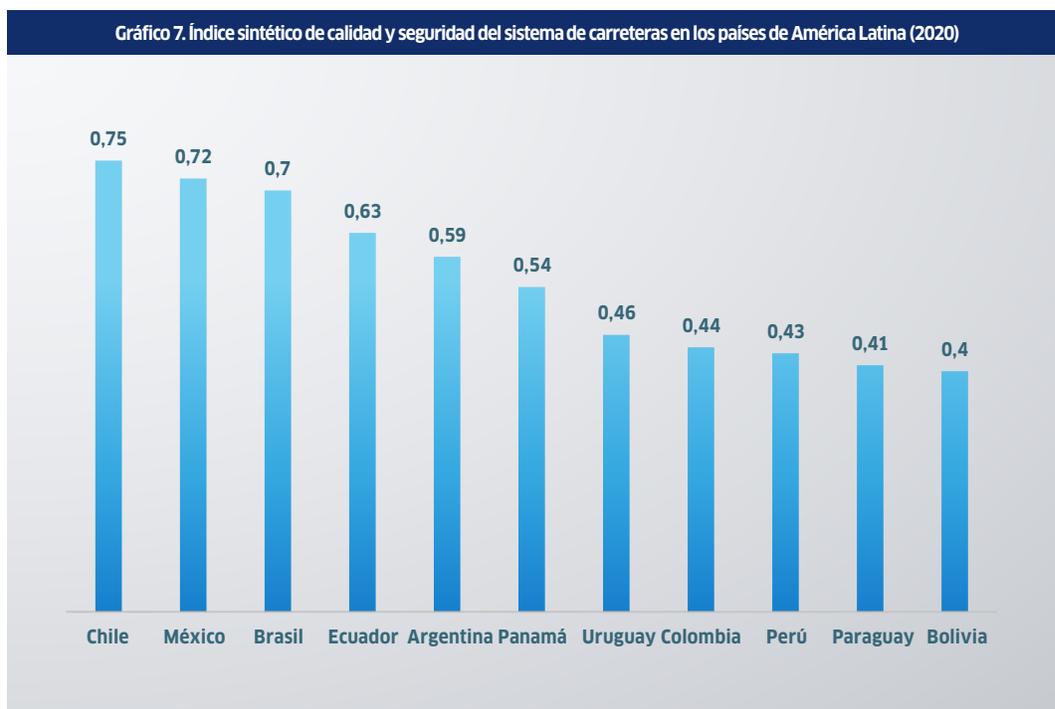
La calidad de la infraestructura de las carreteras es un componente que influye en la seguridad vial. Un indicador sintomático del estado de las vías se asocia con los niveles de accidentalidad. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2021 los accidentes de tráfico causaron alrededor de 1,19 millones de muertes en todo el mundo. Aunque el número de fatalidades viene en descenso desde 2010 (cuando se presentaron 1,25 millones de muertes) estas generan importantes costos a la sociedad. Para la OMS: “las colisiones debidas al tránsito cuestan a la mayoría de los países el 3% de su PIB”⁵⁶.

Según el reporte del International Traffic Safety Data and Analysis Group (IRTAD), con una tasa promedio de fallecimientos por accidentes viales para el periodo 2010-2020 de 12,58 fallecidos por cada 100.000 habitantes, Colombia ocupa el primer puesto en siniestralidad dentro de los países miembros y observadores de esta organización (80 países). El fenómeno en Colombia es de tal magnitud que ya se considera como un problema de salud pública. Según la Contraloría General de la República entre 2022 y 2023 “se tuvieron los registros más altos del siglo XXI en cuanto a accidentes de tránsito, superando las 8.600 víctimas”⁵⁷, siendo esta la principal causa de muerte violenta entre las mujeres.

⁵⁶ Organización Mundial de la Salud (2023). Traumatismos causados por el tránsito. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>

⁵⁷ Infobae (2024). Colombia alcanzó la cifra más alta de siniestros viales del siglo: son la principal causa de muertes violentas de mujeres. Disponible en: <https://www.infobae.com/colombia/2024/07/03/colombia-alcanzo-la-cifra-mas-alta-de-siniestros-viales-del-siglo-son-la-principal-causa-de-muertes-violentas-de-mujeres/>

Finalmente, el índice sintético asociado con la calidad y seguridad de los sistemas viales en América Latina⁵⁸ muestra que Colombia, con un puntaje de 0,44/1, se ubica por debajo de la media regional y lejos de los países líderes en la materia (Gráfico 7).



Fuente: CAF; elaborado por Findeter

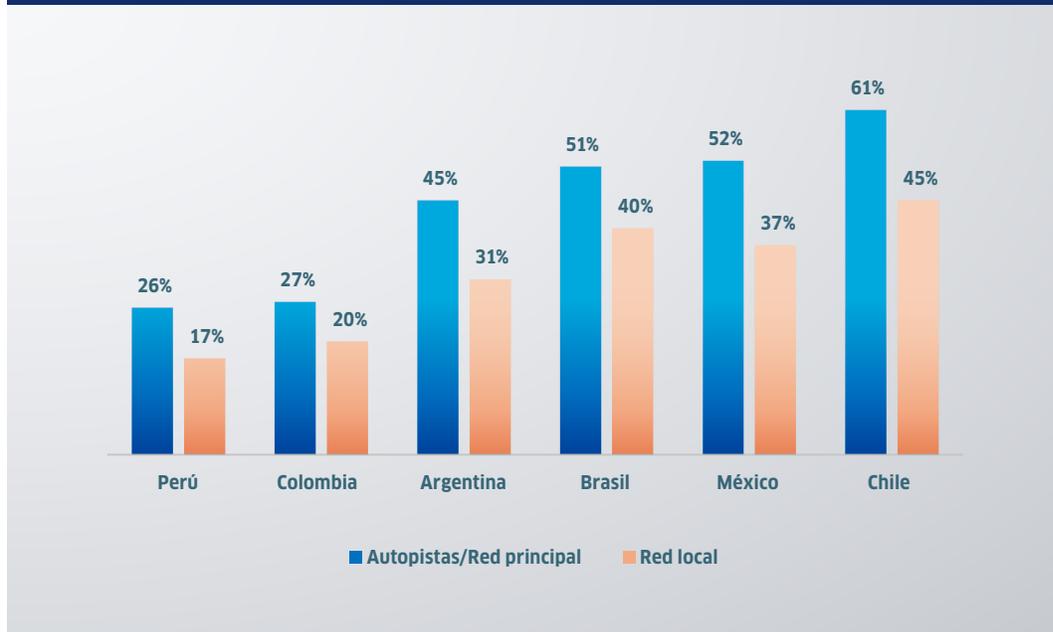
La percepción que tienen los colombianos sobre las vías del país es consistente con los indicadores asociados con la red carretable antes mencionados. La encuesta de la firma Ipsos⁵⁹ aplicada en 31 países (entre mayo y junio de 2023) revela que los colombianos entrevistados no tienen en su mayoría una buena percepción sobre la infraestructura vial del país.

A la pregunta sobre cómo considera la red de autopistas y carreteras principales, el 27% de los entrevistados en Colombia la considera muy o bastante buena. Este porcentaje es el más bajo de la región, con excepción del resultado para Perú (26%). El nivel de satisfacción disminuye cuanto se trata de la red local de vías. Sólo el 20% de los entrevistados en Colombia considera que esta red es muy o bastante buena (Gráfico 8).

58 Ibid

59 Encuesta de la firma Ipsos en colaboración con Global Infrastructure Investor Association GIIA. Base: 22.816 adultos (entrevistas online).

Gráfico 8. Percepción buena o bastante buena del sistema vial principal y local en América Latina (porcentaje) (2023)



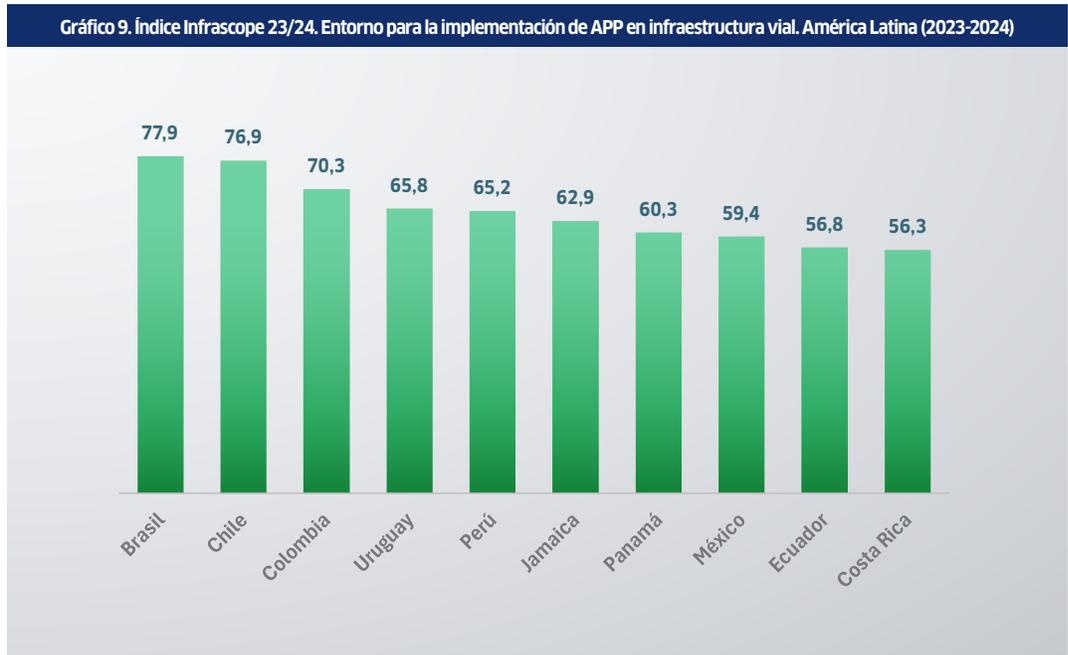
Fuente: Ipsos/GIIA; elaborado por Findeter

De acuerdo con lo mencionado por la CEPAL (2009)⁶⁰, el estado actual de la red vial de Colombia constituye un freno a la competitividad y crecimiento del país. Aunque se ha realizado una inversión consecuente en la construcción y mantenimiento de carreteras, esta no se ve necesariamente reflejada en la calidad de la infraestructura de transporte terrestre a nivel nacional. Para mejorar la eficiencia del gasto en este sector, se plantea fortalecer los arreglos institucionales para movilizar mayores recursos técnicos y financieros, destinados a la construcción tanto de vías primarias como vías regionales, indispensables al cierre de brechas territoriales.

