

ANÁLISIS DE LOS EFECTOS  
DE LA INVERSIÓN PÚBLICA  
EN INFRAESTRUCTURA Y  
EL CRECIMIENTO  
EN MÉXICO

JORGE MÁTTAR\*  
DANIEL E. PERROTTI\*\* a/

\* Centro Tepoztlán  
\*\* CEPAL, Washington DC

RESUMEN

El muy pausado ritmo de crecimiento de la economía mexicana, observado en el último medio siglo, se asocia –entre otros factores– a una lenta y volátil evolución de la formación bruta de capital fijo. Las fluctuaciones pronunciadas de la inversión, especialmente en los periodos del ciclo a la baja, generan incertidumbre en los agentes económicos y retrasan la recuperación del proceso inversionista y, por tanto, de la producción, lo que constituye un escollo fundamental para el desarrollo sostenible del país. Teniendo como trasfondo la necesidad de elevar sostenidamente la tasa de crecimiento de la economía mexicana, en este texto se planteó, como hipótesis, la existencia de una relación positiva entre la inversión pública en infraestructura (IPI) y el crecimiento del PIB del sector privado. La contrastación empírica, que comprende el período 1980-2020, comprobó la existencia de un efecto positivo y estadísticamente significativo –aunque pequeño– entre las dos variables de interés. Asimismo, al analizar los efectos de los componentes de la IPI (agua y saneamiento, energía, transporte y telecomunicaciones), también se encontraron efectos individuales positivos, con la única excepción del sector energético. Una lección importante que deriva de los resultados obtenidos es que, en México, la inversión pública en infraestructura no puede hacerse cargo, de manera aislada, de sostener un proceso sostenido de crecimiento. Es conveniente dejar atrás la consideración de la IPI como variable de ajuste en tiempos de estrechez de las finanzas públicas; por el contrario, debe mantener una tendencia ascendente y considerarse como parte integral de una visión

---

a/ Las opiniones expresadas en este artículo son únicamente las de los autores y no representan necesariamente las opiniones o políticas de sus respectivas afiliaciones académicas o laborales. En igual sentido, los autores han realizado este trabajo en su capacidad personal y no en representación oficial de sus respectivas afiliaciones académicas o laborales. Los autores agradecen los comentarios de Andrés Valenciano a una versión anterior de este texto.

estratégica de desarrollo de largo plazo, en alianza con inversiones privadas, tanto nacionales como extranjeras.

#### ABSTRACT

The very slow pace of growth of the Mexican economy over the last half century is associated, among other factors, with a slow and volatile evolution of gross fixed capital formation. The pronounced fluctuations in investment, especially during periods of the down cycle, generate uncertainty among economic agents and delay the recovery of the investment process and, therefore, of production, which constitutes a fundamental obstacle to the country's sustainable development. Against the backdrop of the need to sustainably increase the growth rate of the Mexican economy, this text hypothesized the existence of a positive relationship between public investment in infrastructure (IPI) and private sector GDP growth. The empirical test, which covers the period 1980-2020, proved the existence of a positive and statistically significant –albeit small– effect between the two variables of interest. Likewise, when analyzing the effects of the IPI components (water and sanitation, energy, transportation and telecommunications), positive individual effects were also found, with the sole exception of the energy sector. An important lesson derived from the results obtained is that, in Mexico, public investment in infrastructure cannot, in isolation, sustain a sustained growth process. It is convenient to leave behind the consideration of IPI as an adjustment variable in times of tight public finances; on the contrary, it must maintain an upward trend and be considered as an integral part of a long-term strategic vision of development, in alliance with private investments, both domestic and foreign.

### ***1. Introducción***

La inversión es un componente central para el crecimiento económico y el desarrollo en el largo plazo. La experiencia internacional muestra que los países que han alcanzado niveles de crecimiento y desarrollo sostenidos, por largos periodos, han contado con procesos dinámicos de

formación de capital fijo como ingredientes fundamentales para que ese grupo de naciones alcance estadios superiores en materia de actividad económica, productividad, progreso técnico, competitividad y empleo. Además, con políticas y planeación estratégica de largo plazo, un subgrupo de esas naciones también ha escalado a escenarios de bienestar social y progreso material incluyente, obteniendo el deseado grado de países desarrollados.

En América Latina, y en México en particular, una gran variedad de trabajos teóricos, estudios empíricos y análisis desde diversas disciplinas y enfoques, en la academia, la política, el quehacer de lo público, las políticas públicas, organismos internacionales y otros medios, han reconocido un efecto positivo de la inversión agregada sobre el nivel del producto interno bruto. Y también se ha mostrado que, en México, a pesar del consenso sobre la importancia de la inversión, desde hace casi medio siglo no se ha transitado por un periodo virtuoso y sostenido de crecimiento e inversión que hayan encaminado al país en un sendero inequívoco hacia el desarrollo.<sup>1</sup>

América Latina y el Caribe en conjunto, salvo periodos cortos como el de inicios de los años 2000, no ha logrado mantener altos niveles de formación de capital, a pesar del reconocimiento de la necesidad de elevar la tasa de inversión a niveles de al menos 25% del PIB por periodos prolongados y sin grandes fluctuaciones (como lo hicieron los países hoy desarrollados desde el siglo XIX y la mitad del Siglo XX, y lo han hecho China y otros países del sudeste de Asia desde la segunda mitad del siglo XX).

En el último medio siglo el bajo dinamismo de la inversión se yergue como una de las principales causas de las bajas tasas de crecimiento sostenido y productividad de México y las demás economías latinoamericanas. Un proceso inversionista dinámico es la mejor vía para ampliar sostenidamente la capacidad de producción de una economía en el largo plazo y, bien planeada y ejecutada, la inversión también es indispensable

1 Véanse, por ejemplo, para el caso latinoamericano, CEPAL (2018), parte II; y, para México, Godínez (2023); y Máttar (2000).

para generar empleos decentes (Godínez, 2023, página 18), especialmente si se agrega la formación y desarrollo de capital humano. En este sentido, y si se ha de revertir esta situación, resulta indispensable disponer de una estrategia de desarrollo en la que la inversión se erija como uno de los pilares fundamentales de la agenda nacional.

La inversión en infraestructura es indispensable para acelerar el desarrollo, y la que impulsa el sector público es esencial pues es común que no tenga sustituto en las iniciativas privadas. En efecto, las condicionantes y obstáculos que enfrentan los proyectos de IPI suelen ser de mayor complejidad que los que enfrentan sus contrapartes privadas, al considerar *i)* la incidencia del ciclo acotado de los gobiernos que, frecuentemente, no es suficiente para concluir el ciclo de un proyecto de inversión; *ii)* decisiones que atienden aspectos de corto plazo ligados a falta de una visión global, ausencia de estrategia de largo plazo e intereses políticos de los tomadores de decisiones en turno, dejando de lado aspectos estratégicos del desarrollo sostenible, armónico, incluyente y participativo de un país o de los territorios dentro del país; y, *iii)* procesos poco transparentes o incluso marcados por la corrupción, en un contexto de insuficiente fortaleza institucional y deficiente gobernanza en la toma de decisiones.<sup>2</sup>

Precisamente, la materialización exitosa de proyectos de inversión pública, especialmente en materia de infraestructura, es producto de

2 No se quiere implicar que la corrupción sucede solo en las obras de infraestructura pública; existe también en proyectos mixtos (*joint ventures*) e iniciativas privadas, nacionales y extranjeras. El problema existe desde hace decenios y en la actualidad la obra pública sigue cuestionada, a pesar de nuevos controles y procedimientos más estrictos, del fortalecimiento de la fiscalización legislativa, entre otras medidas (Provencio, 2019, página 18). Sobre las carencias, errores de implementación y fallas de planeación de proyectos de infraestructura en México, la Auditoría Superior de la Federación indica que en obras e inversiones físicas “encontramos que hay inadecuada, planeación, falta de proyectos, ejecutivos o incompletos, de licencias y permisos de uso de suelo, pagos en exceso de obra no ejecutada, deficiencias en el manejo y control de la bitácora, inadecuada, supervisión de obra u obra de mala calidad o con vicios ocultos” (*La Jornada*, 6 de marzo de 2024, página 11). Véase también Auditoría Superior de la Federación, 2017.

procesos de planeación estratégica con visión prospectiva, que cuentan con el financiamiento adecuado y consideran períodos de ejecución de varios años, sin desviarse del propósito esencial, hasta rendir los frutos económicos y sociales esperados (Warner, 2014). En promedio, un proyecto de inversión pública lleva de 3 a 8 años de preparación y de 3 a 7 años de implementación; es decir, de 6 a 15 años de duración total (Fondo Monetario Internacional, 2020, página 38).

La motivación de este artículo tiene como antecedente inmediato el análisis de Víctor Godínez en el número 8 de esta Revista, sobre cuatro dimensiones que inciden decisivamente en el desempeño de la economía, una de las cuales es, precisamente, la formación de capital. Desde una perspectiva macro, el trabajo de Godínez (Godínez, 2023) proporciona antecedentes valiosos para el propósito del presente texto, que consiste en estudiar el efecto de la inversión pública en infraestructura sobre el desempeño económico del sector privado mexicano (medido a través del dinamismo del producto interno bruto). Para este fin, y luego de realizar pruebas de estacionalidad sobre las series de datos, se utilizan modelos de vectores autorregresivos para las estimaciones econométricas, las cuales se realizan utilizando, además de las dos variables de interés, otras variables adicionales explicativas del desempeño económico del sector privado. Además, la variable relativa a la inversión pública en infraestructura se estima de manera agregada y abierta en cuatro subsectores: agua y saneamiento; energía; transporte; y telecomunicaciones.

La hipótesis subyacente de trabajo consiste en que la falta de infraestructura física crea cuellos de botella para la prosperidad económica en los países en vías de desarrollo (especialmente los de menor desarrollo humano y PIB per cápita). En este sentido, atender a las necesidades de inversión en infraestructura sería un factor clave de impulso al crecimiento económico y al desarrollo. Por otra parte, en los países desarrollados, que cuentan con elevados niveles de infraestructura, la misma no se tornaría como una barrera al crecimiento, a punto tal que una mayor

inversión en infraestructura podría no estimular un mayor crecimiento, o tener un efecto relativamente pequeño (Timilsina, Hochman y Song, 2020, página 5).

El documento se estructura de la siguiente manera: después de esta introducción, en la sección II se hace un breve recuento de la evolución de indicadores agregados de la economía mexicana, para mostrar la alta interdependencia del PIB y la inversión. La sección III se centra en la revisión de diversos trabajos y metodologías de análisis de la relación entre inversión en infraestructura y crecimiento, a nivel teórico y empírico, para diferentes sectores económicos, regiones y países. En la sección IV se presenta el análisis empírico de la relación entre inversión en infraestructura y crecimiento del PIB privado de México, usando un modelo de vectores autorregresivos, metodología que permite dar cuenta de la interacción temporal entre las diferentes variables de inversión y PIB. Finalmente, la sección V presenta los principales hallazgos y conclusiones del trabajo, así como sugerencias para futuras investigaciones, en particular para analizar a profundidad posibles líneas de investigación y acciones de política pública para maximizar el impacto de la inversión en infraestructura sobre el crecimiento económico de México.

## ***2. La economía mexicana y el papel de la inversión***

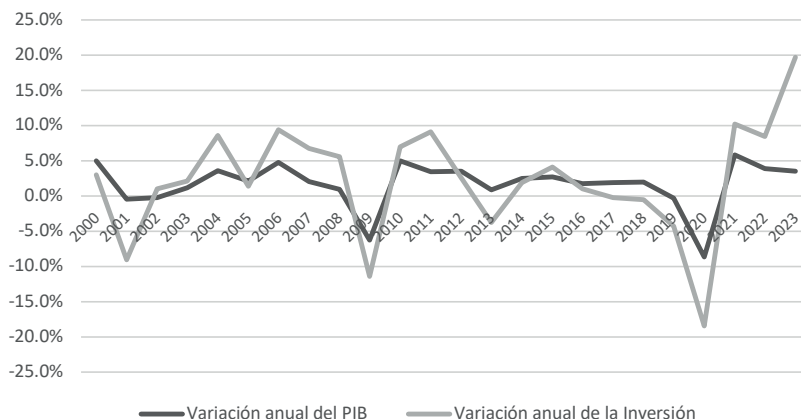
Uno de los grandes desafíos del desarrollo de México en los últimos cincuenta años es dinamizar el crecimiento económico, con tres adjetivos fundamentales: calidad (es decir, generador de empleos decentes y reduciendo desigualdades y disparidades territoriales), sostenibilidad y baja volatilidad. Precisamente, de acuerdo con cifras del INEGI, la tasa de crecimiento promedio del PIB en los últimos 25 años apenas promedió 1.6% anual y, en términos per cápita, 0.5% anual, cifras muy por debajo de lo necesario para enfrentar los retos del desarrollo.

Una de las razones fundamentales del bajo dinamismo de la producción ha sido el comportamiento de la formación bruta de capital fijo que, en México, ha crecido a un ritmo muy lento, exhibiendo también una elevada prociclicidad. La inversión creció 2.1% promedio anual entre 1999 y 2023, notando un alto dinamismo en los tres últimos años, encabezada por la aceleración de obra pública en transporte (corredor transístmico, tren maya, refinería Dos bocas).<sup>3</sup> El gráfico 1 muestra con claridad la correlación entre las dinámicas de la inversión y el PIB.<sup>4</sup> También se distinguen las fluctuaciones pronunciadas de las series, especialmente en los periodos bajos del ciclo, lo que tiene implicaciones sobre las decisiones de inversión y producción, cuando priva la incertidumbre sobre la recuperación de la actividad económica, cosa que también afecta el crecimiento potencial en el mediano y largo plazos.

3 En el aumento de 19.6% de la formación bruta de capital fijo, en 2023, incidió la dinamización de obras de infraestructura pública emblemáticas del gobierno nacional, que mantienen su inercia en 2024, pero que probablemente a partir del segundo semestre se desacelerarán. En 2023 la construcción se incrementó 20.8% y la inversión en maquinaria y equipo aumentó 18.5%; en el mismo año la construcción no residencial (infraestructura básicamente) se elevó 39.2%, la cifra más alta en 30 años.

4 Para comparar con más precisión los montos de inversión en ambos momentos, se requeriría un análisis detallado de la composición de los bienes de capital (maquinaria, equipo, construcción, etc.). En general, el avance tecnológico abarata la maquinaria y equipos en términos reales, lo que debe tenerse en consideración al establecer comparaciones intertemporales.

**Gráfico 1**



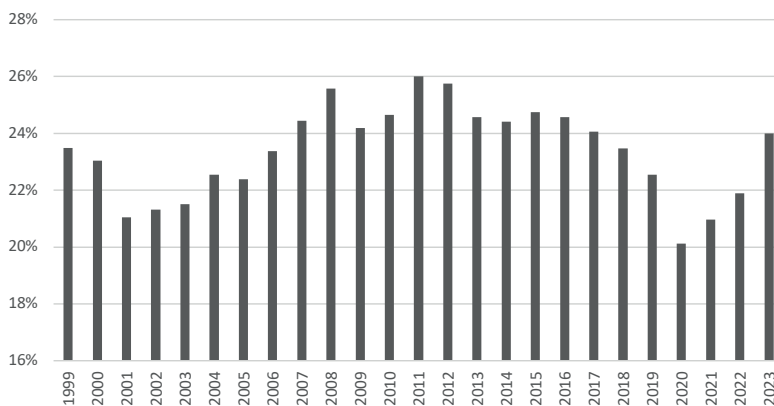
Fuente: elaborado con base en datos del INEGI, cifras a precios constantes de 2018.

El proceso de formación bruta de capital fijo como porcentaje del producto en México también muestra variaciones en las últimas décadas. Como resultado del auge petrolero a fines de la década de los setenta del siglo pasado, el coeficiente de inversión a PIB giró alrededor de valores de 25%. La crisis de la década perdida incidió en su caída a un promedio de 18% en la década de 1980. En los decenios siguientes osciló entre 20 y 25%, mostrando una caída en 2020 a causa de la pandemia por coronavirus SARS Cov.2, para después recuperarse hasta un estimado de 24% en 2023 (véase el gráfico 2).



