

# Inversión pública en infraestructura y crecimiento económico en México

*Public Investment in Infrastructure and economic growth in Mexico*

Luis Miguel Galindo Paliza\*

Carlos Alberto Francisco Cruz\*\*

Karina Caballero Güendulain\*\*\*1

22

## Palabras clave

*Estimación y organización de datos macroeconómicos*

*Inversión y finanzas públicas*

*Políticas fiscales y comportamiento de los agentes económicos*

*Gasto público de la Administración central*

## Key words

*Estimating, and Organizing Microeconomic Data*

*Investment and Finance*

*Fiscal Policies and Behavior of Economic Agents*

*National Government Expenditures and Related Policies*

**Jel:** C82, E62, H 3, H 5

1 Agradecemos los comentarios de Eduardo Vega y Fernando Lorenzo. Se aplica el descargo usual de los errores. Las afirmaciones no necesariamente implican posiciones institucionales.

\* Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Economía, Profesor de Tiempo Completo del Posgrado, correo electrónico [gapaliza@unam.mx](mailto:gapaliza@unam.mx), tel. 56221888 ext. 48996.

\*\* Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Economía, Profesor de Asignatura, correo electrónico [carlos.francisco.cz@gmail.com](mailto:carlos.francisco.cz@gmail.com), tel. 5585489112

\*\*\* Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Economía, Técnico Académico de Tiempo Completo, correo electrónico [karinacg@unam.mx](mailto:karinacg@unam.mx), tel. 56222104

## Resumen

El objetivo de este artículo es analizar el efecto de la inversión pública, a través de la construcción de infraestructura o capital público, sobre el producto en México. Los resultados obtenidos, con base en una función de producción estimada por el procedimiento de cointegración de Johansen (1995), indican que el capital público tiene un efecto positivo de largo plazo sobre el producto y que, por tanto, el capital público y el privado son complementarios. El impacto positivo de la inversión pública a través de la oferta se complementa al efecto dinamizador a través de la demanda lo que ofrece elementos para diseñar reglas fiscales sobre la proporción de la inversión pública en el gasto público y sobre la deuda pública. Estos resultados muestran que parte del escaso dinamismo del producto en México en las últimas décadas se asocia al escaso dinamismo de la inversión pública y que es posible instrumentar una estrategia de gran impulso (*big push*) en particular hacia algunos sectores asociados a un desarrollo sustentable reconociendo que algunos tipos de infraestructura, como, por ejemplo, en vialidades ocasionan externalidades negativas significativas.

## Abstract

The objective of this article is to estimate the effect of the public investment, through the construction of public infrastructure or public capital, on the product in Mexico. The results, using a production function estimated with the Johansen (1995) cointegrating procedure, indicate that public capital has a long term positive effect on the product and therefore the public and private capital are complementary. The positive effect of the public investment through the supply side complement the positive effects on the demand side and offers inputs to design fiscal rules about the proportion of public investment on public expenditure and public debt. These results show that the slow economic dynamism in the last three decades in Mexico is related with

the slow dynamism of the public investment and that it is possible to instrument a big push strategy in particular through some sectors that are related with sustainable development with the recognition that some types of infrastructure, like in road infrastructure originates significant negative externalities.

## 1. Introducción

Los efectos de la inversión pública en la evolución del producto es un tema a debate en la economía moderna, en particular, en el contexto de la discusión sobre los determinantes de largo plazo del crecimiento económico (Barro, 2015). En efecto, por un lado, se argumenta que el gasto productivo, reflejado en la inversión pública, genera un efecto desplazamiento sobre la inversión privada lo que hace que la inversión pública no induzca un mayor ritmo de crecimiento económico o que, en todo caso, la inversión pública no genere efectos positivos significativos sobre el producto (Warner, 2014, Wohar, 1995). Por el otro lado, se argumenta que un aumento de la inversión pública tiene efectos positivos, a través de la oferta,<sup>1</sup> sobre el producto y también el aumento de la inversión pública tiene un efecto dinamizador en la demanda efectiva. De este modo, la inversión pública y privada son complementarias y puede incluso argumentarse que la composición del gasto público resulta fundamental para definir sus impactos netos sobre el producto.