Para esto, Colombia podrá seguir apalancándose en el modelo de APP. Según el informe Infrascopes 23/24⁶¹, Colombia cuenta con un puntaje de 70,3/100 ocupando el tercer puesto en el ranking latinoamericano sobre entorno favorable para implementar proyectos con el esquema de concesiones. Este ranking integra elementos como la institucionalidad, la sostenibilidad de los proyectos, la financiación, la gestión de riesgos y el impacto (Gráfico 9).

60 CEPAL (2009). "The Transport and Trade Infrastructure Growth Gap in Latin America". Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/2d1cfe8d-d167-4c9c-8914-31fb7a5abebc/content>

61 Economist Impact (2024). Infrascopes 23/24. Disponible en: https://impact.economist.com/new-globalisation/infrascopes-2024/downloads/Economist_Impact_Infrascopes_2024_Report_ENG.pdf



Fuente: Economist Impact; elaborado por Findeter

Consistente con este indicador, la CAF señala que Colombia lidera a nivel latinoamericano (0,79/10) el índice sintético de Institucionalidad y Participación público-privada (Gráfico 10).

Es decir que, en términos de infraestructura de carreteras, una de las principales fortalezas de la administración pública del país reside en su capacidad para movilizar recursos privados en la construcción y mantenimiento de la red vial.





Fuente: CAF; elaborado por Findeter

Se espera que a 2040, Colombia cuente con un parque automotor de alrededor de 11,5 millones de vehículos (frente a 6 millones de 2018)⁶². En este escenario, además de fortalecer los esquemas de APP, el país también tiene la posibilidad de avanzar en la implementación de estrategias para mejorar la eficiencia del gasto público en infraestructura vial, particularmente en la red primaria de carreteras no concesionadas y en las vías regionales.

En estas últimas, se vienen desarrollando acciones de construcción (placa huella y alcantarillas) y mantenimiento vial de la red terciaria a través de programas de contratación con las juntas de acción comunal. El MT espera cerrar 2024 con la firma de 1.100 convenios solidarios con una inversión de COP 290 mil millones.

Para seguir avanzando en la consolidación de un sistema de calidad se pueden fortalecer los esquemas de priorización, planeación, ejecución, operación y evaluación de proyectos viales que generen impacto económico, social y ambiental positivo. Además, es posible incentivar las alianzas entre entidades públicas, nacionales y descentralizadas, empresas privadas y de cooperación, para promover la colaboración técnica y la movilización de recursos de inversión adicionales a los apropiados por el Presupuesto General de la Nación.

Lo anterior en lógica de establecer planes estratégicos y operativos de inversión de largo plazo y no sujetos al ciclo político que aporten al crecimiento de la economía, vía aumento en la competitividad y cierre regional de brechas.

⁶² Ibid

3. Modelo VAR para la infraestructura vial en Colombia

3.1. Metodología

Para examinar la relación entre la inversión en infraestructura vial y el crecimiento económico en Colombia, se desarrolló un modelo de Vectores Autorregresivos (VAR, por sus siglas en inglés), que permite analizar las interacciones dinámicas entre las variables analizadas.

Esta metodología también facilita la realización de análisis complementarios, como: i) la causalidad de Granger, que evalúa si una variable tiene capacidad predictiva sobre otra; ii) el análisis impulso-respuesta, que identifica cómo un choque en una variable influye en el comportamiento de las demás; y iii) la descomposición de la varianza, que estima la proporción de la variabilidad de una variable atribuible a los cambios en las demás.

3.2. Variables utilizadas

Para analizar la relación entre la infraestructura vial y el crecimiento económico en Colombia durante el período 2018-2024, se utilizarán las siguientes variables:

Producto Interno Bruto (PIB):

El PIB representa el valor total de la producción de bienes y servicios de un país en un periodo determinado. En este estudio, se emplea el PIB ajustado por efecto estacional y calendario. Dado que la serie original es trimestral, se mensualizó utilizando el método de interpolación cuadrática, que supone una relación cuadrática entre los puntos conocidos de la serie, lo que permite estimar los valores intermedios. Este enfoque es útil para analizar variaciones en el corto plazo que puedan ser relevantes para el análisis⁶³.

63 Para el análisis no se utilizó el ISE, considerando que, a pesar de ser un indicador mensual, se trata de un indicador sintético (no observado).

Índice de Producción Industrial (IPI):

El IPI mide la evolución de la actividad industrial en el corto plazo, incluyendo los sectores de minería, manufactura, electricidad, gas y agua. Este indicador refleja el comportamiento de los sectores productivos que responden a las dinámicas económicas y de infraestructura, sirviendo como *proxy* para evaluar el impacto indirecto de las inversiones en infraestructura vial sobre la actividad económica.

Gasto Público (Gasto):

El gasto público es un componente clave del PIB desde la perspectiva de la demanda y está compuesto por el gasto de funcionamiento, la inversión y el pago de intereses. Para este análisis, se utiliza el gasto público ajustado por efecto estacional y calendario. Al igual que el PIB, la serie fue mensualizada mediante interpolación cuadrática para garantizar la coherencia temporal de esta variable.

Indicador de Producción de Obras Civiles de carreteras, calles, vías férreas y pistas de aterrizaje, puentes, carreteras elevadas y túneles (IPOCC):

Este indicador mide el avance efectivo en la producción de proyectos de infraestructura vial y obras civiles, como carreteras, calles, puentes y túneles. Para este estudio, se utiliza el IPOCC a precios corrientes, mensualizado. Este indicador permite evaluar el impacto directo de las inversiones en infraestructura vial sobre el crecimiento económico



3.3. Desarrollo del modelo VAR

En la presente sección, se describen las etapas del modelo VAR para el PIB en Colombia, enfocando el análisis en la relación existente entre dicha variable y la infraestructura vial.

Verificación de la estacionariedad de las series

El desarrollo de un modelo VAR requiere de la estacionariedad de las variables incluidas en el modelo, es decir, que las series presenten una media y una varianza constantes en el tiempo. Así, para cada una de las variables, se aplicó la prueba de raíz unitaria Dickey-Fuller Aumentada

(ADF), utilizando el criterio de información bayesiano (BIC, por sus siglas en inglés), para determinar el número óptimo de rezagos incluidos en la estimación. La prueba se realiza a partir de la ecuación que se muestra a continuación:

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \phi y_{(t-1)} + \beta_1 \Delta y_{(t-1)} + \beta_2 \Delta y_{(t-2)} + \dots + \mu_t$$

Donde:

Δy_t representa la primera diferencia de la serie de tiempo, es decir, el cambio entre valores consecutivos.

α_0 es la constante del modelo, que captura un posible término independiente en la dinámica de la serie

ϕ es el coeficiente asociado a la variable rezagada $y_{(t-1)}$, cuya significancia se evalúa para determinar la presencia de raíz unitaria

β_1 son los coeficientes de las diferencias rezagadas de la serie, incluidos para corregir posibles correlaciones seriales en los errores.

μ_t es el término de error, que se asume como ruido blanco

Se busca comprobar si la serie es estacionaria, por lo que si se rechaza la hipótesis nula (H_0) se concluye estacionariedad, y la serie es apta para el modelo.

De este modo, si el estadístico de prueba es menor que el valor crítico al 5%, se rechaza la hipótesis nula (H_0).

Al realizar la comparación entre los valores críticos (-1,95 para un nivel de significancia del 5%) y el estadístico de prueba, se observa que ninguna de las variables cumple con la condición de estacionariedad. Estos resultados se presentan en el Cuadro 1.

| Variable | Valor estadístico |
|----------|-------------------|
| PIB | 0,41 |
| IPI | 0,00 |
| Gasto | 0,97 |
| IPOCC | -0,57 |

Fuente: elaborado por Findeter.



Por lo tanto, en todos los casos, las series deben ser transformadas para garantizar la estacionariedad. Dado que las variables originales están expresadas en niveles, se optó por calcular las diferencias logarítmicas, lo que permite analizar los cambios porcentuales de las variables.

3.3.1. Transformación para alcanzar la estacionariedad

Para todas las variables, la transformación permite alcanzar su estacionariedad, según lo evidencia la Prueba ADF⁶⁴. Las series ajustadas se nombran como: dIPIB, dIPI, dIGasto y dIIPCC (Cuadro 2).

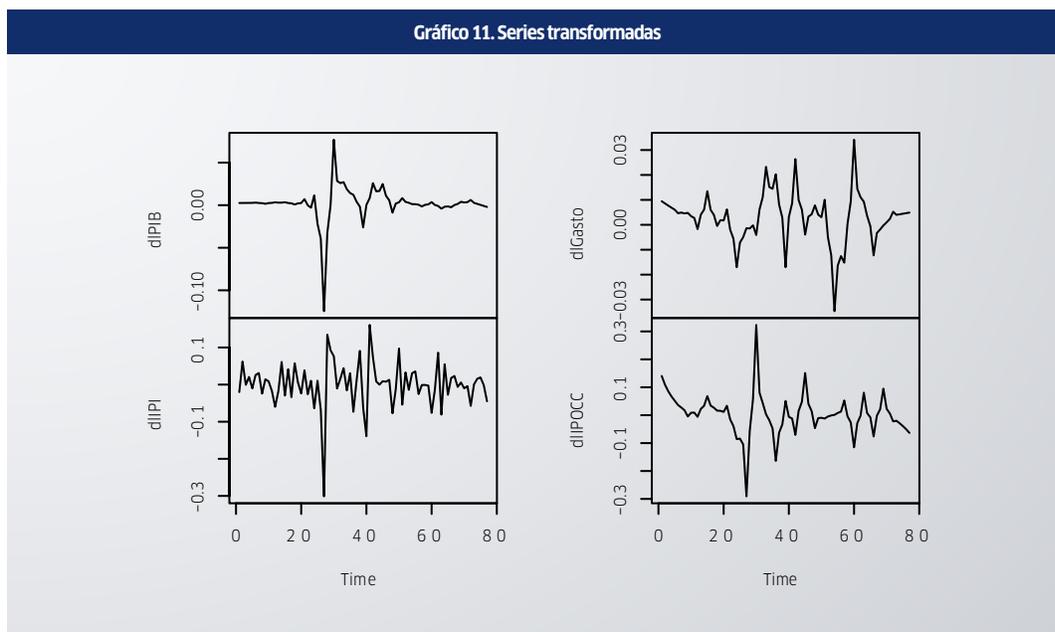
Cuadro 2. Prueba ADF (variables transformadas)

| Variable | Valor estadístico |
|----------|-------------------|
| dIPIB | -4,62 |
| dIPI | -8,33 |
| dIGasto | -3,71 |
| dIIPCC | -4,89 |

Fuente: elaborado por Findeter.