## Gráfico 2

México: Inversión como porcentaje del PIB, 1999-2023



Fuente: elaboración propia, con base en datos del INEGI.

Nota: la cifra de 2023 es estimada.

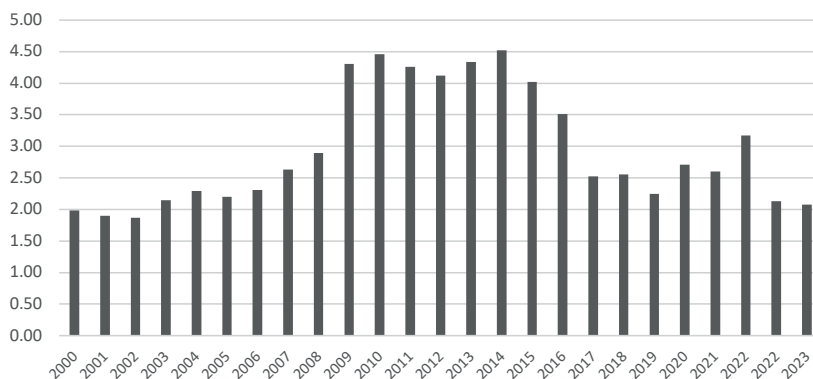
La experiencia internacional enseña que un proceso dinámico de crecimiento sostenido requiere una tasa de inversión de alrededor de 25%. En México, el promedio entre 2000 y 2023 se ubica en 23%, es decir, no muy lejano al coeficiente deseado, pero aun así el comportamiento de la inversión no ha sido suficientemente estable ni dinámico para impulsar un PIB más alto de manera sostenida. Como referencia, en América Latina el promedio de la tasa de inversión se ubica, en promedio, en los últimos 30 años en una cifra alrededor de 20% del PIB (CEPAL, 2018; CEPALSTAT).

La inversión pública tuvo un crecimiento muy dinámico en los años de rápida industrialización después de la II guerra mundial, hasta alcanzar porcentajes de alrededor de 15% del PIB a fines de la década de 1970 (Provencio, 2019). Posteriormente vino a la baja, al tiempo que la privada tomaba impulso. En el gráfico 3 se muestra que la participación de la inversión pública total respecto del PIB ha fluctuado entre 2 y 4.5% del PIB

en el último cuarto de siglo, aunque en el último decenio ha venido a la baja, para llegar a 2% en 2023. En 2023 el valor de la inversión física del sector público en términos reales fue casi 20% menor que la de 2014, año en que alcanzó un máximo de 4.5%.

### **Gráfico 3**

*México: Inversión pública como porcentaje del PIB, 2000-2023*



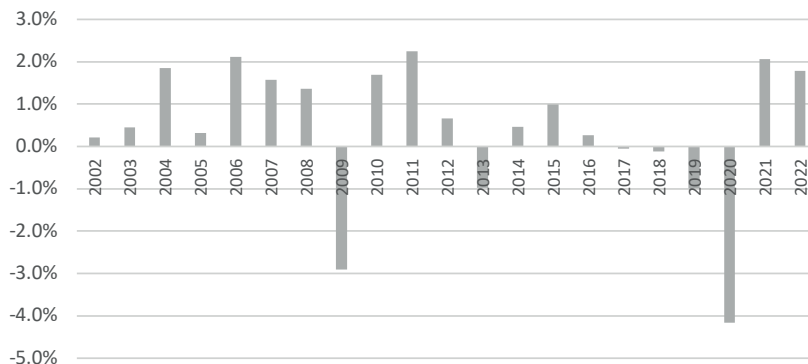
Nota: las cifras de 2023 corresponden al primer semestre

Fuente: elaborado con base en INEGI, con cifras del PIB y la formación bruta de capital fijo a precios de 2018.

La contribución de la inversión agregada al crecimiento del PIB se muestra volátil y complementa la noción de una falta de sostenibilidad de su ritmo de crecimiento (véase el gráfico 4). Más aún, los períodos de contribución negativa de 2009 y 2020 presentan una magnitud significativamente superior a la de los mejores períodos de aportes positivos de la inversión.

### Gráfico 4

*México: contribución de la inversión al crecimiento del PIB, 2002-2022 (porcentajes)*



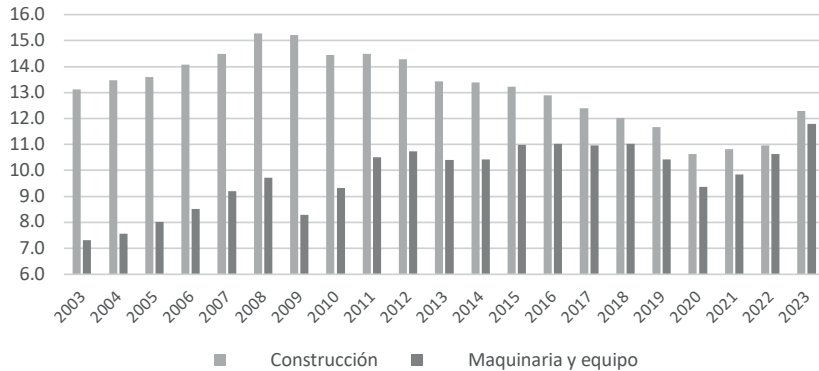
Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras del INEGI.

Respecto de la composición de la inversión, el componente de construcción ha sido históricamente el más importante, aunque en la última década la inversión en maquinaria y equipo ha repuntado, al tiempo de que la construcción desacelera su participación en términos del PIB.<sup>5</sup> Durante la primera década del siglo XXI, la construcción solía duplicar a la maquinaria y equipo, pero a lo largo de la segunda década esta última se acercó a representar porcentajes similares a la construcción con respecto a la inversión total (véase el gráfico 5).

5 Para un análisis histórico-estructural de largo plazo de la inversión pública en infraestructura en México y su papel en el desarrollo nacional, véase Provencio (2019).

### **Gráfico 5**

*México: inversión en construcción y maquinaria y equipo,  
2003-2023 porcentajes del PIB*



Fuente: CEPAL, sobre la base de cifras del INEGI.

En síntesis, hasta aquí se ha observado que la inversión total, si bien muestra valores altos en términos de PIB, ha exhibido un comportamiento con demasiada volatilidad. Más aún, los períodos contractivos reflejan impactos de mayor magnitud que sus contrapartes expansivas. Por otra parte, se observa un comportamiento similar en el desempeño de la inversión pública, aunque con una mucho más baja ponderación en el PIB que la inversión privada. Estas características de la inversión pública, y como se verá posteriormente, de la inversión pública en infraestructura, influyen de manera significativa en los resultados obtenidos en la sección IV.

En México, la inversión pública ha sido tratada como “variable de ajuste” cuando las cuentas fiscales se ven presionadas, o cuando el objetivo de déficit público está en riesgo de no cumplirse, o cuando apremia el pago de los intereses de la deuda externa. Víctor Godínez lo expresa así:

La trayectoria de la formación de capital ha sido ... insuficiente después de su desplome de la década de 1980. Detrás de este hecho hay una decisión política que pudo justificarse técnicamente en el ambiente de inestabilidad financiera y contracción del producto que siguió a la crisis de la deuda externa: la decisión de contener el gasto y recortar la inversión del sector público, con el fin expreso de estabilizar la economía y generar los ahorros requeridos para el pago de los compromisos internacionales. Una vez que empezaron a superarse las turbulencias de aquellos años, esta decisión permaneció como lo que también había sido desde el inicio: como un instrumento al servicio de una ideología económica y de un proyecto de empoderamiento de las fuerzas del mercado frente a la esfera estatal (Godínez, 2023, página 23).

El trato de la inversión pública como un “comodín” que se ajusta (normalmente a la baja), cuando surgen necesidades o urgencias en el presupuesto, debe quedar atrás si se desea elevar el crecimiento de manera sostenida. Resulta indispensable mantener un elevado dinamismo de la inversión; el momento es propicio para el país pues, aunque persiste la incertidumbre y volatilidad sobre la evolución de la economía y el comercio mundiales, también se observa un contexto favorable para la relocalización geográfica de empresas internacionales que pueden aterrizar en México, como respuesta a los conflictos de la geopolítica internacional, especialmente los que involucran a Estados Unidos y a China. La cercanía con Estados Unidos, el T-MEC, la mano de obra calificada y la experiencia y capacidades instaladas en el país le dan ventajas sobre otros competidores, pero es necesaria una estrategia para aprovecharlas. Y es en este contexto donde la infraestructura juega un papel central: su ampliación, mantenimiento y calidad han sido señalados por expertos y representantes de los sectores público y del privado, así como empresas extranjeras, como aspectos centrales para atraer nuevos emprendimientos en el territorio nacional.

Asimismo, la recuperación de la actividad económica sobre bases perdurables requiere un impulso sostenido de la inversión, pública y privada, nacional y extranjera. En un contexto de restricción de la política monetaria, de alta competencia en el acceso a recursos financieros y

de condiciones restrictivas de acceso a los mercados internacionales de deuda, se impone una política que priorice la asignación de recursos a inversiones estratégicas y sostenibles.

El crecimiento económico sostenido es condición indispensable para el desarrollo, especialmente en países como México, que distan de alcanzar estándares de bienestar social y progreso material comparables con los de países desarrollados. La formación de capital, y la infraestructura en particular, son clave para una estrategia de desarrollo que promueva el desarrollo regional equilibrado, sin las disparidades territoriales que lo aquejan desde hace décadas (véase Máttar, 2021).

### ***3. Revisión de la literatura sobre infraestructura y crecimiento***

#### *a) Antecedentes*

Si bien no existe un consenso explícito, la mayor parte de la literatura especializada señala que la inversión en infraestructura (tanto pública como privada) contribuyen a un mayor crecimiento económico en el largo plazo, que se produce a través de las mejoras que este tipo de inversión genera sobre la productividad total de los factores, y, por este medio, incrementando el PIB potencial (Fedderke, Perkins, & Luiz, 2006; Warner, 2014; Fondo Monetario Internacional, 2020).

Otros efectos de largo plazo señalan que la infraestructura reduce los costos de transacción y promueve la integración y tamaño de los mercados (al incrementar el comercio doméstico e internacional). Asimismo, con una mejor provisión de infraestructura, se considera que resulta menos costosa la reubicación de firmas o sectores industriales, y disminuyen los costos de operación de las firmas. También la infraestructura contribuye al incremento de la productividad del trabajo a través de la reducción en los tiempos de traslado, a organizar mejor las tareas y, en general, a crear condiciones más propicias para el desempeño laboral,

entre otras. Más aún, se considera que una capacidad de infraestructura adecuada atrae un mayor nivel de Inversión Extranjera Directa (Yılmaz & Çetin, 2017).<sup>6</sup>

Por otro lado, un sistema de infraestructura que funciona correctamente reduce los costos de transacción y facilita la movilidad de los bienes y el trabajo, y la materialización de las economías de escala. Particularmente, la inversión pública en infraestructura facilita los procesos productivos, estimula las actividades económicas, mejora la competitividad al reducir los costos de transacción y de comercio, y genera oportunidades de empleo (Javid, 2019).

La infraestructura también afecta el desempeño económico por el canal indirecto de la distribución del ingreso, debido a que un mayor acceso a los servicios de infraestructura colabora en la reducción de las desigualdades al disminuir los costos logísticos o incrementar el valor del capital humano o de la tierra (Loayza & Odawara, 2010).

Por otra parte, y con relación a las erogaciones públicas en infraestructura, sus beneficios sociales exceden lo que cualquier individuo estaría dispuesto a pagar por los servicios, por, al menos, las siguientes razones: *a)* algunos componentes de la infraestructura pública son no excluibles; *b)* otros componentes reducen las externalidades negativas generadas en el sector privado; y, *c)* muchos tipos de infraestructura pública exhiben economías de escala (Eberts, 1990).

No obstante, y a pesar de los argumentos mencionados sobre los efectos positivos de la inversión en infraestructura, varios trabajos cuestionan su impacto diferenciado sobre el crecimiento. Esto es, más allá de los efectos directos de la infraestructura, no se observarían, según estos autores, efectos adicionales que le provean a la inversión en infraestructura de efectos diferenciales sobre el crecimiento. Asimismo, generalmente los autores que comparten esta visión también consideran que la

6 Esto último resulta clave para México en la presente coyuntura, por la reconfiguración de cadenas globales de producción y la relocalización de empresas internacionales.

inversión pública en infraestructura promueve un efecto *crowding-out* sobre la inversión privada. Por ejemplo, Munnell (Munnell, 1992) señala que, por un lado, el capital público incrementa la productividad del capital privado al elevar la tasa de retorno y promover una mayor inversión, pero, por el otro, y desde la perspectiva del inversor, el capital público actúa como sustituto del capital privado mediante un efecto *crowding-out*. A pesar de considerar ambos efectos, esta autora reconoce la prevalencia de los efectos netos positivos de la infraestructura sobre el crecimiento, y afirma que en el agregado prevalece el estímulo positivo del capital público hacia el privado.

Un trabajo del Banco Mundial (Timislina *et al.*, 2020) resume buena parte de la discusión académica señalada hasta el momento.

A continuación, presentamos los enfoques metodológicos más utilizados para abordar la relación entre infraestructura y crecimiento.

#### *b)* Enfoques metodológicos recientes

Entre las metodologías utilizadas para la estimación del impacto de la infraestructura sobre alguna(s) variable(s) de desempeño económico, la de mayor frecuencia es la función de producción agregada. Algunos trabajos han seguido el enfoque dual de la producción, por medio de especificar funciones de costos. Otro enfoque de importancia es el de las ecuaciones de crecimiento, derivadas de la función de producción. También, la literatura ha exhibido estimaciones por medio de sistemas de Vectores Autorregresivos (VAR), y con relaciones de cointegración de largo plazo, por medio de sistemas de Vectores con Mecanismos de Corrección de Errores (VECs). Finalmente, algunos trabajos –los menos– han utilizado un enfoque basado en evaluaciones individuales de proyectos de inversión.

Por otra parte, las derivaciones teóricas de los enfoques mencionados (con excepción del VAR y los proyectos de inversión) han correspondido mayormente a formas reducidas. Sin embargo, han ido mostrando en el



tiempo una tendencia a la micro fundamentación, a punto tal que cada vez se observan más trabajos basados en modelos de equilibrio general.

A continuación, se presentan algunos trabajos agrupados en función de los principales enfoques metodológicos utilizados en la literatura.

i. Trabajos con enfoque de la función de producción agregada

En el trabajo de Calderón y Servén (Calderón & Servén, 2003) los autores dan respuesta a la pregunta de *¿cuál fue el rol del crecimiento de la brecha en infraestructura de América Latina en la ampliación de la brecha del producto?* La metodología utilizada se basa en la estimación de una función de producción agregada ampliada por medio de la inclusión del capital de infraestructura (medido en cantidades físicas). Los resultados que obtienen dan cuenta de que un tercio de la ampliación de la brecha entre los PIB per cápita de América Latina y del Este de Asia se debe a la ampliación de la brecha de infraestructura en dicho período. Adicionalmente encuentran que casi la mitad del impacto le corresponde a la brecha en la generación de energía eléctrica.

El trabajo de Roache (Roache, 2007) estudia el impacto de la inversión pública sobre el crecimiento y el tipo de cambio real para seis países del Caribe.<sup>7</sup> El enfoque del trabajo sigue a la función de producción agregada, y encuentra tasas de retorno negativas de la inversión pública sobre el crecimiento, al considerar el agregado del impacto de corto plazo (sobre la demanda), y largo plazo (sobre la oferta).

Por su parte, el documento de Kandenge (Kandenge, 2007) estudia los efectos de la inversión pública y privada sobre el crecimiento económico para Namibia en el período 1970-2005. Utilizando un modelo de crecimiento endógeno, basado en Solow, y atendiendo a la potencial co-integración de las variables (mediante la estimación de una ecuación con mecanismo de corrección de errores), el autor encuentra que ambas me-

7 Estos son: Antigua y Barbuda, Dominica, Grenada, San Cristóbal y Nieves, Santa Lucía y San Vicente y las Granadinas.

didas de infraestructura tienen un impacto positivo y significativo tanto en el corto como largo plazos, sobre el crecimiento económico.