Identificar estos efectos positivos de la inversión pública sobre el producto desde el lado de la oferta, permite, en primer lugar, contribuir a construir una estrategia de crecimiento económico de largo plazo, en segundo lugar, es un insumo para el análisis de los potencia-

1 Esto es, más allá de los efectos positivos que puede inducir el aumento del gasto y/o la inversión pública sobre la demanda agregada.

les impactos de la construcción de nueva infraestructura pública y, finalmente, en tercer lugar, complementa y matiza los análisis en la tradición keynesiana (Keynes 1936), donde el incremento del gasto público dinamiza la demanda agregada y por tanto contribuye a un aumento del producto.<sup>2</sup> Este análisis proporciona, además, evidencia sobre el argumento de que el bajo ritmo de crecimiento económico en México se origina, parcialmente, en la falta de inversión pública en infraestructura pública<sup>3</sup> y ofrece información relevante para analizar las consecuencias de un “gran impulso” (big push) basado en un relanzamiento de la inversión pública y las consecuencias de la composición entre el gasto público productivo y no productivo. Ello permite construir reglas fiscales específicas sobre la composición y el financiamiento del gasto público productivo y no productivo (Fournier, 2016).

De este modo, el objetivo de este artículo es analizar el efecto de la inversión pública, a través de la construcción de infraestructura o capital público (i.e. canal de oferta), en el producto. Ello es consistente con la hipótesis “de complementariedad de la inversión pública y privada” donde la inversión pública, tiene efectos positivos, a través de los canales de oferta, sobre el producto (Aschauer, 1989, Johansson, 2016). El artículo se divide en cinco secciones. La primera es, obviamente, la introducción, la segunda sección presenta el marco conceptual

y la metodología econométrica; la tercera sección incluye la evidencia internacional al respecto, la cuarta sección presenta la evidencia econométrica para México y, finalmente, la quinta sección incluye las conclusiones.

## 2. Marco conceptual y especificación econométrica.

La economía moderna sostiene que el crecimiento económico de largo plazo depende del capital físico y humano (Lucas, 1988, Romer, 1990, De Gregorio, 2007). En este contexto, se argumenta la hipótesis de que el gasto público productivo (i.e. inversión pública) principalmente en infraestructura de transporte, energética, social, educación y comunicación tiene efectos positivos,<sup>4</sup> a través de la función de producción, sobre el producto (Barro, 1990, 2015). Los principales canales de transmisión entre la inversión pública y el producto, en forma adicional al efecto derivado de un aumento de la demanda agregada, se concentran, en primer lugar, en que el aumento de la inversión pública incrementa al capital público, considerado como un factor más en la función de producción, que induce un efecto positivo en el producto, (Romp y De Haan, 2005). En segundo lugar, el aumento de la inversión pública y el capital público puede contribuir a un aumento del producto a través de incidir en la productividad total de los factores (*Total Factor Productivity -TFP-*) (Crafts, 2009). En tercer lugar, las funciones de costos indican que el aumento de la inversión pública y el capital público en infraestructura se traduce en una reducción de costos que lleva a un aumento

2 Ello implica, por ejemplo, que un aumento de la inversión pública puede incluso tener efectos positivos sobre el producto, en una economía en pleno empleo, a través de los canales de oferta, Aschauer (1989).

3 Por ejemplo, Ross (2008) argumenta que la desaceleración económica se origina en la falta de acumulación física y Abala-Bertrand (2004) argumenta que la restricción de capital público es una limitante para el crecimiento económico en México.

4 Esto es, la inversión pública tiene efectos positivos en el producto en el caso de que existe externalidades positivas o los retornos sociales son mayores que los privados (Fournier, 2016).

de la productividad y por tanto de la rentabilidad de la inversión privada y en un aumento del producto (Nadiri y Mamuneas, 1998). En cuarto lugar, se argumenta que el desarrollo de la infraestructura pública, en particular la infraestructura pública en transporte, amplía el tamaño del mercado y promueve las economías de escala y aglomeración (Ferland, 1999). Sin embargo, existe también sólida evidencia que muestra que, actualmente, la ampliación de algún tipo de infraestructura como vialidades tiene efectos positivos limitados debido a que también genera un conjunto de externalidades negativas como congestión y accidentes viales, ruido y costos de uso de la infraestructura vial, contaminación atmosférica en zonas urbanas y generación de gases de efecto invernadero que ocasionan el cambio climático, (Cnossen, 2005).