⁶⁴ Adicionalmente, se aplicaron dos pruebas alternativas: i) Prueba Dickey Fuller Generalizada, y ii) Prueba de raíz unitaria Phillips-Perron, cuyos resultados son consistentes con la ADF.

El Gráfico 11 presenta las variables transformadas.



Fuente: elaborado por Findeter.

3.3.2. Elección del número óptimo de rezagos

La selección del número óptimo de rezagos para el modelo VAR se llevó a cabo utilizando los cuatro criterios de información sugeridos por el software R: Razón de verosimilitud (LR, por sus siglas en inglés), el Error de Predicción Final (FPE, por sus siglas en inglés), el criterio de información de Akaike (AIC, por sus siglas en inglés) y el criterio Hannan-Quinn (HQ, por sus siglas en inglés). A partir de estos se seleccionó el número de rezagos que minimiza el valor de cada indicador, que en este caso es de cuatro (Cuadro 3).

Cuadro 3. Criterios de selección de rezagos

| Selección de rezagos | | | |
|----------------------|-------|-------|--------|
| AIC(n) | HQ(n) | SC(n) | FPE(n) |
| 4 | 4 | 1 | 4 |

Fuente: elaborado por Findeter.



3.3.3. Resultados del modelo

Los modelos de Vectores Autorregresivos (VAR) posibilitan el análisis de series de tiempo, cuando se busca examinar las relaciones dinámicas entre un conjunto de variables. En este caso, se estimó un modelo VAR utilizando el método de estimación de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) por ecuación, que puede expresarse mediante la siguiente expresión:

$$y_t = c + \alpha_1 y_{(t-1)} + \alpha_2 y_{(t-2)} + \dots + \alpha_p y_{(t-p)} + \mu_t$$

Donde:

y_t : es un vector que contiene las n variables endógenas en el mes t

$\alpha_{(t-q)}$: es un vector de los coeficientes que representan la influencia de las variables endógenas en cada mes

p : es el número total de rezagos seleccionados para el modelo

μ_t : es un vector de errores del modelo

Esta sección presenta los resultados del VAR para el PIB, dejando en el Anexo el *output* de los modelos VAR para las demás variables.

Modelo VAR para el PIB

El modelo VAR estimado para el PIB revela que su comportamiento está determinado tanto por sus propios rezagos como por los rezagos del Gasto Público y del Indicador de Producción de Obras Civiles de Carreteras (IPOCC) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Coeficientes del modelo VAR para el PIB

| Variable | Estimado | Error est. | Valor t. | Pr(> t) | Significancia |
|------------|----------|------------|----------|----------|---------------|
| dIPIB.I1 | 0.6594 | 0.1703 | 3.8720 | 0.0003 | *** |
| dIPIB.I1 | 0.0400 | 0.0442 | 0.9040 | 0.3697 | |
| dIGasto.I1 | 0.1369 | 0.2555 | 0.5360 | 0.5940 | |
| dIIOCC.I1 | -0.0266 | 0.0467 | -0.5700 | 0.5710 | |
| dIPIB.I2 | -0.0422 | 0.1798 | -0.2340 | 0.8155 | |
| dIPII.I2 | 0.0546 | 0.0512 | 1.0670 | 0.2906 | |
| dIGasto.I2 | -0.1121 | 0.2995 | -0.3740 | 0.7096 | |
| dIIOCC.I2 | -0.0091 | 0.0482 | -0.1890 | 0.8510 | |
| dIPIB.I3 | -1.1860 | 0.1735 | -6.8360 | 0.0000 | *** |
| dIPII.I3 | 0.0958 | 0.0502 | 1.9100 | 0.0612 | . |
| dIGasto.I3 | 1.0056 | 0.2946 | 3.4140 | 0.0012 | ** |
| dIIOCC.I3 | 0.2065 | 0.0473 | 4.3650 | 0.0001 | *** |
| dIPIB.I4 | 0.7136 | 0.1794 | 3.9780 | 0.0002 | *** |
| dIPII.I4 | 0.0143 | 0.0409 | 0.3500 | 0.7279 | |
| dIGasto.I4 | -0.7017 | 0.2532 | -2.7710 | 0.0075 | ** |
| dIIOCC.I4 | -0.1349 | 0.0452 | -2.9850 | 0.0042 | ** |

Códigos de significancia: 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 *
 Error estándar residual: 0.01366 en 57 grados de libertad
 R cuadrado múltiple: 0.6551; R cuadro ajustado: 0.5582
 Estadístico F: 6.765 en 16 y 57 DF, p-valor: 0.0000000296

Fuente: elaborado por Findeter.

Los resultados muestran que el efecto del gasto público sobre el PIB es positivo al cabo de tres meses. Este impacto puede explicarse, por un lado, por el impulso acumulado que un mayor consumo del Estado genera en los ingresos de la población y, consecuentemente, en el consumo privado, particularmente a través de transferencias monetarias a la población. Por otro lado, la inversión pública incrementa la demanda de bienes y servicios, fortaleciendo la actividad económica en el corto plazo.

Estos resultados son consistentes con los hallazgos de la literatura económica. Por ejemplo, Velázquez (2015)⁶⁵ y Hemming, Kell y Mahfouz (2002)⁶⁶ destacan que los *shocks* de gasto público generan efectos positivos en el PIB en el corto plazo, en particular, si se orientan a la promoción del consumo y la inversión pública, aunque reconocen que su impacto puede verse limitado por la estructura del gasto.

Ahora bien, en el contexto colombiano, la mayor parte del gasto público ha estado tradicionalmente compuesta por gastos de funcionamiento, que tienen un potencial más limitado para generar crecimiento económico sostenido, ya que su impacto positivo se restringe principalmente al corto plazo y carece de efectos multiplicadores significativos comparables a los de la inversión en infraestructura (Podestá, 2020)⁶⁷.

En cuanto al IPOCC, los resultados del modelo indican un efecto positivo sobre el PIB al cabo de tres meses, lo que sugiere que la inversión en obras civiles impulsa la actividad económica en el corto plazo. Este efecto positivo puede explicarse por los encadenamientos productivos generados por el sector de infraestructura vial, que incrementan la demanda en sectores relacionados con la provisión de servicios, como la industria y el

comercio. Sin embargo, al igual que el gasto público, el impacto del IPOCC tiende a volverse negativo en un horizonte temporal mayor. Esto sería el reflejo de una menor eficiencia en la ejecución de proyectos o limitaciones estructurales para sostener el impulso inicial.

La literatura apoya estos hallazgos. Calderón y Servén (2010)⁶⁸ y Fay y Morrison (2007)⁶⁹ reconocen que las inversiones en infraestructura tienen un impacto positivo y significativo en el crecimiento económico, especialmente en economías en desarrollo. Sin embargo, encuentran que la sostenibilidad de estos efectos depende de la calidad de la inversión y de la capacidad institucional para ejecutar proyectos eficientemente. Además, Aschauer (1989)⁷⁰ señala que las inversiones públicas en infraestructura pueden estimular la productividad y el crecimiento en el corto plazo, aunque su efectividad disminuye si no están acompañadas de un marco institucional sólido y de sostenibilidad fiscal.

Como se ha visto, Soto y Martínez-Cobas (2024) encontraron que la inversión en infraestructura de transporte contribuye a la atracción de IED y, por tanto, a un mayor crecimiento económico. Sin embargo, el efecto de la inversión sobre el crecimiento sería de corto plazo debilitándose en el tiempo por

65 Velázquez Orihuela, D. (2015). El efecto del gasto público en el ciclo económico: una visión alternativa. *Estudios Económicos*, 30(1), 93-140. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-72022015000100093&lng=es&nrm=iso

66 Hemming, R., M. Kell y S. Mahfouz. 2002. The Effectiveness of Fiscal Policy in Stimulating Economic Activity: A Review of the Literature, IMF Working Paper. Disponible en: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2002/wp02208.pdf>

67 Podestá, A. (2020). Gasto público para impulsar el desarrollo económico e inclusivo y lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*. Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/46276/S2000670_es.pdf

68 Calderón, C., & Servén, L. (2010). Infrastructure and economic development in Sub-Saharan Africa. *Journal of African Economies*, 19(suppl_1), i13-i87. Disponible en: https://academic.oup.com/jae/article-abstract/19/suppl_1/i13/679403?redirectedFrom=fulltext

69 Fay M. y Morrison M. (2007). *Infraestructura en América Latina y el Caribe. Acontecimientos recientes y desafíos principales*. Banco Mundial, Washington, p. 151.

70 Aschauer, D. A. (1989). Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, 23(2), 177-200. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0304393289900470>

factores asociados al aumento de los costos laborales y a los niveles de endeudamiento⁷¹.

En resumen, los resultados destacan la relevancia de la composición del gasto público y de la inversión en infraestructura como catalizadores del crecimiento económico en el corto plazo. No obstante, también enfatizan la importancia de priorizar la calidad y la eficiencia en la ejecución de estas inversiones, con el fin de potenciar su impacto y sostenibilidad.

3.3.4. Prueba de causalidad de Granger

Esta prueba es una herramienta utilizada en el análisis de series de tiempo para evaluar si una variable tiene capacidad predictiva sobre otra. Sin embargo, no establece causalidad en sentido estricto.

Así, esta metodología es útil en contextos donde las relaciones temporales entre variables tienen implicaciones para la formulación de políticas económicas o la gestión empresarial.