El trabajo de Monteiro y Turnovsky (Monteiro & Turnovsky, 2008) introduce un modelo teórico de crecimiento endógeno, empleado para analizar los *trade-off* entre gastos públicos “*productivos*”: destinados a infraestructura y capital humano. El estudio se centra en la composición del gasto productivo del gobierno, atendiendo principalmente a su impacto en el crecimiento de largo plazo, la productividad y el bienestar de la población. Los resultados, obtenidos a través de simulaciones, muestran que la porción de gastos productivos del gobierno influye favorablemente sobre el crecimiento.

Por su parte, el trabajo de Mussolini y Teles (Mussolini & Teles, 2010) estudia la relación entre la infraestructura y la Productividad Total de Factores (PTF) para Brasil en el período 1950-2000. Parte de la premisa que una infraestructura inadecuada puede ser la causante de que una economía tenga una producción inferior a la frontera tecnológica. Para analizar esta cuestión, realizan un análisis de cointegración (dada la no estacionariedad entre las variables) entre la PTF y la relación entre el *stock* de capital público y privado. Encuentran que la relación de complementariedad entre ambos permite explicar la evolución de la PTF en el período en cuestión. Además, señalan que modificaciones en dicha proporción posee impactos significativos sobre la PTF. Finalmente, y con base en estos resultados, los autores argumentan que la disminución en la inversión en infraestructura puede ser una posible explicación de la caída de la PTF en Brasil en las décadas de 1970 y 1980.

Los mismos autores realizan un nuevo estudio en 2012 (Teles & Mussolini, 2012), en donde parten de la hipótesis de que un incremento en la infraestructura tiene un efecto indirecto de largo plazo sobre el crecimiento económico, vía el incremento de la productividad. El estudio se lleva a cabo para el período 1950-2000 y para cuatro economías de América Latina (Argentina, Brasil, Chile y México). Utilizando las pruebas

de cointegración de Johansen y de Lütkepohl, Saikkonen y Trenkle (esta última, que contempla posibles cambios estructurales en las series); concluyen que no existe una relación robusta de largo plazo (cointegración) entre medidas físicas de infraestructura (energía, caminos y teléfonos) y la PTF. En otras palabras, según estos autores, la infraestructura no puede explicar la caída en la productividad de la región cuando se tiene en cuenta la relación de las variables atendiendo a los cambios estructurales. Vale señalar que los autores se concentraron en estimar los efectos indirectos de la infraestructura sobre el producto (los cuales son a través de la productividad), en lugar de los efectos directos (que son –en condiciones de optimización– iguales a la participación de la infraestructura en el producto).

En Calderón *et al.* (Calderón, Moral-Benito, & Servén, 2015) se utiliza el enfoque de la función de producción incluyendo al *stock* de infraestructura, al capital humano y al *stock* de capital (sin infraestructura), como variables explicativas del producto agregado. Los autores encuentran una elasticidad de la infraestructura al producto del orden de entre 0.07 y 0.10, utilizando estimaciones de panel que dan cuenta de la cointegración entre las variables. En este trabajo se destaca el reconocimiento de que la infraestructura física es un fenómeno multidimensional, por lo que los autores buscan medir esa característica mediante la utilización del procedimiento de los componentes principales, utilizando un único indicador sintético de las diferentes variables de *stock* de infraestructura (transporte, energía y telecomunicaciones) a través del primer componente principal de los tres sectores. La ventaja de este enfoque, según los autores, consiste en que, si se incorporan de manera individual a los diferentes sectores de infraestructura, pueden llevar a una sobre parametrización en la especificación, alterando las mediciones de las contribuciones de cada sector.

Recientemente, Arif y otros (Arif *et al.*, 2021) analizan –para el período 2006-2016– el impacto del capital en infraestructura sobre la Pro-

ductividad Total de Factores (ventajas absolutas) y sobre la productividad de los factores a nivel sectorial (ventajas comparativas) para un panel que contempla una selección de diecinueve países asiáticos. Los autores utilizan series de infraestructura en telecomunicaciones, caminos, y energía, bajo la metodología de Mínimos Cuadrados Ordinarios Totalmente Modificados para lidiar con las cuestiones de endogeneidad y causalidad reversa, y encuentran que la provisión de infraestructura es un factor que permite explicar ventajas tanto absolutas como comparativas.

ii. Trabajos con Vectores Autorregresivos y corrección de errores  
(VAR/VEC)

Pereira (Pereira, 2000) utiliza el enfoque VAR para analizar los efectos de la inversión pública (en particular de ciertas agrupaciones de inversión en infraestructura) sobre el desempeño del sector privado en Estados Unidos. El trabajo encuentra que todos los tipos de inversión pública tienen efectos positivos sobre el producto privado, siendo los mayores los que provienen de la infraestructura núcleo (electricidad, gas, transporte, y agua y saneamiento).

Por su parte, el trabajo de Kamps (Kamps, 2004), utilizando también el enfoque VAR, analiza los efectos dinámicos del *stock* de capital público para 22 países de la OCDE. El autor encuentra que, en general, el stock de capital público tiene un impacto positivo sobre el producto, lo cual también se observa al analizar la elasticidad de largo plazo.

En el trabajo de Fedderke *et al.* (Fedderke *et al.*, 2006), se estudia la relación entre la inversión en infraestructura y el crecimiento económico de largo plazo para Sudáfrica. Los autores, mediante la utilización de la metodología VECM (Vector Error Correction Mechanism), encuentran que la inversión en infraestructura (medida en variables físicas) promovió el crecimiento en dicho país, con impactos directos e indirectos. Los

resultados son robustos a la inclusión de variables institucionales en la especificación econométrica.

Por último, en el trabajo de Pereira y Pinho (Pereira & Pinho, 2011), los autores analizan el impacto de largo plazo de los efectos de la inversión pública sobre 12 países del área del euro. Para llevar a cabo el cometido utilizan el enfoque VAR (aunque realizan pruebas de cointegración) para las variables producto, empleo, inversión privada e inversión pública. Los resultados muestran que la inversión pública tiene un efecto positivo tanto en el empleo como en la inversión privada en la mayoría de los países.

### iii. Trabajos con enfoque de ecuación de crecimiento

En Esfahani y Ramírez (Esfahani & Ramírez, 2003), las autoras parten de un modelo teórico de crecimiento estructural que deriva en una forma reducida con un sistema de tres ecuaciones, lo que les permite analizar el impacto de la infraestructura en energía y telecomunicaciones sobre el crecimiento. Encuentran que la contribución de los servicios de infraestructura sobre el PIB es sustancial, excediendo el costo de provisión de los servicios. También señalan que la elasticidad de la infraestructura con respecto al total de la inversión es mayor a uno en el estado estacionario, lo que implica que aquellos países que invierten más lo hacen mayormente en infraestructura. Asimismo, destacan que las capacidades institucionales tienen un papel importante en cuanto al impacto de la infraestructura sobre el crecimiento.

Con una metodología similar, el trabajo de Loayza y Odawara (Loayza & Odawara, 2010) analiza el impacto de la infraestructura sobre el crecimiento económico de largo plazo. Con este fin, parten de una regresión de crecimiento estándar, utilizando datos de panel para 78 países en el período 1961-2005. Los autores encuentran parámetros significativos y positivos de sus indicadores físicos de infraestructura (para electrici-

dad, transporte y telecomunicaciones) los cuales analizan de manera individual y en conjunto.

En un trabajo más reciente (Cantu, 2017), se analiza el impacto de la inversión en infraestructura (medida a través de indicadores físicos en telecomunicaciones, transporte y energía), entre los años 1960 y 2014. La autora ajusta primeramente las variables de infraestructura según aspectos geográficos y demográficos. Luego, procede con una ecuación de crecimiento que incluye cuatro grupos de variables de control (capital, políticas estructurales e instituciones, políticas de estabilización y condiciones externas). La infraestructura se incorpora mediante un indicador sintético obtenido a través del análisis de los componentes principales. Los resultados muestran, para un panel de 96 países, que la infraestructura promueve el crecimiento en el mediano y largo plazo.

En el mismo año, el trabajo de Yilmaz y Cetin (Yılmaz & Çetin, 2017) estima el impacto de la infraestructura (considerada a través de un indicador sintético de variables físicas de electricidad, telecomunicaciones, y transporte) sobre el crecimiento del PIB per cápita, para un conjunto de 29 países en desarrollo en el período 1990-2014. Encuentran un impacto positivo y estadísticamente significativo de la infraestructura sobre el crecimiento. Además, los autores también hallan que la dinámica del modelo, explicitada por el rezago de la variable explicativa, es estadísticamente significativa y de signo positivo sobre el crecimiento, aunque no confirman la hipótesis de convergencia (según la cual los países con menor grado de desarrollo deberían crecer más aceleradamente que los desarrollados).

Un trabajo que incorpora como novedad la utilización conjunta de las dimensiones cuantitativas y cualitativas de la infraestructura en un indicador sintético se debe a Chakamera y Alagidede (Chakamera & Alagidede, 2018), quienes aplican su investigación al impacto de la infraestructura sobre el crecimiento en el África Sub-Sahariana. El indicador incluye a los siguientes sectores de infraestructura: agua y saneamiento,

electricidad, telecomunicaciones y caminos. Los autores encuentran evidencia positiva del efecto de la infraestructura sobre el crecimiento. En particular, el indicador sintético conjunto de cantidad y calidad permite, de acuerdo con los autores, obtener resultados más adecuados que utilizando los indicadores de manera individual. Además, señalan que la causalidad es unidireccional, procediendo desde la infraestructura agregada hacia el crecimiento económico.

El trabajo de Javid (Javid, 2019) investiga la relación de inversión en infraestructura y el crecimiento económico en Pakistán, para el período 1972-2015. Particularmente estudia si diferentes formas de inversión en infraestructura afectan de manera diferenciada al agregado y a los componentes sectoriales (industria, agricultura, y servicios) del desempeño económico en dicho país. Los resultados del trabajo encuentran que, tanto la inversión pública como la privada en infraestructura poseen efectos positivos, pero diferenciados, sobre el crecimiento económico, destacándose que, en la mayoría de los casos, la inversión pública en infraestructura tiene un mayor efecto sobre el crecimiento que su contraparte privada.

Por su parte, el artículo de Nugraha y otros (Nugraha *et al.*, 2020) estima a nivel subnacional para Indonesia el impacto de la provisión pública de infraestructura sobre el crecimiento económico (medido por medio del producto interno bruto per cápita de las regiones) a través de una ecuación de crecimiento estimada con Mínimos Cuadrados en Dos Etapas en un contexto de datos de panel. Los resultados muestran impactos positivos y estadísticamente significativos de los tres sectores de infraestructura analizados (agua y saneamiento, electricidad y caminos), en donde la infraestructura de caminos es la que exhibe el mayor impacto sobre el crecimiento.

Otro trabajo reciente, en este caso debido a Irshad y otros (Irshad *et al.*, 2022), estudia en el período 1995-2017, y nuevamente en un contexto de datos de panel, el impacto de la infraestructura sobre el crecimiento

económico (medida por el producto bruto interno per cápita), para un conjunto de dieciocho países asiáticos y africanos de ingresos medios bajos. En este trabajo se utilizan dos estimadores eficientes para variables de diferente nivel de cointegración, y que permiten tratar adecuadamente la potencial endogeneidad entre las variables: Mínimos Cuadrados Ordinarios Totalmente Modificados y Mínimos Cuadrados Ordinarios Dinámicos. Los autores encuentran un impacto positivo de la infraestructura en telecomunicaciones, del consumo de energía eléctrica, y del transporte (todos medidos en unidades físicas) sobre el crecimiento económico de los países analizados.

Finalmente, el trabajo de Perrotti (Perrotti 2022) analiza el impacto de la provisión de infraestructura sobre el crecimiento económico para un panel de cinco países latinoamericanos (Argentina, Brasil, Chile, Colombia y México), con la novedad de utilizar indicadores físicos y monetarios de infraestructura en una misma investigación. El autor encuentra impactos positivos y estadísticamente significativos de las variables de infraestructura sobre el crecimiento económico. En el análisis también se destaca el impacto asimétrico de la infraestructura –aunque de muy poca magnitud– según las fases del ciclo del producto.

iv. Trabajos con énfasis sectoriales, subregionales,  
o metodologías alternativas

En cuanto a los análisis de los impactos sectoriales de la infraestructura, existen varios ejemplos que merecen destacarse. Por ejemplo, Canning *et al.* (Canning, Fay, & Perotti, 1994) encuentran un impacto positivo de la telefonía sobre el crecimiento económico. Por su parte, Sánchez-Robles (Sanchez-Robles, 1998) señalan efectos positivos de la longitud de las carreteras y la capacidad de generación eléctrica sobre el crecimiento económico.



En Démurger (Démurger, 2001), la autora utiliza datos de panel para analizar, mediante la estimación de una ecuación de crecimiento, la relación entre inversión en infraestructura en transporte y telecomunicaciones (medidas en cantidades físicas) y crecimiento económico en las provincias de China. Los resultados indican un importante papel de estas variables de infraestructura sobre el crecimiento de las provincias del gigante asiático, en el período 1985-1998.

El trabajo de Limao y Venables (Limao & Venables, 2001) analiza los determinantes de los costos de transporte y los flujos comerciales, para focalizar particularmente el impacto de la infraestructura de los países participantes en el comercio. Los resultados muestran que una infraestructura deteriorada aumenta los costos de transporte de manera sustancial.

Por su parte, el trabajo de Calderón y Servén (Calderón & Servén, 2004) analiza el impacto del desarrollo de la infraestructura sobre el crecimiento económico y la distribución del ingreso para un conjunto de 121 países, donde utilizan indicadores tanto de cantidad como de calidad de la infraestructura. Los autores incluyen los siguientes servicios de infraestructura: transporte, energía, telecomunicaciones y provisión de agua. Los mecanismos por los cuales se produce el efecto derrame son diversos. Entre ellos, mencionan que la infraestructura ayuda a la población en condiciones de pobreza a conectarse con las áreas centrales de actividad económica, dándoles acceso a mayores oportunidades productivas. Por otra parte, el desarrollo de la infraestructura en áreas económicamente rezagadas reduce los costos de producción y de transacción. Además, puede elevar el valor de los activos, y tener impacto positivo sobre el capital humano (a través de mejoras en educación y salud), y a través de éste, ofrecer acceso a mejores oportunidades laborales y de ingreso. Para que se cumplan los factores positivos anteriores resulta clave que la población en situación de pobreza tenga acceso al desarrollo de la nueva infraestructura.

Respecto a la parte empírica, la calidad y cantidad de infraestructura son agregadas en dos indicadores obtenidos mediante la aplicación del análisis de los componentes principales. Una vez estimados estos indicadores, se los incluye en una ecuación estándar de crecimiento, de la cual se desprenden los siguientes resultados: respecto a los efectos de la infraestructura sobre el crecimiento, el *stock* muestra un impacto positivo y estadísticamente significativo. La magnitud es tal que –manteniendo las demás variables constantes– un incremento de un desvío estándar del índice agregado repercutiría en un crecimiento del producto de tres puntos porcentuales. Luego, los autores adicionan el indicador agregado de calidad. Con esta incorporación un incremento de un desvío estándar sobre los indicadores agregados de cantidad y calidad, estos poseen un efecto sobre el producto de 2.9% para el caso del *stock* y de 0.7% para la dimensión cualitativa, siendo el efecto agregado de 3.6 puntos porcentuales. En resumen, el impacto cualitativo de la infraestructura es marcadamente menor al cuantitativo.