El análisis de los efectos de la inversión pública sobre el producto puede realizarse con base en la estimación de una función de producción<sup>5</sup>. Así, la estimación de la función de producción<sup>6</sup> (ecuación (1)) (Agénor, 2008, Ramírez y Nazmi, 2003) se hace con base en el procedimiento de cointegración de Johansen (1995) considerando que las variables incluidas contienen observaciones no estacionarias.

$$(1) y_t = \alpha + \beta k p_t + \gamma k g_t + \delta l n_t + u_t$$

5 Este debate sobre el impacto de la inversión pública en el producto contiene un importante componente empírico y donde este análisis puede hacerse a través de la función de producción donde se define al gasto productivo como aquel que se incluye en la función de producción (Barro, 1990, Crafts, 2009, Aschauer, 1989).

6 La especificación econométrica de la función de producción excluye el efecto del capital público a través de la productividad total de los factores (TFP) (Sturm y De Haan, 1995).

Donde  $y_t$  representa el producto,  $k p_t$  es el capital privado,  $k g_t$  es el capital público que incluye exclusivamente infraestructura pública,  $n_t$  es el empleo y  $u_t$  es el término de error. Las letras minúsculas representan el logaritmo natural de las series.

De este modo, la inversión pública tiene efectos positivos en el producto a través de contribuir a aumentar el capital público.

### 3. Evidencia internacional sobre los efectos de la inversión pública sobre el producto.

Existe una amplia literatura económica sobre los efectos de la inversión pública o del gasto público productivo, en particular en infraestructura y educación, sobre el producto en donde se observan resultados heterogéneos condicionados al tipo de inversión pública productiva y de las características y condiciones de las finanzas públicas (Cuadro 1). En efecto, por un lado, existe una amplia evidencia que muestra la presencia de efectos positivos de la inversión pública, a través del capital público, sobre el producto, aunque con impactos muy heterogéneos. Así, Aschauer (1989) estima, utilizando una función de producción para Estados Unidos, una elasticidad del producto al capital público de 0.35 y Duggal *et al.*, (1999) calculan, para Estados Unidos, una elasticidad del producto a la infraestructura de 0.27 y resultados similares se encuentran en Munnell y Cook (1990), Flores y Pereira (1993). Sin embargo, estudios posteriores estiman una elasticidad del producto al capital público positiva pero con un menor impacto (Munnell, 1990b y Holtz-Eakin, 1994). Por ejemplo, Shioji (2001) estima elasticidades entre 0.09 y 0.143 para Estados Unidos y entre 0.10 y 0.169 para Japón; Kamps (2006) y Afraz *et al.*, (2006) estiman elasticidades de 0.22 y

entre 0.1 y 0.2 para 22 países de la OCDE y los países de Unión Europea, respectivamente, Rubio y Sosvilla-Rivero (1993) estiman, para España, una elasticidad del producto con respecto a la infraestructura de 0.2; similar a la elasticidad estimada de 0.20 por Kamps (2005) para 15 países de la Unión Europea, de 0.22 para países de la OCDE aunque con una alta variabilidad por países, Picci (1999) de 0.18 para Italia, Kemmerling de 0.17 para Alemania, Stepahn (2001) y (2002) entre 0.01 y 0.11 y entre 0.08 y 0.10 por Cadot, Röller y Stephan (1999 y 2002). Estos efectos positivos también se observan en Bose, Haque y Osborn (2007), con una muestra de treinta países, Pinilla, Jiménez y Montero (2013) con una muestra de 17 países de América Latina, Bom y Ligthart (2014) con un meta-análisis, Gupta, *et al.*, (2011) con un efecto estimado en 0.15 para un panel de países de bajos ingresos y en las síntesis de la literatura de Straub, (2011); Romp y de Haan, (2007). Además, los estudios con modelos de vectores autorregresivos (VAR) confirman el efecto positivo del capital público sobre el producto, aunque con un impacto en el rango inferior de los estudios basados en la función de producción (Kamps, 2005). Asimismo, para infraestructura pública en áreas específicas<sup>7</sup> se observa que los efectos de la infraestructura del transporte sobre el producto indican elasticidades entre 0 y 0.21 (Nadiri y Mamuneas, 1994) o entre 0.04 y 0.05 (Nadiri *et al.*, (1998). Otras estimaciones muestran elasticidades de infraestructura vial a producto para Estados Unidos de 0.35 (Ferland, 1999) y de 0.15 y de 0.11 para la infraestructura de aeropuertos, Cohen *et al.*, (2004); de 0 y 0.027 y