En primera instancia, se evalúa si cada una de las variables incluidas en el modelo tiene poder predictivo sobre el PIB en el sentido de Granger. Posteriormente, se analiza si existe una relación de causalidad conjunta, es decir, si las variables consideradas en conjunto causan al PIB en este sentido. Además, se examina la relación de predictividad entre las variables del modelo y el IPOCC.

Los resultados de estas pruebas se resumen en el Cuadro 5, que presenta evidencia sobre la causalidad individual y conjunta, así como sobre las interacciones predictivas entre las variables analizadas.

Cuadro 5. Causalidad de Granger sobre el PIB y el IPOCC

| Relación de causalidad | p-valor |
|---------------------------------|---------|
| dIIPOCC a dIPIB | 0.05715 |
| Causalidad conjunta sobre PIB | 0.00148 |
| dIPIB a dIIPOCC | 0.16540 |
| Causalidad conjunta sobre IPOCC | 0.42630 |

Fuente: elaborado por Findeter.

71 Ibid

Los resultados obtenidos del ejercicio sugieren que el IPOCC causa al PIB en el sentido de Granger, lo que indica que la inversión en infraestructura vial tiene capacidad predictiva sobre el comportamiento económico en el corto plazo. Sin embargo, este análisis también revela que la relación no es bidireccional, ya que el PIB no causa al IPOCC.

Este resultado refleja varias características clave de la economía colombiana. En primer lugar, la inversión en infraestructura vial, especialmente en carreteras, tiene un impacto directo e inmediato en la economía. La construcción de nuevas vías genera empleo, demanda de materiales de construcción y servicios relacionados, lo que contribuye al aumento del PIB a corto plazo. Este efecto inmediato es consistente con los hallazgos de varios autores, que subrayan que la infraestructura tiene un impacto directo sobre la economía, especialmente en países en desarrollo, donde los efectos de las inversiones en infraestructura pueden ser más pronunciados.

Por otro lado, aunque el crecimiento económico podría generar mayores recursos fiscales que pudieran destinarse a la infraestructura vial, esta relación es indirecta y menos celera. Esto se debe, entre otros aspectos, a los ciclos presupuestales, y los procesos de planeación y ejecución de obras públicas, los cuales ralentizan el proceso mediante el cual el crecimiento económico se traduce en inversión en infraestructura. Según Aschauer (1989)⁷²

y Esquivel-Monge & Loaiza-Marín (2018)⁷³, el impacto del crecimiento económico sobre la inversión en infraestructura es significativo, pero depende de la capacidad del gobierno para movilizar recursos, lo que en muchos casos está condicionado por factores institucionales, políticos y fiscales.

Así, un aumento en el PIB no necesariamente implica que esos recursos se destinen de forma inmediata a infraestructura vial. Esta situación está alineada con la teoría económica de las series temporales, según la cual, aunque dos variables estén relacionadas de forma significativa, el tiempo de respuesta de una variable ante otra puede verse influenciado por diversas condiciones estructurales y de política económica.

En el mismo sentido, la CEPAL (2009)⁷⁴, observa que, aunque un país exhiba un incremento en sus ingresos, los hacedores de política pueden optar por destinar estos recursos adicionales a otros propósitos diferentes al fortalecimiento de la infraestructura.

De hecho, la revisión de cifras realizada en la primera parte de este documento evidencia las disparidades existentes en materia de inversión en infraestructura, incluso entre economías en desarrollo. Este es el caso de Colombia, que en la última década destinó, en promedio, el 1,42% del PIB a proyectos de infraestructura, mientras que para el caso de países de Asia Oriental y el Pacífico, esta

72 Aschauer, D. A. (1989). Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, 23(2), 177-200. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0304393289900470>

73 Esquivel-Monge, M., & Loaiza-Marín, K. (2018). Inversión en infraestructura y crecimiento económico: relevancia de factores institucionales. *Economía y Sociedad*, 23(53), 40-61. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-34032018000100040

74 CEPAL (2009). "The Transport and Trade Infrastructure Growth Gap in Latin America". Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/2d1cfe8d-d167-4c9c-8914-31fb7a5abebc/content>

cifra bordeó el 4,5% (AC&A y Cenit; 2020⁷⁵, y Soto & Martínez-Cobas; 2024⁷⁶).

Por otro lado, aunque un crecimiento en el PIB podría generar mayores recursos para infraestructura vial, el diseño, planeación y ejecución de proyectos viales en Colombia toma tiempo, lo que genera un desencaje entre el impacto inmediato del crecimiento económico sobre el IPOCC, reforzando la idea de que la infraestructura vial no responde instantáneamente a las fluctuaciones del PIB.

Otro factor relevante en el contexto colombiano es que la infraestructura vial se utiliza frecuentemente como una herramienta contracíclica para estimular la economía. En períodos de menor crecimiento, el gobierno puede priorizar las inversiones en carreteras para contrarrestar los efectos negativos de la desaceleración económica, lo que desvincula la influencia directa del PIB sobre el IPOCC. Así, las políticas contracíclicas, es decir, la implementación de medidas fiscales expansivas durante recesiones y contractivas en períodos de expansión, son comunes y, deseables, en las economías.

Además, existe cierta independencia entre el dinamismo de la economía y las decisiones de inversión en infraestructura vial, ya que estas decisiones a menudo dependen de planes estratégicos, como los planes nacionales de desarrollo, y no solo de fluctuaciones económicas. Esto resalta la importancia de la planificación a largo plazo en la asignación de recursos para proyectos de infraestructura.

Es importante mencionar que una parte significativa de la inversión en infraestructura vial en Colombia proviene de financiamiento privado a través del esquema de Asociaciones Público-Privadas (APP), el cual, gracias a la implementación de modelos para la promoción de la infraestructura vial, ha permitido que Colombia mejore su índice de calidad vial y su desempeño económico, según los hallazgos de Fedesarrollo (2023)⁷⁷ y Rojas y Ramírez, (2018)⁷⁸.

Ahora bien, este modelo de financiamiento tiene un dinamismo que no necesariamente depende del desempeño inmediato del PIB, sino de políticas y acuerdos a largo plazo entre el sector público y privado.

Finalmente, se evaluó la causalidad conjunta de todas las variables sobre el PIB, es decir, si en conjunto, las variables adquieren capacidad predictiva sobre su comportamiento, encontrándose que la combinación de las variables analizadas tiene poder predictivo sobre el PIB en el sentido de Granger. Este hallazgo refuerza la idea de que las variables tomadas en conjunto proporcionan información relevante para predecir el crecimiento económico.

75 AC&A, & Cenit. (2020). Análisis de inversiones en el sector transporte terrestre interurbano latinoamericano a 2040. Caracas: CAF. Disponible en <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1537>

76 Hernández Soto, G., & Martínez-Cobas, X. (2024). The impact of transportation investment, road transportation and telecommunications on FDI in Latin America 2008-2021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949899624000029>.

77 Ibid

78 Rojas D., Ramírez A. (2018). "Infraestructura vial y su impacto en el crecimiento económico: Aproximación de análisis al caso infraestructura en Colombia (1993-2014)". Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v17n32/1692-3324-rium-17-32-00109.pdf>.

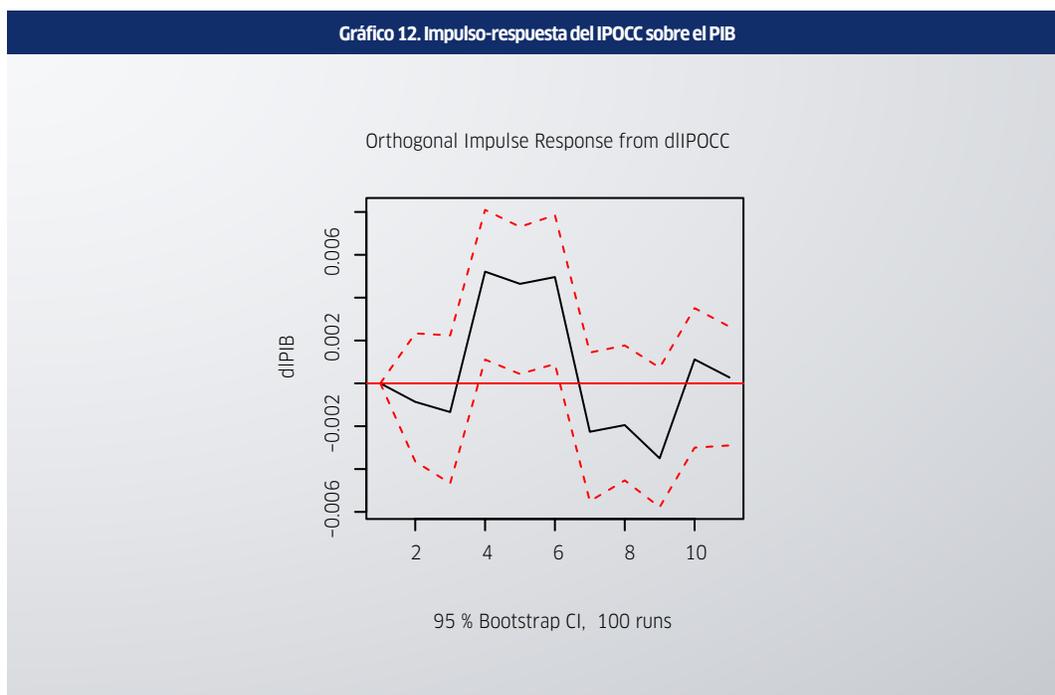
3.3.5. Análisis de impulso-respuesta

El análisis impulso-respuesta permite examinar cómo un cambio en una variable afecta a las demás variables del sistema a lo largo del tiempo. Esta herramienta resulta valiosa para el presente documento de investigación, ya que facilita entender cómo un cambio inesperado en el IPOCC y en otras variables consideradas impacta al PIB, y viceversa, proporcionando una visión dinámica de las interacciones económicas.

Impulso en el IPOCC sobre el PIB

El análisis impulso-respuesta muestra que, bajo el supuesto de *ceteris paribus* (manteniendo constantes las demás variables), un choque positivo de 1 pp en el crecimiento del IPOCC genera un incremento adicional de aproximadamente 0,05 pp en la variación del PIB en los periodos t+4, t+5 y t+6. Después de este periodo, el efecto se diluye y deja de ser estadísticamente significativo (Gráfico 12).