El trabajo de Baird (Baird, 2005) presenta un resumen de los trabajos que estudiaron el impacto de la infraestructura pública en transporte sobre las variables de productividad. En el mismo, el autor exhibe los diferentes enfoques metodológicos utilizados en la materia. Dentro de sus conclusiones se destaca: 1) las metodologías utilizadas han ido mejorando, permitiendo resultados más robustos con el paso del tiempo, y pasando de estudios simples a enfoques teóricos de equilibrio general; 2) la cuestión de las externalidades positivas o negativas de las carreteras dependen del nivel de agregación geográfica y del período de tiempo estudiado; 3) la importancia de incorporar a la congestión vehicular para medir la productividad de la infraestructura en transporte; 4) las carreteras son productivas para las empresas manufactureras, incluso cuando no lo sean para otros sectores. Finalmente, el autor señala que la evidencia bibliográfica acumulada muestra una tendencia a una elasticidad del producto con respecto al capital público en declive, y prácticamente

nula, lo cual se puede asemejar con el impacto de la infraestructura pública en transporte, que, como señala el autor, representa el mayor componente del total de acervo de capital público.

Un trabajo original en cuanto a la metodología utilizada es el de Albala-Bertrand (Albala-Bertrand, 2007), en donde el autor adapta un modelo de dos brechas, utilizando la metodología de programación lineal, para estimar la tasa óptima de utilización de la infraestructura núcleo (transporte, comunicaciones, energía, y agua y saneamiento) con relación al resto del capital (asumiendo que ambos tipos de capital son complementarios) para maximizar el producto. Bajo este enfoque, una composición errónea de la relación entre el capital en infraestructura y el resto del capital afectarían al crecimiento potencial de la economía. Los resultados, aplicados a Chile y México para el período 1950-2000, muestran que, para Chile las pérdidas en el producto potencial se deben mayormente a faltantes de capital más que a capital de infraestructura, mientras que en México se observan mayores pérdidas de productividad asociadas a faltantes de capital en infraestructura.

Por su parte, el trabajo de Makoto y Kiyoshi (Makoto & Kiyoshi, 2009) estudia la relación de infraestructura y el producto para 46 prefecturas de Japón en el período 1955-1998, partiendo del enfoque de la función de producción agregada de tipo Cobb-Douglas, modificada con la inclusión de efectos retardados de la productividad de la infraestructura, de innovaciones tecnológicas, ambas especificadas mediante múltiples modelos de series de tiempo que atienden los efectos de persistencia de largo plazo. Para ello, utilizan la metodología de estimación del tipo ARFIMAX (Auto-Regressive, Fractionally Integrated, Moving Averaged with exogenous variables), obteniendo como resultado que los efectos persistentes de largo plazo de la infraestructura son estadísticamente significativos y positivos sobre el producto.

En el trabajo de Del Bo y Florio (Del Bo & Florio, 2012), los investigadores amplían el estudio de la infraestructura sobre el crecimiento

atendiendo a los efectos de derrame (*spillovers*) regionales y de cercanía, en el marco de los países de la Unión Europea. Para ello, incorporan la dimensión espacial en el enfoque de la función de producción. Los resultados muestran un impacto robusto y consistente de la infraestructura sobre el crecimiento, incluso al tomar en cuenta las consideraciones econométricas derivadas de la espacialidad.

Por su parte, Czernich *et al.* (Czernich, Falck, Kretschmer, & Woessmann, 2011) estudian los efectos de la infraestructura de banda ancha en el crecimiento económico para un panel de países de la OCDE, en el período 1996-2007, encontrando efectos positivos y robustos de la penetración de banda ancha sobre el crecimiento per cápita. En particular, 10 puntos porcentuales de incremento en la penetración de banda ancha incrementan entre 0.9 y 1.5 puntos porcentuales del crecimiento anual del PIB per cápita.

Otro trabajo que presenta una metodología alternativa es el de Ansar *et al.* (Ansar, Flyvbjerg, Budzier, & Lunn, 2016), donde se estudia el impacto de la infraestructura sobre el crecimiento económico para China. A diferencia de los trabajos mencionados previamente, en este artículo se realiza un análisis a nivel de proyectos, estudiándose las particularidades de costo, tiempo y beneficios, y la relación entre los proyectos a nivel micro y su impacto en la economía. De acuerdo con los autores, los resultados corroboran la mirada tradicional macroeconómica, en la medida en que proyectos inadecuados a nivel micro se trasladan en grandes riesgos macroeconómicos (acumulación de deudas y *defaults*, expansión monetaria, pérdida de alternativas de inversión). Más aún, los autores señalan que la sobreinversión en infraestructura financiada por deuda contribuye a la inestabilidad y mal desempeño de las economías.

En el trabajo de Neto y Lima (Neto & Lima, 2017), los autores realizan un análisis del impacto de distintos niveles de provisión de infraestructura pública en el tipo de cambio y el crecimiento económico. Parten de la hipótesis de que la complementariedad entre las políticas

de tipo de cambio y las de infraestructura pública pueden generar un mayor crecimiento. Esto último se produce por la vía del incremento en la productividad del sector transable derivado del aumento en la provisión de infraestructura, con lo que la economía requeriría una menor devaluación para generar una aceleración del crecimiento, reduciendo de esta forma, el *pass-through* del tipo de cambio a precios. Por su parte, la mayor productividad en el sector no transable incrementa la oferta de productos, lo que evita que la inflación doméstica erosione la competitividad externa de la economía. Para comprobar la hipótesis, los autores desarrollan un modelo teórico que explora diferentes flujos de provisión de infraestructura pública con relación a una política de tipo de cambio competitivo, encontrando que un mayor flujo de provisión de la infraestructura pública promueve aumentos de productividad en el sector transable, al tiempo que induce a una menor inflación. Por tanto, concluyen en la necesidad de acompañar las políticas del tipo de cambio con una mayor provisión de infraestructura pública.

Más recientemente, el trabajo de Ramey (Ramey, 2020) utiliza la metodología de modelos de equilibrio general dinámicos (DSGE) para analizar el impacto de las inversiones públicas en infraestructura sobre el crecimiento. La autora realiza dos tipos de análisis, el primero teórico, donde presenta dos modelos alternativos (uno neoclásico y otro neo-keynesiano), en los cuales, con datos simulados, encuentra efectos positivos entre las erogaciones públicas y el PIB, aunque destaca que los multiplicadores de corto plazo son significativamente menores a los de largo plazo (lo cual se acentúa cuando se consideran retardos en la implementación de las inversiones); y por otra parte, una aplicación empírica vinculada a las erogaciones de la American Recovery and Reinvestment Act (ARRA) de 2009, las cuales se erigieron como políticas anticíclicas de la crisis financiera internacional del período. Respecto a esto último, la autora encuentra resultados cuasi nulos o incluso negativos, en términos de la aplicación de las inversiones del ARRA sobre variables vinculadas al

crecimiento y al empleo. En resumen, la autora admite los beneficios de largo plazo de la inversión pública en infraestructura, aunque cuestiona el papel contra-cíclico de la misma en el corto plazo.

Por último, el trabajo de Kouladoum (Kouladoum, 2023), analiza los efectos del desarrollo de la infraestructura digital sobre el crecimiento inclusivo para 44 países del África Subsahariana. El trabajo encuentra que el incremento en cuatro indicadores de infraestructura digital (número de usuarios de internet, número de suscriptores de internet de banda ancha y cantidad de usuarios de telefonía fija y móvil por cada cien adultos), promueven el crecimiento inclusivo con independencia del nivel de ingreso de los países.

En síntesis, desde la década de los noventa la literatura económica ha estudiado con bastante detalle la relación entre la infraestructura y el crecimiento económico. Esta relación ha sido examinada con diferentes variables (inversión, acervo de capital, PIB, crecimiento, tipo de cambio, etc.), agregados geográficos (estatales, nacionales, internacionales), agrupamiento de datos (series de tiempo, datos de panel, etc.), y metodologías econométricas; como se extrae de los párrafos precedentes, los trabajos han revelado mayormente la existencia de una relación positiva y estadísticamente significativa entre la inversión en infraestructura, sea agregada o considerando sus componentes, y el crecimiento del PIB, cuyas implicaciones alcanzan al largo plazo. En la siguiente sección presentamos la metodología seleccionada y los resultados de nuestro análisis para México.

#### ***4. Análisis empírico de la relación entre infraestructura y crecimiento del PIB del sector privado en México***

En esta sección analizamos la relación entre la inversión pública en infraestructura y el crecimiento económico del PIB del sector privado para México, contrastando la hipótesis nula de una relación positiva entre estas variables. El análisis empírico utiliza la metodología de Vectores Autorregresivos (VAR); se construye un sistema dinámico con variables que interactúan entre sí, al que se le adicionan dos variables clásicas de los determinantes del crecimiento económico: los términos del intercambio y la tasa real de interés.

El estudio se ubica en aquella literatura que refiere en términos generales la medición de los impactos de la intervención pública sobre el sector privado, y en particular, los trabajos que se enfocan en los efectos del acervo de capital público sobre alguna variable de desempeño económico privado (en nuestro caso el PIB, aunque otros autores han utilizado alguna medida de la productividad). Vale destacar que la participación del sector privado de México en el PIB total promedió 88% en el período 1980-2022, lo cual refleja la elevada importancia de este sector para la economía mexicana. Adicionalmente, el artículo también provee de resultados a nivel sectorial de la infraestructura pública, en particular, para los sectores de transporte, energía, telecomunicaciones y agua y saneamiento.

En lo que resta de la sección se presenta la metodología de estimación y las razones de su uso, la selección y tratamiento de las series, las pruebas de raíz unitaria, las estimaciones, su interpretación y discusión sobre los resultados obtenidos.

### *Metodología*

En este artículo utilizamos la metodología de estimación basada en Vectores Autorregresivos (VAR) para aplicar a las series de indicadores de la economía mexicana, la cual creemos conveniente con el fin de abordar la problemática de la potencial endogeneidad entre la infraestructura y el crecimiento económico,<sup>8</sup> al tiempo de ofrecer una modelización apropiada de las interacciones dinámicas entre las variables del sistema. A continuación, mencionamos algunas características metodológicas de esta clase de modelos.

El enfoque VAR permite realizar estimaciones consistentes cuando no existe certeza sobre la exogeneidad de algunas de las variables utilizadas en la modelización. Particularmente, este enfoque trata todas las variables de manera simétrica. Además, el tratamiento dinámico de esta metodología permite dar cuenta de la interacción temporal entre las diferentes variables. En este sentido, las variables del sistema son afectadas mutuamente por sus interacciones.

En particular, este enfoque posibilita tomar en cuenta la dinámica y los efectos directos e indirectos que se generan entre la infraestructura y el PIB, cuestión que no es posible atender de manera directa en otros enfoques (en particular el de la función de producción agregada). Además, la modelación explícita de la dinámica evita las problemáticas vinculadas a la endogeneidad (Roache, 2007). Por otra parte, en el enfoque VAR hay menos restricciones en la interacción entre las variables del modelo: mientras que en el enfoque de la función de producción se asume una relación causal que va de los insumos al producto, en el enfoque VAR no se asume ningún vínculo causal *a priori* (Kamps, 2004).

---

8 En términos simples, la endogeneidad entre la infraestructura y el crecimiento implicaría la determinación conjunta de ambas variables, lo que impediría analizar de manera adecuada el impacto causal de la relación entre ambas.



Los aspectos principales de esta metodología parten de un sistema VAR irrestricto de orden  $p$  que puede representarse de la siguiente manera:

$$X_t = A_1 X_{t-1} + A_2 X_{t-2} + \dots + A_p X_{t-p} + \Phi D + \varepsilon_t$$

En donde:

$X_t \equiv [X_{1t}, \dots, X_{kt}]'$  es el vector de las variables del sistema

$A_j$  es la matriz de los coeficientes autorregresivos de dimensión  $(k \times k)$

$\Phi$  es la matriz de dimensión  $(k \times d)$  de los coeficientes de los términos determinísticos  $D$  (este último es un vector fila de dimensión  $d \times 1$ ).

$\varepsilon_t \equiv [\varepsilon_{1t}, \dots, \varepsilon_{kt}]'$  es un vector columna con los procesos de ruido blanco de dimensión  $(k \times 1)$

Los errores (también denominados innovaciones) se asume que cumplen con las siguientes propiedades:

$$E[\varepsilon_t] = 0, E[\varepsilon_t \cdot \varepsilon_t'] = \Omega, E[\varepsilon_t \cdot \varepsilon_s'] = 0 \forall s \neq t$$

Lo anterior no invalida la posible correlación temporal entre los errores de las diferentes ecuaciones.

Se debe notar que en el sistema todas las variables endógenas aparecen rezagadas, lo que permite que la estimación por *Mínimos Cuadrados Ordinarios* sea consistente y de distribución asintótica normal. Sin embargo, cuando las variables exhiben cointegración, la metodología correcta a utilizar consiste en el uso de sistemas de Vectores de Corrección de Errores (VECMs).

### *b. Series*

En este artículo utilizamos datos anuales sobre montos de inversión pública en infraestructura en pesos mexicanos a valores constantes (de

2018) para el período 1980-2020.<sup>9</sup> Los mismos provienen de dos fuentes diferentes: el trabajo de Calderón y Servén (2009) y la base de datos INFRALATAM.<sup>10</sup> Para el mismo período temporal se cuenta con el Producto Interno Bruto privado, también a valores constantes de 2018. Además, y con el fin de realizar las estimaciones de la forma reducida con modelos adecuadamente especificados, se incluyeron otras dos variables estándar en la literatura de crecimiento económico: los términos de intercambio y la tasa real de interés. En el cuadro 1 se listan las variables utilizadas con sus respectivas fuentes:

9 Aquí resulta importante señalar que, en función de la disponibilidad de datos, solamente hemos realizado el análisis con la medición de la infraestructura en términos monetarios, sin distinción de calidad de esta. Para un análisis de aproximaciones a la medición de la infraestructura en México y metodologías de cálculo (véase INEGI-UNAM, 2023).

10 INFRALATAM es una plataforma web coordinada por BID, CAF y CEPAL, que ofrece datos sobre inversión pública en infraestructura en los países de América Latina y el Caribe ([www.infralatam.info](http://www.infralatam.info)). Los datos de Calderón y Servén cubren el período 1980-2007, e INFRALATAM 2008-2020. La yuxtaposición de ambas series para el año 2008 permitió observar que las diferencias en las proporciones respecto al PIB de las series no eran significativas, por lo que, sumado a la conveniencia de disponer de series largas para las pruebas de estacionariedad y las estimaciones de los modelos VAR, dieron por resultado la elección final de concatenar ambas series, aunque se alerta al lector que existen ciertas diferencias metodológicas de cobertura.

**Cuadro 1**  
*Características de las series utilizadas*

Variable	Fuente	Características
Inversión pública total en infraestructura	Elaboración propia con base a datos de Calderón y Servén (2009) e INFRALATAM.	Agregado de la inversión pública en infraestructura de los sectores de transporte, energía, telecomunicaciones, agua y saneamiento. La serie se presenta en valores reales y con base en 2018 (deflactada por el índice de precios implícitos del PIB).
Inversión pública en infraestructura de transporte	Elaboración propia con base a datos de Calderón y Servén (2009) e INFRALATAM.	La serie se presenta en valores reales y con base en 2018 (deflactada por el índice de precios implícitos del PIB). Ver detalles metodológicos y cobertura en las fuentes originales.
Inversión pública en infraestructura energética	Elaboración propia con base a datos de Calderón y Servén (2009) e INFRALATAM.	La serie se presenta en valores reales y con base en 2018 (deflactada por el índice de precios implícitos del PIB). Ver detalles metodológicos y cobertura en las fuentes originales.
Inversión pública en infraestructura de telecomunicaciones	Elaboración propia con base a datos de Calderón y Servén (2009) e INFRALATAM.	La serie se presenta en valores reales y con base en 2018 (deflactada por el índice de precios implícitos del PIB). Ver detalles metodológicos y cobertura en las fuentes originales.
Inversión pública en infraestructura de agua y saneamiento	Elaboración propia con base a datos de Calderón y Servén (2009) e INFRALATAM.	La serie se presenta en valores reales y con base en 2018 (deflactada por el índice de precios implícitos del PIB). Ver detalles metodológicos y cobertura en las fuentes originales.
Producto Bruto Interno Privado	Elaboración propia con base a datos del World Development Indicators del Banco Mundial	Producto Bruto Interno menos el consumo del gobierno y la formación bruta de capital fijo del sector público. La serie es a valores constantes de 2018, en moneda mexicana.
Términos de Intercambio	World Development Indicators del Banco Mundial	Los términos del intercambio son calculados como el cociente entre los valores unitarios de las exportaciones con relación a las importaciones, relativos al año base (2015).
Tasa real de interés	Elaboración propia con base a datos del World Development Indicators del Banco Mundial y de la Federal Reserve Economic Data (FRED).	Tasa real de interés medida como la tasa nominal anual de los títulos del tesoro con vencimiento a 90 días, ajustada por la inflación del nivel general de precios al consumidor.