Gráfico 12. Impulso-respuesta del IPOCC sobre el PIB



Fuente: elaborado por Findeter.

Estos resultados, que revelan un efecto positivo de la inversión en infraestructura vial sobre la actividad económica, son confirmados por estudios de entidades como Fedesarrollo (2018)⁷⁹, que, de hecho, ve una incidencia mayor, toda vez que un incremento anual del 1% del PIB en inversión en infraestructura (principalmente, a través del esquema de APP) podría aumentar la tasa de crecimiento económico en 1,4 puntos porcentuales. Ahora bien, dicho estudio encuentra que la materialización de este efecto está sujeta a una asignación permanente de recursos.

Asimismo, Ramírez-Giraldo (2021)⁸⁰ encuentra en su documento que un aumento del 1% en la inversión en infraestructura núcleo (carreteras, redes de energía y telecomunicaciones) está asociada con un aumento del PIB entre 0,15% y 0,27%.

El efecto positivo de inversión en infraestructura sobre PIB puede explicarse por el papel de los encadenamientos productivos en el sector de la infraestructura vial. Un aumento en el IPOCC refleja una mayor actividad en proyectos viales, lo que inicialmente impulsa el empleo y la demanda de materiales y servicios relacionados. Esto se alinea con los hallazgos de Fedesarrollo (2018)⁸¹, entidad que destaca que la inversión en infraestructura de transporte tiene un efecto multiplicador significativo: cada COP 1 destinado a obras civiles genera COP 2,25 en producción nacional, COP 2,46 en salarios y COP 4,90 en impuestos.

Sin embargo, el efecto limitado en el tiempo sugiere que la dinámica económica requiere de factores complementarios para sostener el cre-

cimiento, como el mantenimiento de la infraestructura y la implementación de políticas que incentiven el uso eficiente de las obras realizadas. Al respecto, Quintero y Sinisterra (2018)⁸² afirman que, si las inversiones en infraestructura vial no son complementadas con políticas redistributivas, podrían generarse efectos adversos sobre las comunidades impactadas.

Impulso en el IPOCC sobre las demás variables

Ahora bien, al analizar el impacto de choques en el IPOCC sobre las demás variables, se encuentra que un choque positivo de 1 pp en el crecimiento del IPOCC, bajo el supuesto de ceteris paribus, genera un incremento aproximado de 1,2 pp en el crecimiento del IPI al cabo de tres meses (ver *output* en los Anexos).

Este resultado es consistente con la idea de que un mayor dinamismo en la inversión en infraestructura vial estimula el crecimiento económico, lo cual se traduce en mayores ingresos para los hogares y, consecuentemente, en un aumento en la demanda de bienes y servicios, particularmente en sectores industriales relacionados.

Por otro lado, un choque de 1 pp en el crecimiento del IPOCC, bajo las mismas condiciones, no tiene un efecto significativo sobre el gasto público (ver *output* en los Anexos). Esto puede explicarse considerando que el gasto público es una variable que, tradicionalmente, se toma como exógena, dado que está sujeta a decisiones discrecionales de los formuladores de política

79 Fedesarrollo (2023). El aporte de las concesiones mediante APP en infraestructura de transporte al crecimiento y el bienestar de Colombia. Disponible en: <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/4433>.

80 Ramírez, M. T., Collazos, M. M., García, J., Hahn, L., Melo, L. A., Montenegro, A., Montes, E., Lancheros, P., Toro, J., & Zárate, H. (2021). "La inversión en infraestructura de transporte y la economía colombiana". Disponible en: <https://repositorio.banrep.gov.co/server/api/core/bitstreams/61dec360-2287-4fbc-8ae9-ef118ad88551/content>.

81 Fedesarrollo (2023). El aporte de las concesiones mediante APP en infraestructura de transporte al crecimiento y el bienestar de Colombia. Disponible en: <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/4433>.

82 Quintero, L., & Sinisterra, G. (2018). "The Long and Winding Roads: Roads, Inequality, and Growth in Colombia". Disponible en: https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1964/The%20long%20and%20winding%20roads_Luis%20Quintero.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

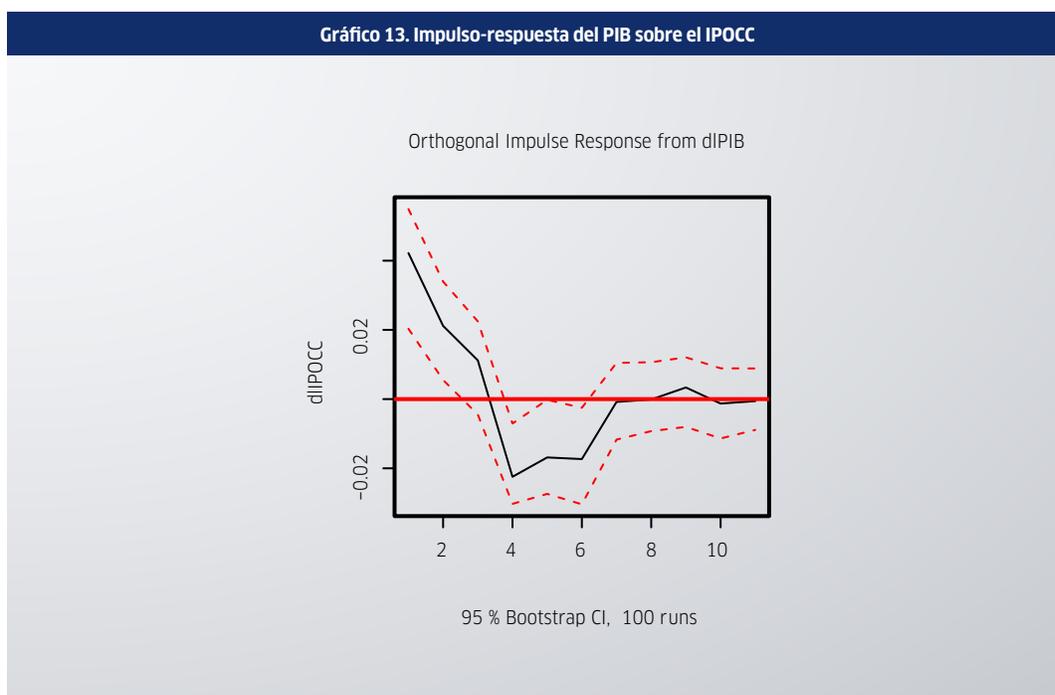
económica y a los ciclos presupuestales, en lugar de responder directamente a dinámicas económicas inmediatas.

Adicionalmente, un choque de 1 pp en el crecimiento del IPOCC provoca un aumento de 3 pp en el crecimiento de la misma variable en el periodo t+1 en comparación con t (ver *output* en los Anexos). Este efecto inicial refleja un proceso de retroalimentación positiva en el corto plazo, posiblemente impulsado por la continuidad o expansión de los proyectos viales en marcha. Sin embargo, este impacto se diluye en los periodos siguientes.

Impulso en el PIB sobre el IPOCC

Ahora bien, al analizar los efectos de choques en el PIB sobre el IPOCC, se encuentra que un impulso positivo de 1 pp en el crecimiento del PIB provoca un aumento de 3 pp en el IPOCC crecimiento en el periodo t+1 en comparación con t. Este resultado sugiere que, en el corto plazo, un mayor nivel de ingresos y actividad económica impulsa al Estado a ejecutar proyectos de infraestructura vial necesarios para el desarrollo económico. Sin embargo, este efecto se torna negativo posteriormente ya que, en un horizonte temporal más largo, los costos asociados a mayores salarios y a las presiones en términos de endeudamiento restringen los beneficios asociados a una mayor inversión en infraestructura (Gráfico 13).

Gráfico 13. Impulso-respuesta del PIB sobre el IPOCC



Fuente: elaborado por Findeter.

Estos resultados, en general, subrayan la importancia de los efectos de corto plazo de los choques económicos, tanto en términos de infraestructura como en dinámicas macroeconómicas, y refuerzan la necesidad de complementar estos análisis con estrategias que fomenten la sostenibilidad de los impactos positivos en el tiempo.

Impulso en el PIB sobre las demás variables

El análisis de impulso-respuesta revela que, manteniendo constantes las demás variables, un choque positivo de 1 pp en su crecimiento genera un incremento adicional cercano a 2 pp en su propia variación en el periodo $t+1$ (ver *output* en los Anexos). Este efecto es significativo en el corto plazo, reflejando la inercia del crecimiento económico, pero en el siguiente trimestre se torna negativo, y pierde relevancia en periodos posteriores.

Un choque positivo de 1 pp en el crecimiento del PIB, *ceteris paribus*, genera un aumento cercano a 3,0 pp en el crecimiento del IPI (ver *output* en los Anexos). Este resultado puede explicarse por el hecho de que un mayor crecimiento económico aumenta la confianza de los consumidores, lo que, a su vez, incrementa la demanda de bienes finales. Sin embargo, este choque, por sí mismo, no es suficiente para generar un efecto positivo duradero sobre el IPI, por lo que, tras el impulso, el efecto se diluye.

Por otro lado, un choque de 1 pp en el crecimiento del PIB no tiene un efecto significativo sobre el gasto público. Esto se debe a que el gasto público se considera una variable exógena en el contexto macroeconómico, ya que su comportamiento depende de la discrecionalidad de los formuladores de políticas económicas y de los ciclos presupuestales. Ade-

más, el gasto público suele ser contracíclico, incrementándose en periodos de contracción y reduciéndose en momentos de bonanza, lo que podría explicar la ausencia de impacto directo en este caso (Anexo).

3.3.6. Descomposición de varianza

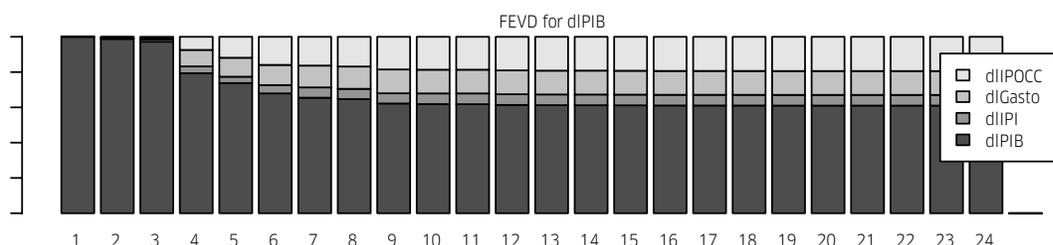
La descomposición de varianza permite identificar qué proporción de la variabilidad de una serie puede explicarse a partir del comportamiento de las demás variables del modelo.

A continuación, se presenta la descomposición de varianza para el PIB y el IPOCC, lo que evidencia cómo se distribuyen las fuentes de variabilidad en función del horizonte temporal considerado (los *outputs* para las demás variables analizadas se encuentran en la sección de Anexos). Este análisis complementa los resultados del impulso-respuesta al proporcionar un marco adicional para interpretar las dinámicas entre las variables del modelo.

Descomposición de varianza del PIB

El análisis gráfico de la descomposición de varianza indica que, en el corto plazo, la mayor parte de la variabilidad del PIB es explicada por sí mismo, lo que refleja la inercia del crecimiento económico, donde su dinamismo inicial predomina en los siguientes periodos (Gráfico 14).

Gráfico 14. Descomposición de varianza del PIB



Fuente: elaborado por Findeter.

Sin embargo, a medida que el horizonte temporal se amplía, variables como el IPOCC y el gasto público ganan representatividad en la explicación del comportamiento del PIB. Este hallazgo es consistente con la literatura económica, que enfatiza el papel de la inversión en infraestructura y el gasto público como herramientas clave para estimular el crecimiento económico, especialmente en economías emergentes como la colombiana (Barro; 1990⁸³, Quintero y Sinisterra; (2018)⁸⁴).

El resultado sugiere que, en el mediano y largo plazo, la política fiscal, representada por el gasto público y la inversión en infraestructura, tiene un impacto significativo en el PIB. Desde una perspectiva teórica, esto se alinea con el enfoque keynesiano, que destaca cómo la intervención del Estado a través del gasto público puede promover la demanda agregada y fomentar el crecimiento.

Además, el impacto del IPOCC sobre el PIB muestra que la infraestructura vial tiene tanto efectos directos, como el empleo y la demanda de insumos, e indirectos, a manera de externalidades positivas, al reducir costos logísticos y mejorar la competitividad, tal como

han señalado investigaciones en el contexto colombiano (véase la sección Panorama de la infraestructura vial en Colombia).

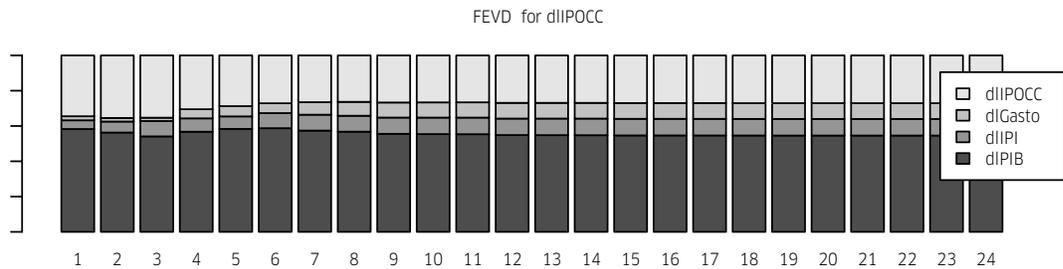
Descomposición de varianza del IPOCC

En el caso del IPOCC, incluso desde el primer periodo de análisis, su variabilidad es explicada tanto por sí mismo como por el PIB. Esto sugiere una relación directa entre el crecimiento económico y el desarrollo de infraestructura vial. Este resultado puede interpretarse como un reflejo de la complementariedad entre crecimiento económico e inversión en infraestructura. Un PIB más alto genera mayores recursos fiscales y posibilidades de financiamiento, lo que facilita la ejecución de proyectos de infraestructura. Este efecto es especialmente relevante en Colombia, donde la inversión vial ha sido una prioridad estratégica en los planes de desarrollo nacional (Gráfico 15).

83 Barro, R. J. (1990). Government spending in a simple model of endogenous growth. *Journal of Political Economy*, 98(5, Part 2), S103-S125. Disponible en: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/261726>

84 Quintero, L., & Sinisterra, G. (2018). "The Long and Winding Roads: Roads, Inequality, and Growth in Colombia". Disponible en: https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1964/The%20long%20and%20winding%20roads_Luis%20Quintero.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Gráfico 15. Descomposición de varianza del IPOCC



Fuente: elaborado por Findeter.

Descomposición de varianza demás variables

La descomposición de varianza del IPI (ver Anexo) muestra que su variabilidad se explica, en gran medida, por su propio comportamiento. Esto indica que el sector industrial tiene dinámicas internas marcadas y relativamente independientes en el corto plazo.

La influencia menor del PIB y el IPOCC sobre el IPI podría reflejar la estructura del sector industrial colombiano, caracterizado por alta heterogeneidad y concentración en ciertos subsectores menos ligados directamente a la infraestructura vial. Este hallazgo también sugiere que la capacidad de la industria para responder a estímulos externos puede estar limitada por factores estructurales como la falta de encadenamientos productivos y la

baja diversificación existentes en la economía colombiana.

El gasto público, al igual que el IPI, presenta una variabilidad explicada mayoritariamente por su propio comportamiento en el corto plazo (ver Anexo). Esto es consistente con el hecho de que el gasto público en Colombia está determinado principalmente por decisiones presupuestales y políticas previamente establecidas, más que por fluctuaciones económicas inmediatas. Sin embargo, en horizontes más largos, su variabilidad se ve influenciada por variables como el IPOCC y el PIB, lo que podría reflejar ajustes en la política fiscal y la asignación de recursos en respuesta a las dinámicas económicas.





4. Principales hallazgos

- Según la literatura económica la inversión en infraestructura genera beneficios a corto y largo plazo. A corto plazo, impulsa la economía con mayor demanda de materiales de construcción, creación de empleo y dinamización de sectores productivos. A largo plazo, reduce costos de transporte y logística, y mejora los tiempos de entrega, fortaleciendo la competitividad y la conectividad regional.
- La inversión en infraestructura tiene un impacto significativo en el crecimiento económico de Colombia, como se indica en el documento realizado por el Banco de la República, donde se estima que un aumento del 1% en esta inversión puede incrementar el PIB entre 0,15% y 0,27%. Por su parte, Fedesarrollo destaca que un incremento anual equivalente al 0,7% del PIB en infraestructura mediante concesiones podría elevar la tasa de crecimiento económico en 1 punto porcentual.
- Sin embargo, existe un punto de inflexión donde la inversión adicional en transporte no genera aumentos significativos en el PIB y la IED, debido a factores como i) costos laborales elevados, explicados por un mayor desarrollo de las regiones beneficiadas por la construcción de vías, y ii) beneficios económicos decrecientes de la inversión en infraestructura, que conllevarían una mayor carga para la economía por concepto de endeudamiento público.
- Al analizar las cifras, se encuentra que la inversión en infraestructura vial de Colombia es relativamente alta en comparación con los demás países de la región.



- Lo anterior plantea problemas de eficiencia en el gasto público en vías, poniendo en evidencia que un mayor nivel de gasto no implica necesariamente un mejoramiento en la calidad de la infraestructura carretable.
- El desarrollo de un modelo VAR para el PIB es consistente con la literatura y el comportamiento reciente de la inversión en infraestructura en Colombia, al sugerir que el gasto público y el IPOCC tienen un efecto positivo, pero de corto plazo, sobre la actividad económica.
- Asimismo, el ejercicio de causalidad de Granger muestra que la inversión en infraestructura vial tiene capacidad predictiva sobre el comportamiento económico. Sin embargo, la relación no es bidireccional, lo que sugiere una falta de retroalimentación entre las variables.
- De forma consistente, el ejercicio de impulso-respuesta arroja que un choque del 1% en el crecimiento del IPOCC genera un incremento adicional de aproximadamente 0,05% en el PIB en el trimestre posterior al impulso y, después de este periodo, el efecto se diluye.
- Ahora bien, se constata la importancia de la política fiscal en el crecimiento económico de mediano y largo plazo al analizar la descomposición de varianza, según la cual el PIB se explica por sí mismo, pero, a medida que el horizonte temporal se amplía, el IPOCC y el gasto público ganan representatividad en su comportamiento.



5. Anexos

5.1. Modelo VAR para cada variable

Cuadro A1.1. Coeficientes del modelo VAR para el PIB

| Variable | Estimado | Error est. | Valor t. | Pr(> t) | Significancia |
|------------|----------|------------|----------|----------|---------------|
| dIPIB.I1 | 0.6594 | 0.1703 | 3.8720 | 0.0003 | *** |
| dIPI.I1 | 0.0400 | 0.0442 | 0.9040 | 0.3697 | |
| dIGasto.I1 | 0.1369 | 0.2555 | 0.5360 | 0.5940 | |
| dIIOCC.I1 | -0.0266 | 0.0467 | -0.5700 | 0.5710 | |
| dIPIB.I2 | -0.0422 | 0.1798 | -0.2340 | 0.8155 | |
| dIPI.I2 | 0.0546 | 0.0512 | 1.0670 | 0.2906 | |
| dIGasto.I2 | -0.1121 | 0.2995 | -0.3740 | 0.7096 | |
| dIIOCC.I2 | -0.0091 | 0.0482 | -0.1890 | 0.8510 | |
| dIPIB.I3 | -1.1860 | 0.1735 | -6.8360 | 0.0000 | *** |
| dIPI.I3 | 0.0958 | 0.0502 | 1.9100 | 0.0612 | . |
| dIGasto.I3 | 1.0056 | 0.2946 | 3.4140 | 0.0012 | ** |
| dIIOCC.I3 | 0.2065 | 0.0473 | 4.3650 | 0.0001 | *** |
| dIPIB.I4 | 0.7136 | 0.1794 | 3.9780 | 0.0002 | *** |
| dIPI.I4 | 0.0143 | 0.0409 | 0.3500 | 0.7279 | |
| dIGasto.I4 | -0.7017 | 0.2532 | -2.7710 | 0.0075 | ** |
| dIIOCC.I4 | -0.1349 | 0.0452 | -2.9850 | 0.0042 | ** |

Códigos de significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.'
 Error estándar residual: 0.01366 en 57 grados de libertad
 R cuadrado múltiple: 0.6551; R cuadro ajustado: 0.5582
 Estadístico F: 6.765 en 16 y 57 DF, p-valor: 0.0000000296

Fuente: elaborado por Findeter.