Fuente: elaboración de los autores.

El cuadro 2 muestra estadística descriptiva de las series, luego de aplicar logaritmos a las mismas (con la excepción de la tasa real de interés):

**Cuadro 2**  
*Estadísticas descriptivas*

Variable	Número de observaciones	Promedio	Desvío Estándar	Mínimo	Máximo
Infraestructura_total	41	21.18	0.63	19.72	22.15
Infraestructura_transporte	41	20.32	0.79	18.40	21.40
Infraestructura_energía	41	19.99	0.60	18.53	21.72
Infraestructura_telecom	41	17.73	1.70	14.18	20.24
Infraestructura_agua	41	19.30	0.64	18.26	20.83
PIB_privado	41	30.29	0.28	29.85	30.70
Términos de intercambio	41	4.81	0.32	4.54	5.79
Tasa real de interés	41	0.01	0.08	-0.26	0.21

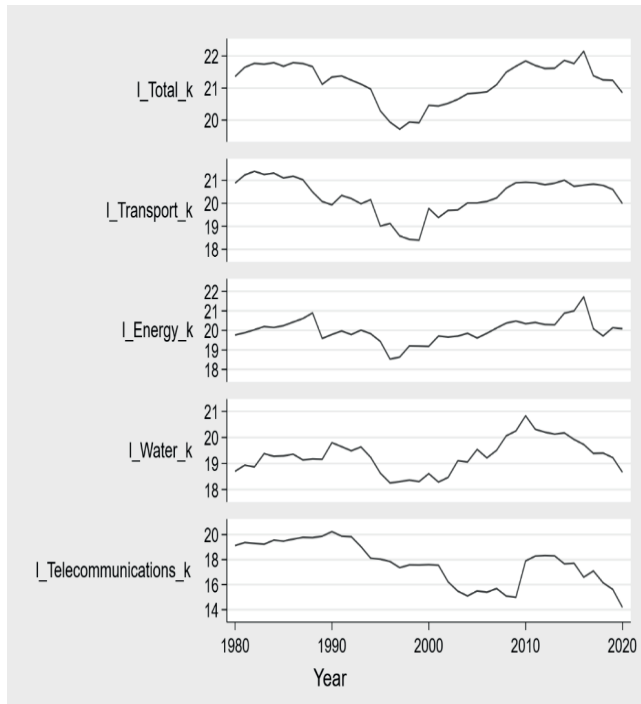
Fuente: elaboración de los autores.

En el gráfico 6 se detallan las series de inversión pública en infraestructura:

**Gráfico 6**

*Inversión pública en infraestructura*

*(series en valores constantes a precios de 2018, en logaritmos)*

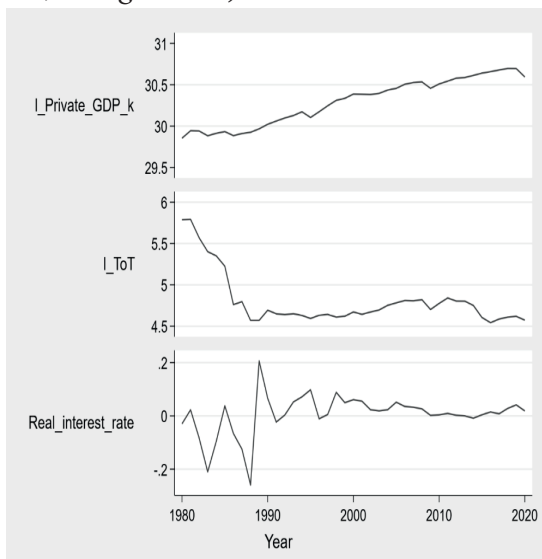


Fuente: elaboración propia basado en las fuentes descritas.

El resto de las series se presenta en el gráfico 6:

### **Gráfico 6**

*PIB real privado, Términos de intercambio, Tasa real de interés  
(serie del PIB en valores constantes a precios de 2018,  
en logaritmos; serie de términos de intercambio  
base 100=2015, en logaritmos)*



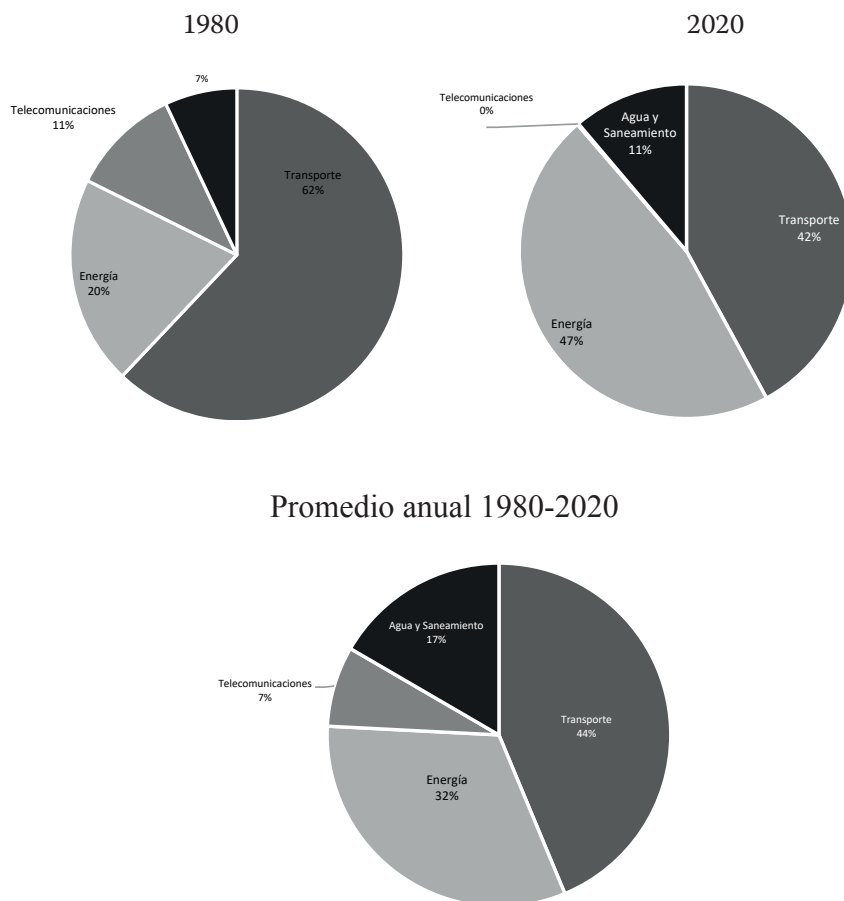
Fuente: elaboración propia basado en las fuentes descritas.

Por otra parte, resulta relevante analizar la composición de la inversión a nivel sectorial. Así, en el gráfico 7 se presenta la distribución de la inversión pública en infraestructura para los cuatro sectores y tres períodos: en el promedio de 1980-2020, se destaca que la mayor parte de la inversión se destinó a transporte, seguida de energía, agua y saneamiento, y finalmente telecomunicaciones. Sin embargo, los gráficos también permiten observar que la apertura de la inversión en el año 1980 tiene importantes diferencias respecto a los valores registrados en 2020: el sector de telecomunicaciones que, en el primer período, ascendía a 11% de la inversión pública total en infraestructura, no registró inversiones públicas en 2020 (dado que se encuentra en manos privadas). Por otra parte, si bien transporte continúa siendo el sector de mayores inversiones en infraestructura pública, energía y agua y saneamiento han ido ganando participación en el total de la inversión. En resumen, esta distribución

promedio en el periodo de cuatro décadas se acompaña de una alta variabilidad de las series que, como se discute a continuación, puede contribuir a explicar los resultados que más adelante se presentan.

### Gráfico 7

México: Inversión pública en infraestructura-apertura sectorial, 1980-2020 (en % del total de inversión pública en infraestructura)



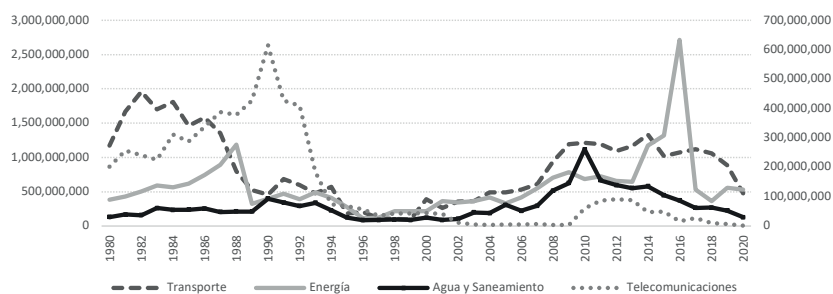
Fuente: elaboración propia.

Siguiendo el análisis sectorial, y como se ilustra a continuación en el gráfico 8, los diferentes rubros de infraestructura muestran variaciones significativas a lo largo de los últimos 40 años, y es de notar que sus respectivos valores son, en 2020, inferiores en términos reales a los de hace cuatro décadas, lo que nos da un primer indicio de la reducida capacidad de arrastre de la infraestructura pública en el dinamismo de la economía en el largo plazo.

### **Gráfico 8**

#### *Inversión pública en infraestructura por sectores*

*(a precios constantes de 2018, telecomunicaciones en eje derecho)*



Fuente: cálculos a partir de cifras de INFRALATAM y Calderón y Servén.

En el caso de la infraestructura de transporte, hay una tendencia declinante al inicio del periodo y luego una larga trayectoria, desde fines de los años ochenta hasta cerca de fines de la primera década del siglo XXI, en donde aparece un valle muy amplio. Posteriormente, después de la crisis financiera internacional que estalló en 2008, mantiene una tendencia relativamente estable hasta disminuir en 2020, último año de información disponible que sea compatible, consistente y comparable, con vistas a su uso en la estimación del modelo.

En el caso de la inversión en energía se manifiesta una tendencia alcista en los años ochenta, que posiblemente se debe al arrastre sobre in-



versiones en otros ramos energéticos de los proyectos de inversión de la industria de derivados del petróleo que se gestaron a principios de la década, pero que después menguaron o quedaron incompletos por los desequilibrios macroeconómicos de esos años.<sup>11</sup> Las reformas estructurales del sexenio de Peña Nieto (2012-2018) seguramente se acompañaron de un repunte de la inversión pública en obras de energía, pero fue un auge efímero, pues posteriormente se volvió –en términos reales– a niveles parecidos a los de 40 años atrás.

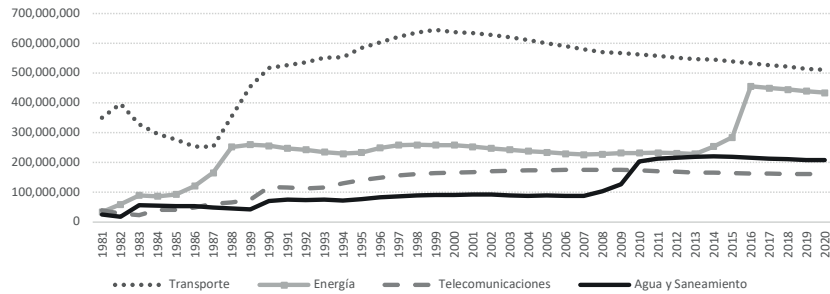
Los otros componentes de la infraestructura –telecomunicaciones y agua y saneamiento– hoy representan participaciones mucho menores que en el pasado, especialmente las telecomunicaciones, que llegaron a significar hasta un 30% de la inversión pública total en infraestructura a fines de la década de los noventa del siglo pasado, hasta cifras no significativas en el agregado de la inversión pública. El quiebre estructural se debe a la privatización de la empresa estatal de telefonía a inicios de la década de los noventa y a la desregulación del sector para atraer la participación de inversionistas privados (nacionales y extranjeros).

El comportamiento de la inversión pública en infraestructura de agua y saneamiento es más estable; incluso muestra un ligero ascenso a fines de la década primera del siglo XXI, pero, a partir de 2011, la tendencia es claramente a la baja, muy probablemente por los procesos de privatización y concesionamiento al sector privado de la provisión de servicios de agua y saneamiento en algunos estados de la República.

En el gráfico 9 se ilustran las desviaciones estándar de las series sectoriales de infraestructura; se nota de manera clara la alta variabilidad de la dinámica de inversión en los diferentes componentes de la obra pública en infraestructura, lo que retomaremos posteriormente como una de las posibles hipótesis que explican el relativamente bajo efecto que tienen la construcción de infraestructura pública en el crecimiento del PIB del sector privado.

.....  
11 Recuérdese que la serie de inversión en energía no incluye las inversiones de la paraestatal Pemex.

**Gráfico 9**  
*Inversión pública en infraestructura por sectores:  
evolución del desvío estándar*



Fuente: cálculos a partir de cifras de INFRALATAM y Calderón y Servén.

En resumen, el comportamiento de la inversión pública en infraestructura en México ha exhibido patrones de alta volatilidad y, en general, sin una tendencia inequívoca hacia el alza o la baja, excepto la inversión pública en telecomunicaciones, que disminuye considerablemente a lo largo del periodo. Ese comportamiento es similar al que se observó para América Latina en las décadas posteriores a 1980, en las que se registró una tendencia general decreciente hasta mediados de los años noventa, cuando la inversión pública en infraestructura se estabilizó en torno a 1% del PIB. Por su parte, la inversión privada también muestra una elevada volatilidad, en función del comportamiento general de la economía, en particular, la evolución de los flujos de capital y los episodios recurrentes de crisis económicas (Perrotti, 2022, capítulo II, página 33).

Finalizada esta sección descriptiva, el siguiente paso consiste en analizar el grado de estacionariedad de las series, con el fin de especificar la modelización correcta, ya sea a través de sistemas VAR o, en caso de existir cointegración entre las variables, proceder con modelos VEC.

c) Pruebas de raíz unitaria

Con el fin de analizar el grado de integración de las variables se realizaron dos pruebas de raíz unitaria. La primera es la tradicional prueba ADF o *Dickey-Fuller aumentada* (que contempla posible correlación serial mayor al primer orden). Como es bien sabido en la literatura, esta prueba tiene baja potencia, en particular, en aquellos casos de raíces fuertemente cercanas a la unidad (near unit roots). Por ello, se decidió incluir una segunda prueba a modo de complemento, denominada KPSS (debido a Kwiatkowski *et al.* 1992). Notar que la hipótesis nula de esta última es de series estacionarias, en oposición a la de ADF.

Un paso previo a la aplicación de las pruebas de raíz unitaria consistió en caracterizar las series en términos de la presencia o ausencia de intercepto o tendencias determinísticas en función de inspecciones cuantitativas y visuales. A partir de ello se procedió con las pruebas de raíces unitarias asumiendo las especificaciones asumidas en esta etapa. Los estadísticos y, en base a ellos, los resultados de las pruebas de raíces unitarias se presentan a continuación en el cuadro 3:

**Cuadro 3**

*Resultados de las pruebas de raíz unitaria*

Variable	ADF – estadístico	ADF – P-value	KPSS – estadístico	KPSP-value
Infraestructura_total	-1.98**	0.03	0.15	0.53
Infraestructura_transporte	-1.92**	0.03	0.16	0.48
Infraestructura_energía	-1.76**	0.04	0.23	0.30
Infraestructura_telecom	-2.29	0.44	0.10	0.38
Infraestructura_agua	-1.98**	0.03	0.22	0.32
PIB_privado	-2.85	0.18	1.86*	0.01
Términos de Intercambio	-3.39**	0.05	0.15	0.08
Tasa real de interés	-4.64*	0.00	0.13	0.17

Nota: \* y \*\* denotan significatividad estadística a 1% y 5%, respectivamente.

La hipótesis nula de la prueba ADF es la de series con raíz unitaria.

La hipótesis nula de la prueba KPSS es de series estacionarias.

Fuente: estimaciones propias.

En resumen, las pruebas de raíz unitaria señalan que, para el período analizado, excepto la inversión pública en infraestructura en telecomunicaciones, el resto de las variables de inversión en infraestructura se observan estacionarias en niveles.<sup>12</sup> Lo mismo ocurre con los términos de intercambio y con la tasa real de interés. Por su parte, para el PIB real privado no se puede descartar la presencia de una raíz unitaria.

En base a los resultados anteriores, y descartada la posibilidad de analizar una posible cointegración entre las variables de interés (dado los diferentes órdenes de integración entre las variables), y por ende, la utilización de VEC, en lo que sigue procedemos a analizar los efectos de la inversión pública en infraestructura sobre el crecimiento del PIB real privado, mediante la aplicación de sistemas VAR estimados por *Mínimos Cuadrados Ordinarios*, estimadores que, como ya se ha señalado previamente, garantizan la consistencia de los parámetros.

### c) Estimaciones

Las estimaciones de las ecuaciones VAR incorporan todas las variables de interés en su forma estacionaria (*i.e.*: corregidas, según corresponda, por intercepto o tendencia determinística).<sup>13</sup> Por su parte, el PIB real pri-

12 Con respecto a la inversión pública en infraestructura en telecomunicaciones, la inspección gráfica y la realización de pruebas de cambio estructural sugieren la existencia de un cambio estructural acontecido a principios de la década de los noventa (lo que coincide aproximadamente con la fecha en que se privatizó la empresa pública de telefonía, Teléfonos de México). En base a estos resultados, hemos corregido esta serie mediante la incorporación de una variable dicotómica que da cuenta del cambio estructural. Las pruebas de raíz unitaria posteriores arrojan la estacionariedad en niveles de esta serie modificada. La baja participación del monto de inversión pública en telecomunicaciones en el total de inversión pública en infraestructura y la estacionariedad de esta, al considerar el cambio estructural, explicarían la ausencia de raíz unitaria en la serie agregada de inversión pública en infraestructura.

13 Tal como se señaló en la nota previa al pie de página, la inversión pública en telecomunicaciones se ajustó para tomar en cuenta el cambio estructural. Además, y con el fin de privilegiar la comparabilidad –en términos de elasticidad– con el resto de las estimaciones, la serie fue transformada en logaritmos, aunque al costo de sacrificar algunas observaciones.

vado se introduce en primeras diferencias dada la presencia de raíz unitaria en sus valores en niveles, lo que aproxima a la tasa de crecimiento de este (dada la transformación logarítmica). Asimismo, las estimaciones VAR fueron realizadas con un período de rezago, en base a los resultados obtenidos de implementar pruebas de criterio de información bayesianas<sup>14</sup> sobre la cantidad de rezagos óptimos a incluir en el sistema.

En total fueron realizadas cinco estimaciones de sistemas VAR, una para cada una de las series de inversión pública en infraestructura. La finalidad de realizar estas estimaciones de manera individual fue la de analizar posibles impactos diferenciados según el tipo de inversión en infraestructura pública.

Los modelos VAR estimados pueden expresarse, considerando las diferentes mediciones de infraestructura pública, como:

$$X_t = A_1 X_{t-1} + \varepsilon_t$$

Donde<sup>15</sup>:

$$X_t \equiv [\Delta \text{PIB}_{\text{privado}_{1t}}, I_{\text{pub\_infra}_{2t}}, \text{Ter\_Int}_{3t}, \text{Tasa\_int}_{4t}]'$$

$\Delta \text{PIB}_{\text{privado}}$  es el cambio porcentual anual del PIB del sector privado

$I_{\text{pub\_infra}}$  es la inversión en infraestructura

$\text{Ter\_Int}$  corresponde a los términos de intercambio con el resto del mundo

$\text{Tasa\_int}$  es la tasa real de interés

$A_j$  es la matriz de los coeficientes autorregresivos

$\varepsilon_t \equiv [\varepsilon_{1t}, \dots, \varepsilon_{kt}]'$  es un vector columna con los procesos ruido blanco

Se asume que las innovaciones cumplen:

$$E[\varepsilon_t] = 0, E[\varepsilon_t \cdot \varepsilon_t'] = \Omega, E[\varepsilon_t \cdot \varepsilon_s'] = 0 \forall s \neq t$$

14 Estas son Akaike information criterion (AIC), Hannan-Quinn information criterion (HQIC) y Schwarz information criterion (SBIC), las cuales fueron realizadas considerando un máximo de tres años de rezago. En los casos en que los resultados de las tres pruebas diferían, se siguió a aquellos en que coincidían dos de los criterios de información.

15 Las definiciones se muestran en el cuadro 1.

Los cinco sistemas VAR estimados cumplen con las condiciones de estabilidad<sup>16</sup> de sus valores propios (*eigenvalores*), lo que garantiza su invertibilidad y la existencia de una representación vectorial de medias móviles de orden infinito. Además, las pruebas LM de autocorrelación en los residuos también exhiben los resultados esperados (es decir, ausencia de autocorrelación en los mismos). Estos resultados se presentan en el Anexo.

El análisis del impacto de la inversión pública en infraestructura sobre la tasa de crecimiento en el PIB real privado se realizó, como es habitual en los modelos VAR, utilizando las funciones de impulso respuesta, las cuales explican la reacción de las variables endógenas en un sistema VAR a choques propios o de otras variables (endógenas o exógenas) del sistema. Esto se debe a que la lectura directa de los coeficientes estimados resulta de difícil interpretación en esta clase de modelos, dado que las variables son mutuamente dependientes, presentando una elevada complementariedad dinámica entre las distintas ecuaciones del sistema. Por ello, los coeficientes proveen de información limitada respecto a la reacción del sistema a los diferentes *shocks*.

A continuación, se presentan los gráficos de las funciones impulso-respuesta, que describen la evolución de la(s) variable(s) de interés sobre un horizonte de tiempo determinado, luego del shock en el momento inicial. Como resulta frecuente en la literatura VAR, hemos considerado los shocks ortogonalizados (que aplican la descomposición de Choleski sobre la matriz de varianzas y covarianzas de las innovaciones), cuantificado en términos de un choque de un desvío estándar unitario sobre la innovación de interés (impulso) y observan su propagación (respuesta) sobre las diferentes variables endógenas del sistema. En este artículo, y para facilitar la interpretación de los resultados, presentamos únicamente los gráficos que contemplan las respuestas sobre la tasa de crecimiento del PIB real privado del impacto de *shocks* sobre las innovaciones de inversión pública en infraestructura (total y en sus diferentes componentes).

De acuerdo con los resultados obtenidos, la inversión pública en infraestructura en general, y la mayor parte de la apertura sectorial (con la

16 El cumplimiento de la condición de estabilidad de los VAR da sentido a la utilización de las funciones de impulso respuesta y de descomposición de la varianza.

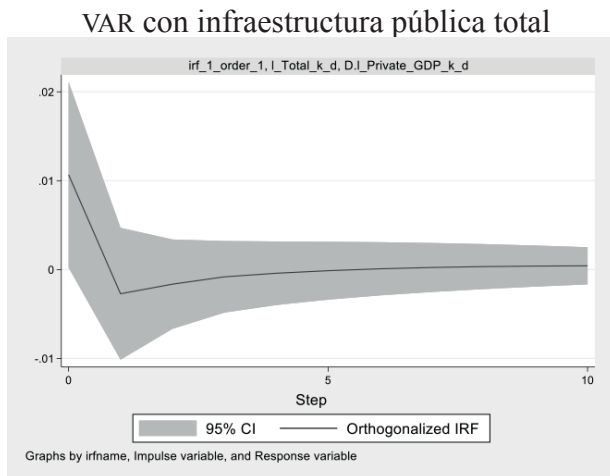
excepción del sector energético), exhiben impactos positivos y estadísticamente significativos sobre la tasa de crecimiento del PIB real privado. A continuación, presentamos detalles de estos resultados.

Considerando las representaciones gráficas de las funciones impulso-respuesta ortogonalizadas (gráfico 10), la inversión pública en infraestructura posee –en general– un impacto inicial positivo sobre la tasa de crecimiento del PIB real privado, el cual se reduce en los siguientes períodos, atenuándose hasta desaparecer (tal como se espera de un sistema VAR estable) alrededor del cuarto o quinto período. En el caso particular de la energía, los impactos iniciales son negativos y no logran recuperarse en los períodos siguientes. Por su parte, la inversión en telecomunicaciones exhibe un comportamiento diferenciado, que muestra un impacto positivo recién en el segundo período, que luego se atenúa y desvanece de manera similar al resto de las series.

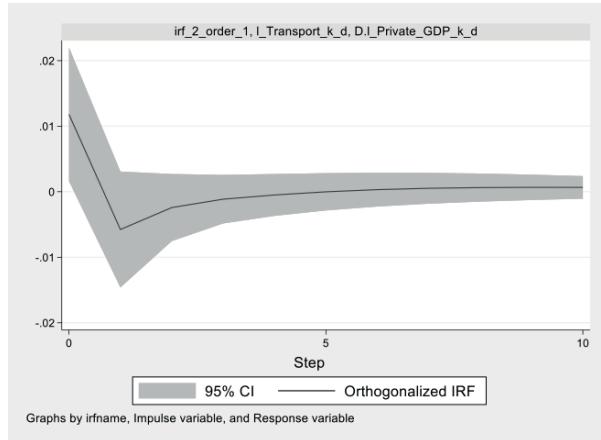
### Gráfico 10

*Funciones impulso-respuesta ortogonalizadas*

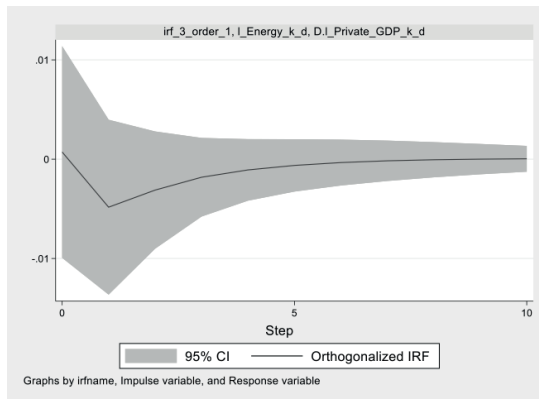
*(Impacto de la inversión en infraestructura pública sobre el PIB privado)*



### VAR con infraestructura pública en transporte

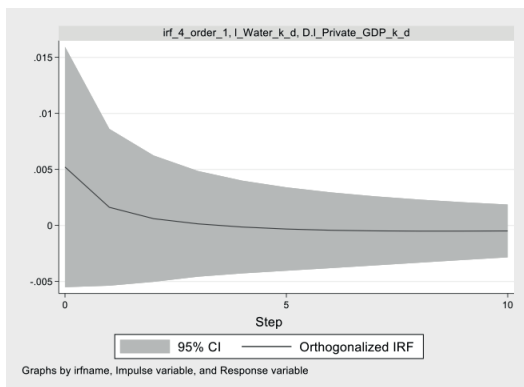


### VAR con infraestructura pública en energía

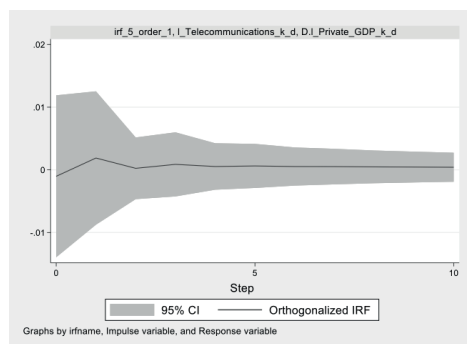




### VAR con infraestructura pública en agua y saneamiento



### VAR con infraestructura pública en telecomunicaciones



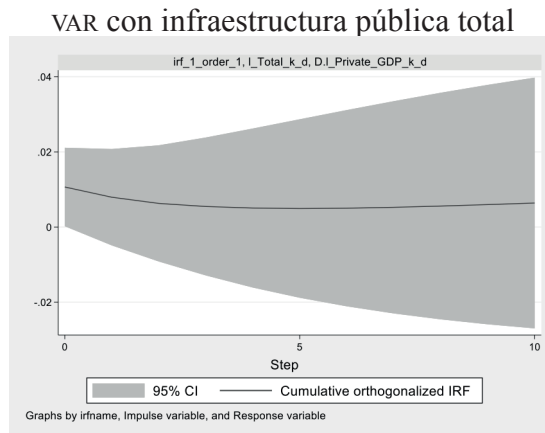
Fuente: elaboración propia, con base en la estimación del modelo VAR definido en la subsección 4).

Una mayor comprensión de la magnitud del impacto de la infraestructura sobre el crecimiento del PIB real privado proviene de observar los gráficos de las funciones impulso-respuesta ortogonalizadas acumuladas, es decir, que contemplan el agregado temporal de los *shocks* presentados en el gráfico 10. Aquí se destaca, tal como se mencionara previamente que, a excepción de la inversión pública en infraestructura en el sector energético, el resto de los sectores, y el agregado de la inversión, exhiben impactos acumulados positivos y estadísticamente significativos. Más

aún, estos impactos se estabilizan en torno al cuarto o quinto período (en consonancia con lo observado en los gráficos previos). Asimismo, en términos de magnitud de los impactos acumulados, los tres sectores (transporte, telecomunicaciones y agua y saneamiento) exhiben impactos similares<sup>17</sup> (de una elasticidad en torno a 0.5%) sobre la tasa de crecimiento del PIB real privado. Por su parte, y como ya se anticipó, el sector energético registra en este análisis y período temporal un impacto negativo sobre la tasa de crecimiento del PIB real privado. Todo ello se puede observar en el gráfico 11.

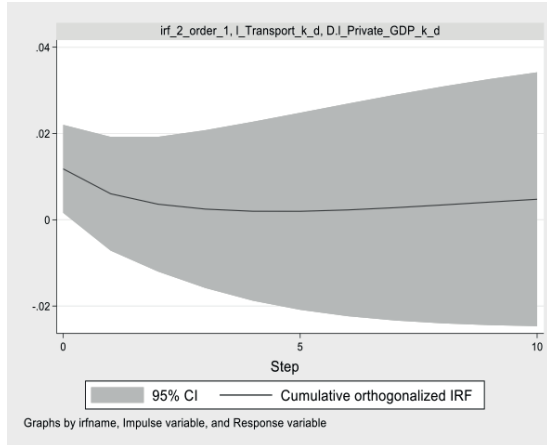
### **Gráfico 11**

*Funciones impulso-respuesta ortogonalizadas acumuladas  
(Impacto de la inversión en infraestructura pública  
sobre el PIB privado)*

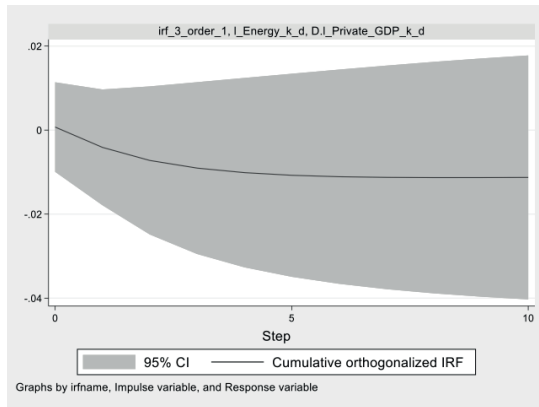


17 Aunque, y con fines interpretativos, se le recuerda al lector que la serie de inversión en infraestructura pública en telecomunicaciones ha sido modificada teniendo en cuenta el cambio estructural oportunamente mencionado.