Cuadro A.1.2 Coeficientes del modelo VAR para el IPI

| Variable | Estimado | Error est. | Valor t. | Pr(> t) | Significancia |
|------------|----------|------------|----------|----------|---------------|
| dIPIB.I1 | 1.67395 | 0.68353 | 2.449 | 0.0174 | * |
| dIPII.I1 | -0.57292 | 0.1775 | -3.228 | 0.0021 | ** |
| dIGasto.I1 | 0.16089 | 1.02529 | 0.157 | 0.8759 | |
| dIIPGCC.I1 | -0.02769 | 0.18736 | -0.148 | 0.883 | |
| dIPIB.I2 | 0.13206 | 0.72167 | 0.183 | 0.8555 | |
| dIPII.I2 | -0.43511 | 0.20554 | -2.117 | 0.0386 | * |
| dIGasto.I2 | -0.27024 | 1.20201 | -0.225 | 0.8229 | |
| dIIPGCC.I2 | -0.13785 | 0.19347 | -0.713 | 0.479 | |
| dIPIB.I3 | -2.62664 | 0.6963 | -3.772 | 0.0004 | *** |
| dIPII.I3 | 0.01076 | 0.20142 | 0.053 | 0.9576 | |
| dIGasto.I3 | 1.80515 | 1.18221 | 1.527 | 0.1323 | |
| dIIPGCC.I3 | 0.43926 | 0.18989 | 2.313 | 0.0243 | * |
| dIPIB.I4 | 0.70544 | 0.72004 | 0.98 | 0.3314 | |
| dIPII.I4 | 0.04915 | 0.16429 | 0.299 | 0.7659 | |
| dIGasto.I4 | -0.53768 | 1.01634 | -0.529 | 0.5988 | |
| dIIPGCC.I4 | -0.14263 | 0.18134 | -0.787 | 0.4348 | |

Códigos de significancia: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '*'
 Error estándar residual: 0.054 en 57 grados de libertad
 R cuadrado múltiple: 0.385; R cuadro ajustado: 0.2123
 Estadístico F: 2.23 en 16 y 57 DF, p-valor: 0.01389

Cuadro A.1.3. Coeficientes del modelo VAR para el Gasto

| Variable | Estimado | Error est. | Valor t. | Pr(> t) | Significancia |
|------------|----------|------------|----------|----------|---------------|
| dIPIB.I1 | 0.014162 | 0.091667 | 0.154 | 0.8778 | |
| dIPI.I1 | 0.005371 | 0.023804 | 0.226 | 0.8223 | |
| dIGasto.I1 | 0.735289 | 0.1375 | 5.348 | 2E-06 | *** |
| dIIPGCC.I1 | 0.012929 | 0.025126 | 0.515 | 0.6088 | |
| dIPIB.I2 | 0.08454 | 0.096783 | 0.874 | 0.3861 | |
| dIPI.I2 | -0.05689 | 0.027565 | -2.064 | 0.0436 | * |
| dIGasto.I2 | 0.046604 | 0.1612 | 0.289 | 0.7735 | |
| dIIPGCC.I2 | 0.020595 | 0.025946 | 0.794 | 0.4306 | |
| dIPIB.I3 | -0.04635 | 0.093381 | -0.496 | 0.6215 | |
| dIPI.I3 | -0.02142 | 0.027012 | -0.793 | 0.431 | |
| dIGasto.I3 | -0.2365 | 0.158545 | -1.492 | 0.1413 | |
| dIIPGCC.I3 | 0.039039 | 0.025467 | 1.533 | 0.1308 | |
| dIPIB.I4 | 0.127571 | 0.096563 | 1.321 | 0.1917 | |
| dIPI.I4 | -0.04276 | 0.022033 | -1.941 | 0.0572 | . |
| dIGasto.I4 | 0.000502 | 0.1363 | 0.004 | 0.9971 | |
| dIIPGCC.I4 | -0.03764 | 0.024319 | -1.548 | 0.1272 | |

Códigos de significancia: 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 * .
 Error estándar residual: 0.054 en 57 grados de libertad
 R cuadrado múltiple: 0.385; R cuadro ajustado: 0.2123
 Estadístico F: 2.23 en 16 y 57 DF, p-valor: 0.01389

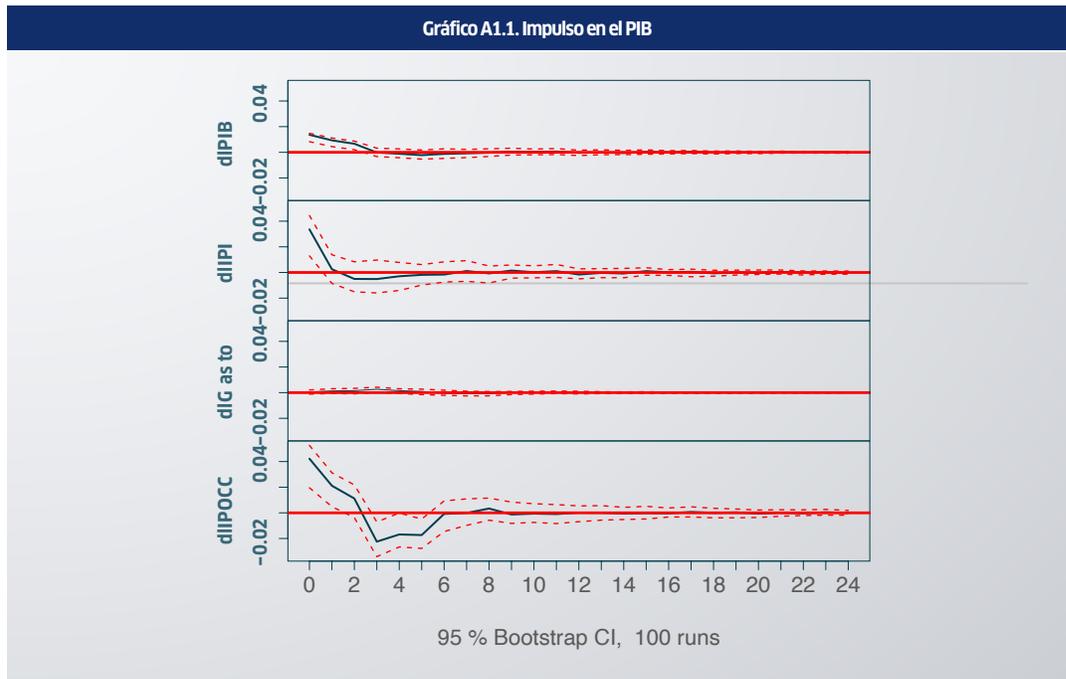
Cuadro A.1.4 Coeficientes del modelo VAR para el IPOCC

| Variable | Estimado | Error est. | Valor t. | Pr(> t) | Significancia |
|------------|----------|------------|----------|----------|---------------|
| dIPIB.I1 | -0.41678 | 0.68942 | -0.605 | 0.5479 | |
| dIPI.I1 | 0.07273 | 0.17903 | 0.406 | 0.6861 | |
| dIGasto.I1 | 0.22247 | 1.03412 | 0.215 | 0.8304 | |
| dIIPGCC.I1 | 0.57516 | 0.18897 | 3.044 | 0.0035 | ** |
| dIPIB.I2 | -0.38532 | 0.72789 | -0.529 | 0.5986 | |
| dIPI.I2 | 0.20829 | 0.20731 | 1.005 | 0.3193 | |
| dIGasto.I2 | 0.27589 | 1.21237 | 0.228 | 0.8208 | |
| dIIPGCC.I2 | 0.01264 | 0.19514 | 0.065 | 0.9486 | |
| dIPIB.I3 | -1.5369 | 0.70231 | -2.188 | 0.0328 | * |
| dIPI.I3 | 0.18309 | 0.20316 | 0.901 | 0.3713 | |
| dIGasto.I3 | 1.34294 | 1.1924 | 1.126 | 0.2648 | |
| dIIPGCC.I3 | -0.22726 | 0.19153 | -1.187 | 0.2403 | |
| dIPIB.I4 | -0.03922 | 0.72624 | -0.054 | 0.9571 | |
| dIPI.I4 | 0.22109 | 0.16571 | 1.334 | 0.1874 | |
| dIGasto.I4 | -0.58887 | 1.0251 | -0.574 | 0.5679 | . |
| dIIPGCC.I4 | 0.21574 | 0.1829 | 1.18 | 0.2431 | |

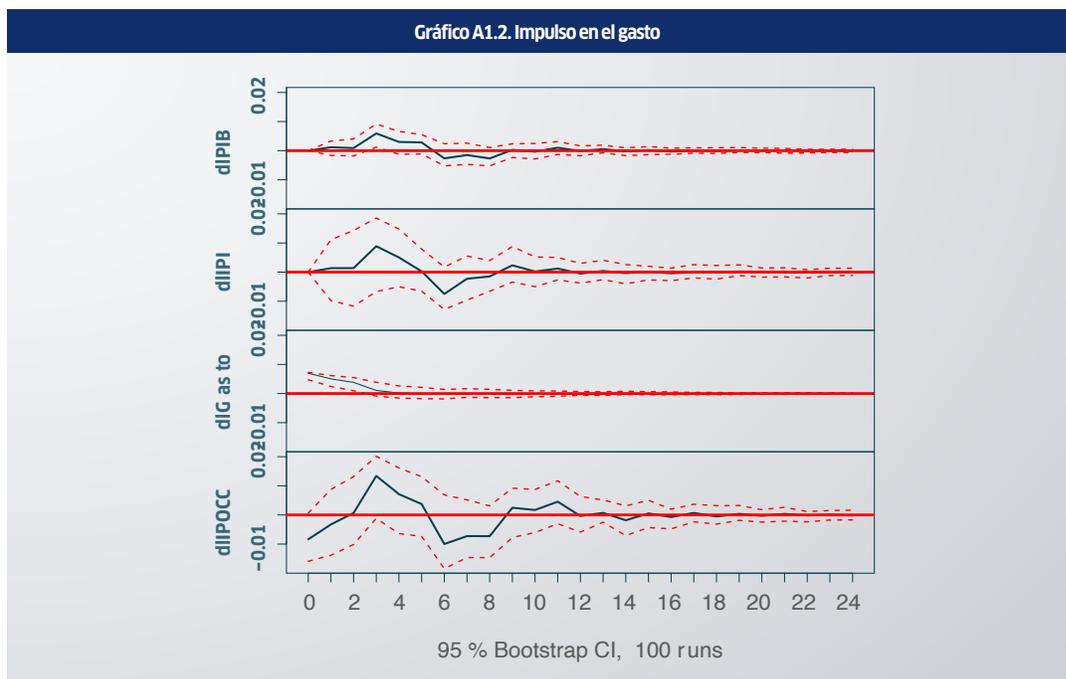
Códigos de significancia: 0 **** 0.001 *** 0.01 ** 0.05 * .
 Error estándar residual: 0.054 en 57 grados de libertad
 R cuadrado múltiple: 0.385; R cuadro ajustado: 0.2123
 Estadístico F: 2.23 en 16 y 57 DF, p-valor: 0.01389

Fuente: elaborado por Findeter.