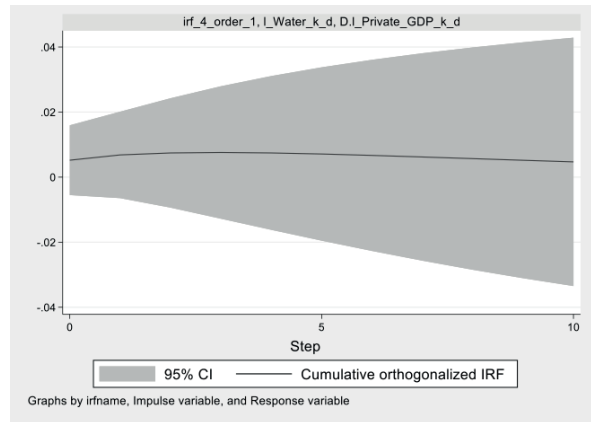
### VAR con infraestructura pública en transporte



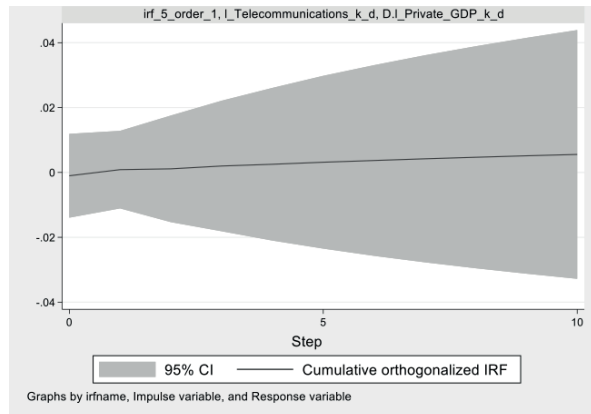
### VAR con infraestructura pública en energía



### VAR con infraestructura pública en agua y saneamiento



### VAR con infraestructura pública en telecomunicaciones



Fuente: elaboración propia.

En síntesis, utilizando el análisis impulso-respuesta se observa que un *shock* unitario de un desvío estándar sobre la innovación de la inversión pública en infraestructura provoca una respuesta inicial positiva sobre la tasa de crecimiento del PIB real privado, que luego se va atenuando hasta alcanzar un valor estacionario menor, aunque también de impac-

to positivo y estadísticamente significativo (con la excepción del sector energético).<sup>18</sup>

A continuación, también presentamos los resultados del análisis de descomposición de la varianza, la cual representa al porcentaje del error en una predicción temporal de una variable debida a un choque específico. En otras palabras, muestra cuánto de la variabilidad observada en una variable de interés es explicada por shocks propios versus shocks sobre otras variables del sistema. El cuadro 4 muestra los resultados del análisis de descomposición de la varianza provocado por un choque en las ecuaciones de infraestructura sobre la variabilidad de la tasa de crecimiento del PIB real privado para los diferentes modelos estimados.

#### **Cuadro 4**

*Descomposición de la varianza de la tasa de crecimiento del PIB real privado ante shocks de infraestructura (períodos seleccionados)*

Modelo con inversión pública en infraestructura:	Cuatro periodos	Seis periodos	Ocho periodos
Agregada	8.1%	8.0%	8.0%
Transporte	11.9%	11.7%	11.6%
Energía	2.4%	2.5%	2.4%
Agua y saneamiento	1.9%	1.9%	1.9%
Telecomunicaciones	0.5%	0.5%	0.6%

Fuente: estimaciones propias.

Como se observa en el cuadro anterior, en general, la variabilidad de la tasa de crecimiento del PIB real privado provocada por efectos de shocks sobre las variables de infraestructura es acotada, y exhibe una estabilidad temporal bastante pronunciada. En la mayoría de los sectores (energía,

18 Sin embargo, debe señalarse que, desde el punto de vista estadístico, la amplitud de los intervalos obtenidos con un nivel de confianza de 95% advierten que también es posible la materialización de impactos netos negativos entre estas variables; aunque la estimación puntual refleja proyecciones con impactos acumulados netos positivos (excepto en energía), tal como se ha mencionado en el texto. Sin embargo, esta cuestión es un recordatorio del grado de incertidumbre de la relación entre la infraestructura y el crecimiento económico, lo que se refleja en la falta de consenso académica presentada oportunamente en la revisión de la literatura.

agua y saneamiento, y telecomunicaciones) refleja cifras pequeñas, mientras que la mayor magnitud se observa en las inversiones en transporte. Por otra parte, un shock sobre la inversión pública en infraestructura agregada exhibe un impacto de 8% sobre la variabilidad del PIB real privado. Estos resultados indican que la inversión pública en infraestructura explica una parte pequeña de la variabilidad de la tasa de crecimiento del PIB real privado.

*d) Consideraciones sobre los resultados empíricos*

Teniendo como trasfondo la necesidad de elevar sostenidamente la tasa de crecimiento de la economía mexicana, en este texto se planteó como hipótesis, basada en antecedentes de la literatura sobre el tema, la existencia de una relación positiva entre la inversión pública en infraestructura y el crecimiento del PIB del sector privado.

En un primer nivel, para la inversión pública total en infraestructura, se comprobó la existencia de un efecto positivo y estadísticamente significativo mediante estimación con un modelo VAR que utiliza datos del periodo 1980-2020, aunque su impacto es relativamente pequeño. El uso de la tasa de crecimiento del producto, en lugar de su nivel, hecho motivado por los resultados de las pruebas de estacionariedad, es ciertamente más exigente para medir el impacto de la variable independiente y, además, evita la obtención de resultados espurios.

En el caso de los diferentes componentes sectoriales de la inversión pública en infraestructura también se obtienen efectos positivos, aunque nuevamente pequeños e incluso, para la inversión pública en infraestructura de energía, el efecto es negativo. En los siguientes párrafos se desglosan algunas hipótesis y explicaciones sobre los resultados obtenidos, especialmente para el caso de los efectos de la inversión pública en infraestructura energética.

En el caso de la inversión en infraestructura pública en transporte se verifica el impacto más elevado sobre el crecimiento del PIB privado de todos los tipos de infraestructura analizados. A pesar de la volatilidad de la inversión en infraestructura pública para el transporte, este rubro se mantuvo como el más importante en los 40 años que cubren el periodo de análisis y estimación del modelo (1980-2020). En promedio, el rubro de transporte representó 44% del total de la formación de capital del sector público en infraestructura.

En las telecomunicaciones el impacto en el PIB privado se exhibe bastante bajo, seguramente debido a que el nivel de inversión pública en este componente representa una proporción pequeña de la inversión pública total en infraestructura, especialmente a raíz de los procesos de privatización de los años noventa del siglo pasado. Desde entonces, la rápida expansión del sector ha sido gracias al dinamismo de las inversiones privadas.

En el sector de agua y saneamiento el nivel de inversión pública es también bajo, tanto en relación con su propia trayectoria como respecto al total de inversión en obra pública. La tendencia se explica en parte por la privatización de los servicios de agua en algunos estados del país, lo que también podría estar explicando la poca gravitación del componente público y, por ende, el efecto relativamente pequeño en el PIB del sector privado.

El único rubro que arroja una relación inversa con el crecimiento del producto privado es la infraestructura pública en energía, lo que merece una reflexión adicional. De manera similar al transporte, la energía representa una alta participación de la infraestructura pública (32% en promedio en 1980-2020), pero con una alta variancia a lo largo de los últimos años; por ejemplo, la inversión pública en infraestructura energética significó apenas 20% de la realizada en 2016, cuando alcanzó su máximo valor en términos reales dentro del periodo 1980-2020. Por otro lado, la inversión pública en el sector energía en México representa un máximo cercano a 1.2% del PIB en 2016, pero en el resto del periodo hasta

2018 representó menos del de 0.6%. Entre 2008 y 2013 no pasó de 0.4% del PIB y en 2018 representó 0.14%. Incluso si se agrega la inversión privada, los porcentajes son aún bastante bajos: un máximo de 0.35% del PIB en 2014, pero en general el resto están por debajo de 0.2% del PIB. En el caso de la inversión del sector privado, estos porcentajes son menores que los que observan otros países de América Latina como Honduras, Perú, Brasil, Chile, Costa Rica y la República Dominicana. Para la componente pública de la infraestructura energética, México está por debajo de Guyana, Ecuador, Costa Rica, Belice, Bolivia, Nicaragua y Uruguay, y en niveles muy parecidos a Paraguay, Honduras y Brasil.<sup>19</sup>

En resumen, el resultado del ejercicio econométrico sugiere un impacto negativo, aunque pequeño, de la inversión pública en infraestructura energética sobre el crecimiento del PIB del sector privado. A manera de hipótesis, se puede suponer que la alta volatilidad y la tendencia a la baja en los años previos a 2020 de la obra pública en energía están incidiendo en dicho efecto negativo. Por otro lado, la reforma energética de 2012 disparó la IPI de energía a sus máximos históricos, aunque a partir de 2017 se redujo considerablemente hasta 2020 (último dato de estimación del modelo). En futuras investigaciones sería oportuno evaluar el efecto de las reformas recientes, que han impulsado de nuevo la inversión pública en energía, lo que probablemente encontraría una asociación positiva con el crecimiento del PIB privado.

Un comentario adicional acerca de porqué la inversión pública en infraestructura de energía tendría un efecto contrario al esperado sobre el crecimiento, se relaciona con el denominado debate entre acceso y acervo (Timilsina, Hochman y Song, 2020, página 5), que supone que el papel del acceso es mucho más fuerte en los países en desarrollo que el del aumento del acervo de capital, en donde la infraestructura básica ya está disponible de manera adecuada. Es decir, habría un efecto elevado

<sup>19</sup> Las cifras para estos cálculos provienen de la plataforma web *Hub de Energía*, del BID, en línea: <https://hubenergia.org/es/indicadores/inversion-publica-y-privada-en-el-sector-de-energia>.



del acceso a infraestructura en las etapas primarias del proceso de desarrollo, que va disminuyendo conforme el país (o el territorio) transita hacia etapas de mayor desarrollo. Este podría ser el caso de México, catalogado como país en desarrollo de ingreso medio-alto, en donde cerca de la totalidad de la población cuenta con acceso a electricidad. Un razonamiento similar sería válido también para los otros tres componentes de la infraestructura y para el agregado de la inversión.

### *Reflexiones finales*

La inversión en obras de infraestructura suele mostrar un impacto significativo en el bienestar de las personas que disfrutan de los beneficios de dichas obras; piénsese, por ejemplo, en obras de provisión de servicios de agua y alcantarillado o en accesos expeditos que proporcionan las carreteras en territorios antes solo accesibles por carreteras secundarias o terracería, o el contar con servicio de electricidad doméstica y alumbrado público. En la medida en que se agregan estos componentes y se mejora su continuidad y calidad, también se incrementa dicho bienestar. Además, en países en etapas tempranas de desarrollo, con dotación de infraestructura muy básica o casi inexistente, el impacto suele ser más significativo (Timilsina, Hochman y Song, 2020).

Sin embargo, cuando se trata del crecimiento económico, el efecto de la inversión pública en infraestructura (IPI) puede no asociarse de manera tan directa con efectos positivos, en particular aquellos de largo plazo. Esto es así fundamentalmente porque el crecimiento económico involucra consideraciones a nivel nacional, donde los beneficios derivados del acceso a la infraestructura para ciertos grupos pueden contrapesarse con costos de oportunidad para otros segmentos de la población a escala nacional. Más aún, resulta una discusión siempre vigente la potencial manifestación del hipotético trade-off entre inversiones públicas y privadas, dadas ciertas condiciones.

Bajo este panorama, los resultados obtenidos en el presente texto (coincidentes con otros trabajos similares para otros países) apuntan a que existe un impacto positivo y estadísticamente significativo entre la inversión en infraestructura y el crecimiento del PIB del sector privado, tanto para el total como para los componentes del gasto en infraestructura (con la excepción del sector energía), aunque creemos necesario profundizar en futuras investigaciones el porqué de las diferencias cualitativas en la apertura sectorial (nos referimos puntualmente a indagar en mayor detalle sobre las causas detrás del impacto negativo de la inversión pública en infraestructura energética sobre nuestra variable dependiente).

En el marco de la dimensión del análisis y estimaciones cuantitativos del documento, siempre resulta conveniente contar con series lo más largas posibles, tal como se han utilizado en varios trabajos previos.<sup>20</sup> Originalmente, en el presente documento no se contaba con series largas que permitieran llevar a cabo de la manera más eficiente el análisis. Fue por ello por lo que debimos recurrir a concatenar dos series de inversión pública en infraestructura que, si bien exhiben magnitudes similares para el año común a ambas, cuentan con ciertas diferencias metodológicas. A pesar de ello, estas series no cubren el periodo de industrialización de la economía mexicana, cuando el acervo de inversión en infraestructura era pequeño y que, por tanto, era de esperar que su expansión lograra efectos importantes sobre el crecimiento y el bienestar social.

Como se indicó en la sección III, la experiencia internacional registra efectos positivos de las obras en infraestructura sobre diferentes dimensiones del bienestar. Por ejemplo, por el canal indirecto de la distribución del ingreso, debido a que un mayor acceso a los servicios de infraestruc-

20 Por ejemplo, utilizando 60 años de datos (1853-1913) para los Países Bajos, Groote *et al.* (1999) encuentran que las inversiones en nueva infraestructura (principalmente ferrocarriles y vías navegables) contribuyeron al crecimiento económico. Por otro lado, Herranz-Loncán (2004), utilizando 90 años de datos para España (1845-1935), concluye que no hay relación entre la inversión en infraestructura y el crecimiento económico (ambos trabajos citados en Timilsina *et al.*, 2020).

tura abona a la reducción de las desigualdades, al disminuir los costos de logística o incrementar el valor del capital humano o la tierra. Asimismo, los beneficios sociales del gasto público en infraestructura exceden lo que cualquier individuo estaría dispuesto a pagar por los servicios, debido a que algunos componentes de la infraestructura pública son no excluíbles; otros componentes reducen las externalidades negativas generadas en el sector privado; y muchos tipos de infraestructura pública exhiben economías de escala.

De igual importancia para México es que la revisión de la literatura muestra que países que durante largos periodos han mostrado un crecimiento elevado, también han contado con tasas de inversión en infraestructura que se mantienen altas de manera sostenida. Sin embargo, la inversión pública en infraestructura de México ha exhibido grandes fluctuaciones a lo largo de los últimos 40 años, con diferencias entre picos y valles de hasta 50%, acontecidos en reiteradas oportunidades a lo largo del periodo de cuatro décadas, y sin registrar una clara tendencia positiva de largo plazo que, de existir, podría haber alterado la magnitud del impacto de la inversión pública sobre el crecimiento del PIB del sector privado.

Por otro lado, cuando se consideran los diferentes rubros de inversión en infraestructura, el comportamiento también es bastante errático, con excepción del sector de agua y saneamiento, que muestra una trayectoria menos volátil (véanse de nuevo los gráficos 8 y 9). En algunos casos, la tendencia es claramente positiva (transporte) y en otros negativa, como el caso de las telecomunicaciones, que como se sabe, está mucho más ligada a la inversión privada desde el comienzo de los noventa. La energía, que ha sido tradicionalmente uno de los rubros más importantes dentro del gasto total de la IPI, también presentó una elevada volatilidad a lo largo del periodo, con una tendencia especialmente declinante en los últimos años y hasta 2020.

A la luz de nuestros resultados y teniendo en cuenta el comportamiento de las series de inversión en infraestructura pública, entendemos

que una lección fundamental es que la IPI debe sujetarse a una estrategia con visión de largo plazo, en la cual se tenga como propósito alentar el crecimiento general de la economía y en particular del sector privado, con las decisiones estratégicas sobre inversión en infraestructura, coordinadas y en alianza con inversiones privadas, tanto nacionales como extranjeras. El ejercicio realizado apunta a que la inversión pública en infraestructura agregada y cada uno de los diferentes rubros que la componen, no puede hacerse cargo de manera aislada de sostener un proceso sostenido de crecimiento.

El debate no se debe centrar en más o menos infraestructura pública o más o menos infraestructura privada, nacional o extranjera. El centro de la discusión debe estar en trabajar con miras a una estrategia de largo plazo, en donde los diferentes agentes (Estado, sector privado nacional y extranjero, entre otros) jueguen un papel encaminado al mismo propósito, que es el crecimiento económico de calidad y orientado a un desarrollo sostenible, incluyente y participativo. En ese sentido la trayectoria de la inversión en infraestructura puede jugar un papel central, no sólo para alentar el crecimiento y dar un salto cualitativo y cuantitativo en materia de productividad, competitividad y eficiencia productiva, sino también para potenciar al sector privado y al progreso material de grupos de la población y cohesionar territorios del país.

Desde una perspectiva macro y viendo hacia el futuro, México necesita una estrategia de fortalecimiento de la inversión de calidad, sostenible e incluyente, lo cual a su vez requiere de cuantiosos recursos. Por ello, la expansión, modernización y fortalecimiento de la inversión precisan de una complementariedad entre la banca de desarrollo y la comercial para impulsar el desarrollo. Ello implica que las autoridades hacendarias y financieras establezcan lineamientos a la banca de desarrollo y a la privada y refuercen mecanismos apropiados para facilitar el acceso a capital de riesgo y créditos para la inversión productiva, así como financiamientos especializados para el desarrollo tecnológico y ambiental, en condiciones internacionalmente competitivas (véase Máttar, 2021a). En paralelo, es necesaria una reforma fiscal profunda y progresiva, uno de cuyos pro-

pósitos sería considerar la disponibilidad de los recursos públicos necesarios para inversión en infraestructura con una visión de largo plazo.

Se debe propiciar una alineación virtuosa entre las inversiones públicas y las privadas. Aunque hay debate, la gran mayoría de los trabajos empíricos concluyen que la inversión pública tiene un efecto positivo sobre la inversión privada en el largo plazo, debido en particular a la naturaleza de los proyectos gubernamentales de formación de capital (Godínez, 2023, página 26). Los trabajos examinados por Godínez también apuntan a que la caída secular de la inversión pública por varias décadas ha afectado significativamente el proceso de formación de capital del conjunto de la economía (*Ibid.*, página 26). El efecto positivo sobre la inversión privada incluye la inversión extranjera directa (IED).<sup>21</sup> La clave es encontrar objetivos convergentes entre los objetivos nacionales y los de las empresas multinacionales, como ha sido el caso de la industria automotriz y de autopartes.

La transformación productiva y el impulso de la inversión en general y la infraestructura en particular deben tornarse como una verdadera política de Estado que conjugue voluntad política, acciones empresariales, adhesión de la sociedad, y reglas para guiar las inversiones nacionales y extranjeras en pos del mayor beneficio social. Estas políticas podrían tener a las siguientes pautas como bases: 1) un plan de inversiones articulado con programas y proyectos prioritarios para potenciar su impacto en la población; y, 2) una estrategia de desarrollo de infraestructura en todo el territorio, con expresiones, a manera de ejemplo, como la mejora de la movilidad terrestre y el impulso de la utilización de vehículos eléctricos (Máttar, 2021a). El encuadre mayor es una estrategia de desarrollo sostenible en la que la construcción de una visión de país coordinada por

---

21 Entre 2000 y 2023 la IED representó, en promedio, alrededor de un 12% de la formación bruta de capital fijo total. Debe tenerse en cuenta que la IED incluye, además de la formación de capital fijo, las fusiones y adquisiciones, que no generan aumento de la capacidad productiva instalada; véase Gobierno de México (2023), <https://datos.gob.mx/busca/dataset/informacion-estadistica-de-la-inversion-extranjera-directa/resource/72428f5d-1853-4ce3-aae8-62c856edaefd>.

el Estado y con la participación sustantiva, incluyente y democrática de los actores del desarrollo sería un insumo fundamental (Máttar, 2020).

En síntesis, la inversión pública en infraestructura, a pesar de una alta volatilidad y bajo dinamismo observado en las últimas cuatro décadas, ha sido mayormente impulsadora del dinamismo del sector privado. Sin embargo, dadas las magnitudes encontradas, su impacto individual se torna una condición necesaria mas no suficiente para el desarrollo de México. En otras palabras, se requiere de más inversión pública en infraestructura, pero acompañada de una visión estratégica nacional, donde la infraestructura pública es una herramienta clave, pero no única, de un arsenal coordinado de políticas destinadas al objetivo del desarrollo sostenible de México.

### ***Bibliografía***

- Albala-Bertrand, J. (2007), "Relative capital shortage and potential output constraint: A gap approach," *International Review of Applied Economics*, 21(2), 189-205.
- Ansar, A., Flyvbjerg, B., Budzier, A., & Lunn, D. (2016), "Does infrastructure investment lead to economic growth or economic fragility? Evidence from China," *Oxford Review of Economic Policy*, 32(3), 360-390.
- Arif, U., Javid, M., & Khan, F. N. (2021), "Productivity impacts of infrastructure development in Asia," *Economic Systems*, 45(1), 100851.
- Auditoría Superior de la Federación (2017), *Problemática general en materia de obra pública y servicios relacionados con las mismas 2011-2016*.
- Baird, B. A. (2005), "Public infrastructure and economic productivity: a transportation-focused review," *Transportation research record*, 1932(1), 54-60.
- Calderón, C., Moral-Benito, E., & Servén, L. (2015), "Is infrastructure capital productive? A dynamic heterogeneous approach," *Journal of Applied Econometrics*, 30(2), 177-198.
- & Servén, L. (2009). *Trends in infrastructure in Latin America: an update, 1980–2006*: The World Bank.
- , & Servén, L. (2002), "The output cost of Latin America's infrastructure gap", Working Papers Central Bank of Chile 186, 95-118.
- , & Servén, L. (2004), "The effects of infrastructure development on growth and income distribution," The World Bank.

- Canning, D., Fay, M., & Perotti, R. (1994). Infrastructure and growth. *International differences in growth rates*, 285-310.
- Cantu, C. (2017), "Mexico's economic infrastructure: international benchmark and its impact on growth", *Journal of Economic Structures*, 6(1), 33.
- Chakamera, C., & Alagidede, P. (2018), "The nexus between infrastructure (quantity and quality) and economic growth in Sub Saharan Africa," *International Review of Applied Economics*, 32(5), 641-672.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, (2018), "Evolución de la inversión en América Latina y el Caribe, hechos estilizados, determinantes y desafíos de política", *Estudio Económico de América Latina y el Caribe*, 2018 (LC/PUB.2018/17-P), Santiago.
- CEPALSTAT (<https://statistics.cepal.org>).
- Czernich, N., Falck, O., Kretschmer, T., & Woessmann, L. (2011), "Broadband infrastructure and economic growth," *The Economic Journal*, 121(552), 505-532.
- Del Bo, C. F., & Florio, M. (2012), "Infrastructure and growth in a spatial framework: evidence from the EU regions", *European planning studies*, 20(8), 1393-1414.
- Démurger, S. (2001), "Infrastructure development and economic growth: an explanation for regional disparities in China?," *Journal of Comparative Economics*, 29(1), 95-117.
- Eberts, R. W. (1990), "Public infrastructure and regional economic development," *Economic Review*, 26(1), 15-27.
- Esfahani, H. S., & Ramírez, M. a. T. (2003), "Institutions, infrastructure, and economic growth," *Journal of Development Economics*, 70(2), 443-477.
- Fedderke, J. W., Perkins, P., & Luiz, J. M. (2006), "Infrastructural investment in long-run economic growth: South Africa 1875–2001," *World development*, 34(6), 1037-1059.
- Federal Reserve Economic Database (<https://fred.stlouisfed.org/>)
- Fondo Monetario Internacional (2020), "Public Investment for the Recovery", *Fiscal Monitor*, Capítulo 2).
- Godínez, Víctor (2023), "La economía en vilo: cuatro descripciones de su evolución reciente", *Revista de Economía Mexicana, Anuario UNAM*, Número 8.
- INEGI-UNAM (2023), *Medición de infraestructura, Informe final del Grupo de Técnico de Expertos en Infraestructura en México*, INEGI-Programa Universitario de Estudios del Desarrollo, Ciudad de México, abril.
- INFRALATAM (<https://infralatam.info>)
- Irshad, R., & Ghafoor, N. (2023), "Infrastructure and economic growth: evidence from lower middle-income countries," *Journal of the Knowledge Economy*, 14(1), 161-179.

- Javid, M. (2019), "Public and private infrastructure investment and economic growth in Pakistan: An aggregate and disaggregate analysis" *Sustainability*, 11(12), 3359.
- Kamps, C. (2004), *The dynamic macroeconomic effects of public capital: theory and evidence for OECD countries* (Vol. 331): Springer Science & Business Media.
- Kandenge, F. T. (2007), "Public and Private Investment and Economic Growth in Namibia," disponible en SSRN 1310595.
- Kouladoum, J. C. (2023), "Digital infrastructural development and inclusive growth in Sub-Saharan Africa," *Journal of Social and Economic Development*, 1-25.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992) "Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?" *Journal of Econometrics*, 54(1-3), 159-178.
- Limao, N., & Venables, A. J. (2001), "Infrastructure, geographical disadvantages, transport costs, and trade," *The World Bank Economic Review*, 15(3), 451-479.
- Loayza, N., & Odawara, R. (2010), "Infrastructure and economic growth in Egypt", *World Bank Policy Research Working Paper* (5177).
- Makoto, T., & Kiyoshi, K. (2009), "Infrastructure Productivity with a Long Persistent Effect," en *New Directions in Regional Economic Development* (pp. 197-219): Springer.
- Máttar, J. (2021a). "México: consideraciones sobre una estrategia de inversiones estratégicas para una recuperación sostenible." Documento preparado para la Conferencia "Inversiones estratégicas para una recuperación sostenible", 24 y 25 de junio del 2021, Secretaría de Economía y Fundación Friedrich Ebert.
- Máttar J. (2021b), "Hacia la construcción de una estrategia de desarrollo industrial para México", Serie Experiencias y lecciones derivadas de la COVID – 19 en México, Centro Tepoztlán Víctor L. Urquidi, julio.
- Máttar, J. (2020) "Planificación y prospectiva para enfrentar los retos del desarrollo de México", *Revista de Economía Mexicana*, Anuario UNAM, mayo.
- Máttar, J. (2000). "Inversión y crecimiento durante las reformas económicas", en F. Clavijo y S. Valdivieso (compiladores), *Reformas económicas en México 1982-1999*, México, FCE.
- Monteiro, G., & Turnovsky, S. J. (2008), "The composition of productive government expenditure: Consequences for economic growth and welfare," *Indian Growth and Development Review*, 1(1), 57-83.
- Munnell, A. (1992), "Policy watch: infrastructure investment and economic growth," *Journal of Economic Perspectives*, 6(4), 189-198.



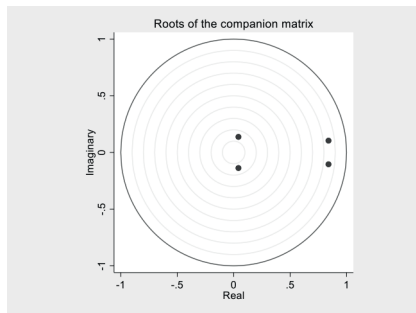
- Mussolini, C., & Teles, V. K. (2010), "Infraestrutura e produtividade no Brasil," *Brazilian Journal of Political Economy*, 30(4), 645-662.
- Neto, A. S. M., & Lima, G. T. (2017). Competitive exchange rate and public infrastructure in a macrodynamic of economic growth. *Metroeconomica*, 68(4), 792-815.
- Nugraha, A. T., Prayitno, G., Situmorang, M. E., & Nasution, A. (2020), "The Role of Infrastructure in Economic Growth And Income Inequality In Indonesia", *Economics & Sociology*, 13(1), 102-115.
- Pereira, A. (2000), "Is all public capital created equal?", *Review of Economics and Statistics*, 82(3), 513-518.
- Pereira, A., & Pinho, M. D. F. (2011), "Public investment, economic performance, and budgetary consolidation: VAR evidence for the first 12 Euro countries," *Journal of Economic Development*, 36(1), 1.
- Perrotti, D. (2022). *Inversión en infraestructura y crecimiento económico: lecciones aprendidas desde América Latina*. Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá, España.
- Provencio, E. (2019). "Inversión y obra pública en la integración interna", en M. Sánchez Talanquer y R. Becerra Laguna (coordinadores), *Las caras de Jano: noventa años del Partido Revolucionario Institucional*, páginas 41-67, CIDE.
- Ramey, V. A. (2020). *The macroeconomic consequences of infrastructure investment* (0898-2937).
- Roache, S. K. (2007), "Public Investment and Growth in the Eastern Caribbean": International Monetary Fund.
- Sanchez-Robles, B. (1998), "Infrastructure investment and growth: Some empirical evidence," *Contemporary economic policy*, 16(1), 98-108.
- Teles, V. K., & Mussolini, C. C. (2012), "Infrastructure and productivity in Latin America: is there a relationship in the long run?" *Journal of Economic Studies*.
- Warner, A. (2014), "Public Investment as an Engine of Growth." IMF Working Paper 14/148, International Monetary Fund, Washington, DC.
- Timilsina, G. R., Hochman, G., y Song, Z. (2020). "Infrastructure, economic growth, and poverty: A review," *World Bank Policy Research Working Paper*, (9258).
- Yılmaz, D., & Çetin, I. (2017) "The impact of infrastructure on growth in developing countries: Dynamic panel data analysis," en *Handbook of research on economic, financial, and industrial impacts on infrastructure development* (pp. 40-68): IGI Global.

**7. Anexos**

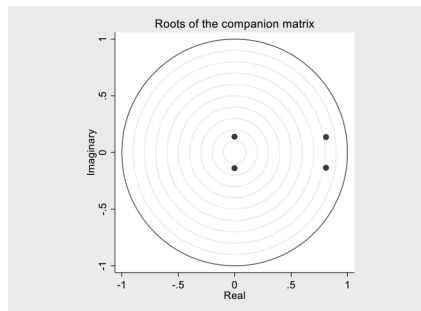
a) Estabilidad de los modelos VAR

**Condición de estabilidad de las estimaciones VAR**

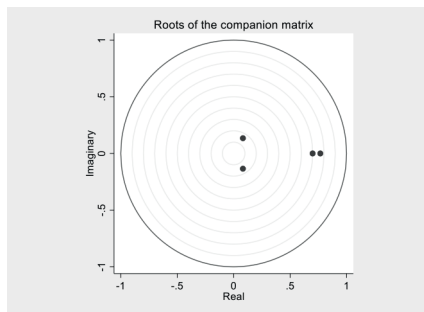
a) VAR con infraestructura pública total



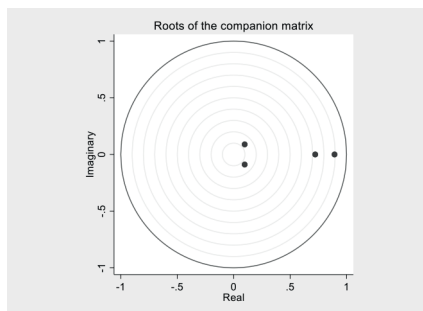
b) VAR con infraestructura pública en transporte



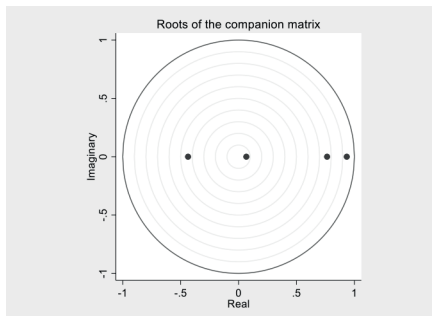
*c)* VAR con infraestructura pública en energía



*d)* VAR con infraestructura pública en agua y saneamiento



e) VAR con infraestructura pública en telecomunicaciones



Fuente: elaboración propia.

**d) Prueba de autocorrelación en los residuos  
de los modelos VAR**

Prueba LM de autocorrelación en los residuos  
(rezago unitario)

Modelo VAR	Estadístico c2	P-value
infraestructura pública total	6.795	0.977
infraestructura pública en transporte	9.874	0.873
infraestructura pública en energía	9.363	0.898
infraestructura pública en agua y saneamiento	5.793	0.990
infraestructura pública en telecomunicaciones	19.002	0.269

Fuente: estimaciones propias.