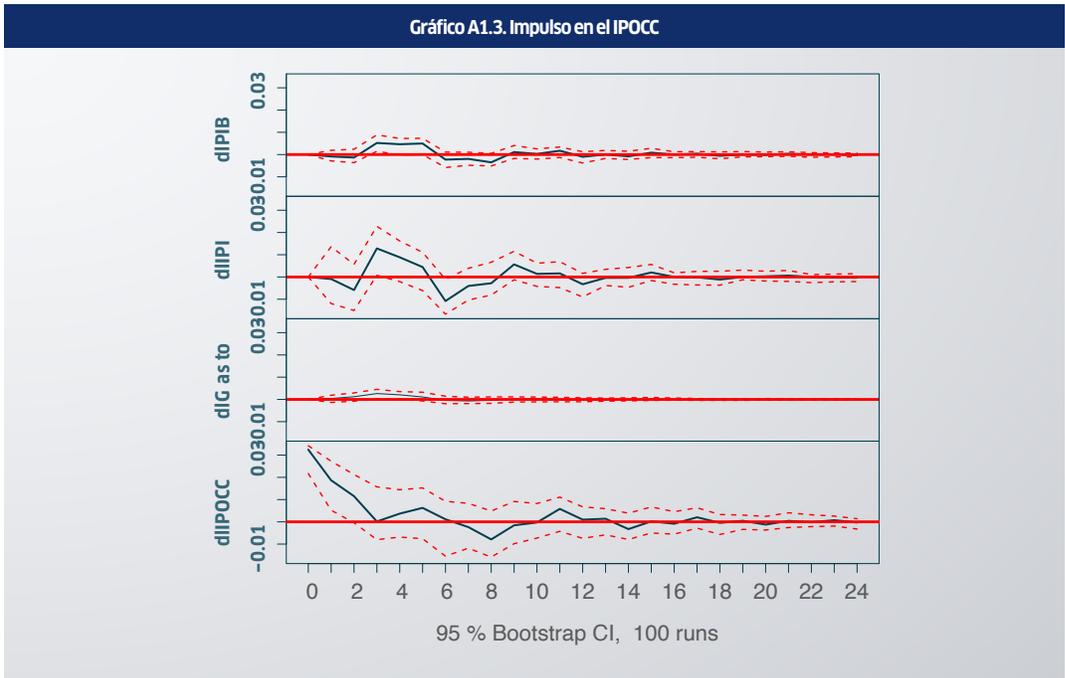
5.2. Análisis impulso-respuesta de cada variable



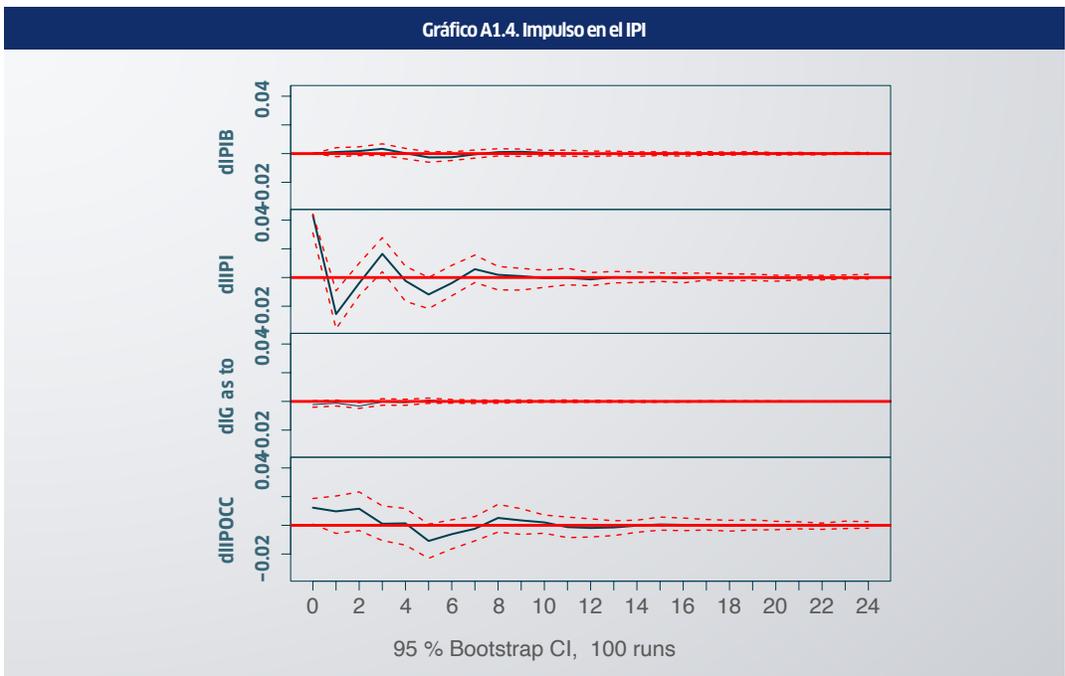
Fuente: elaborado por Findeter.



Fuente: elaborado por Findeter.

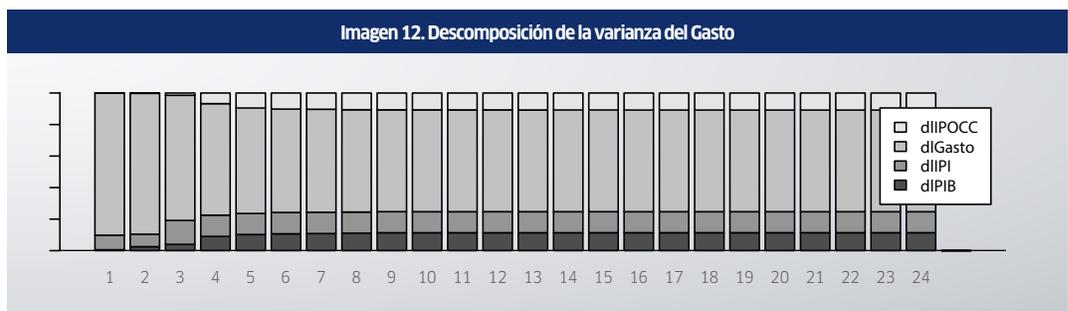
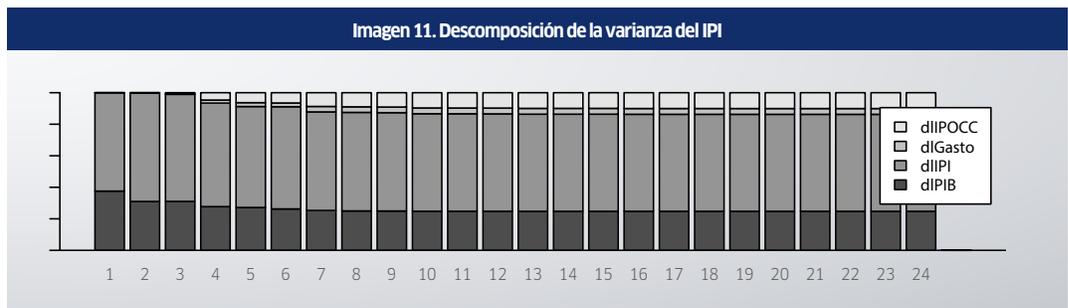
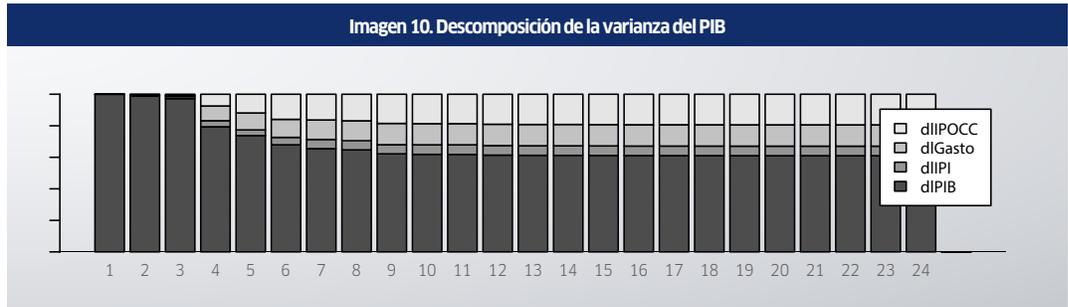


Fuente: elaborado por Findeter.



Fuente: elaborado por Findeter.

5.3. Descomposición de varianza de cada variable





Nota aclaratoria: Este documento fue elaborado por la Dirección de Estudios Económicos de Findeter. No debe ser copiado o alterado sin la autorización expresa de Findeter, ni debe ser utilizado para cualquier fin distinto a servir como material informativo. El contenido de este documento no constituye un concepto, una asesoría, ni una sugerencia de Findeter para la toma de decisiones financieras o de política. La información contenida en este documento no ha sido estructurada con base en información confidencial. Cualquier opinión o proyección de este documento fue preparada independiente y autónomamente, a la luz de la información disponible en el momento.



Mayor información:

Tel.: (601) 623 0311 / 623 0388
Línea nacional gratuita:
01-8000-116622

Dirección General:
Calle 103 No. 19-20,
Bogotá D.C.

Correo electrónico:
findeter@findeter.gov.co
www.findeter.gov.co