una elasticidad del valor de la tierra con respecto a la infraestructura entre 0.11-0.22, Haughwot, (2002). Además, Ferrara y Marcelino (2000) y Bonaglia *et al.*, (2000) Bonaglia *et al.*, (2001), sugieren que la elasticidad del producto al capital público es mayor en las áreas menos desarrolladas de Italia, y Pereira y Roca (2003) encuentran el resultado opuesto para España. En este sentido, la evidencia sugiere que es altamente probable que la elasticidad del producto con respecto al capital público se ubique entre 0.10 y 0.20, Afraz, *et al.* (2006) y donde el efecto positivo de la infraestructura pública en transporte sobre el producto sea menor.

Por el otro lado, Warner (2014) estima que los efectos de la inversión pública sobre el producto son bajos o cero lo que es también argumentado por Gramlich (1994) con una revisión de la literatura. Además, García-Mila *et al.*, (1996) estiman una elasticidad que no es estadísticamente significativa y Evans y Karras (1994) estiman una elasticidad negativa entre el producto y el capital público.

La evidencia para México muestra también resultados heterogéneos. Por ejemplo, Ramírez (2004), Hernández (2011) y Noriega y Fontanela (2007) identifican un efecto positivo de la inversión pública o del gasto público sobre el crecimiento económico y Rodríguez, Díaz-Carreño *et al.* (2018) estiman efectos positivos del gasto público sobre el PIB estatal entre 0.13 y 0.29 y efectos estadísticamente no significativos de la infraestructura sobre el PIB de los estados; finalmente Fuentes y Mendoza (2003) encuentran que el capital público no incide sobre el producto por estados, Lachler y Aschauer (2008) encuentran evidencia del efecto desplazamiento de la inversión pública sobre la inversión privada y Venegas-Martínez

7 Morrison, *et al.*, (1994) estiman, con funciones de costos para los Estados Unidos, un impacto de la infraestructura pública a la productividad entre 0.19 y 0.62 dependiendo del estado.

y Lima (2013) sugieren una relación de causalidad del producto al gasto público bidireccional. Destaca además evidencia de que la política fiscal en México puede ser procíclica y anticíclica dependiendo del periodo y tipo de gasto Ramírez y López-Herrera (2019) Chávez, Rodríguez y Fonseca (2010) y Ramírez (2012) Celasun *et al.*, 2015.

La literatura económica argumenta, además, que existen variables de control relevantes que inciden en la magnitud del efecto de la

inversión pública sobre el producto; en particular, el tamaño del gobierno,<sup>8</sup> la magnitud del capital público<sup>9</sup> y la eficiencia institucional del gasto público muestran una correlación negativa con respecto a los efectos positivos de la inversión pública en el producto (Johansson, 2016, Bergh y Henrekson 2011, Fall y Fournier 2015), Fournier y Johansson, 2016) y Kelejian y Robinson (1997) muestran que los resultados son sensibles a la especificación o al método de estimación.

### Cuadro 1. *Elasticidades del producto*



8 Por ejemplo, Bergh y Henkerson (2011) identifican, con base en una muestra de artículos publicados en revistas con revisión académica, que la presencia de una relación negativa entre el tamaño del gobierno y el crecimiento económico y Devarajah, Swarooq y Zou (1996) indican que modificar la composición del gasto pública hacia capital público puede ser contraproducente en caso de que el gasto en capital ya sea elevado.

9 La evidencia muestra que los efectos de la inversión pública sobre el producto son más elevados a menores niveles de capital (Sutherland *et al.*, 2009).

con respecto a la inversión/capital  
público

Autor	País	Elasticidad
Afraz, <i>et al.</i> , (2006)	Unión europea	0.1-0.2
Aschauer (1989a)	Estados Unidos	0.35
Bonaglia <i>et al.</i> , (2001)	Italia	0.471
Cadot (1999 y 2004)	Alemania	0.08-0.10
Cohen <i>et al</i> (2004)	Estados Unidos	0.15
Díaz-Carreño <i>et al.</i> (2018)	México	0.13-0.29
Duggal <i>et al.</i> , (1999)	Estados Unidos	0.27
Evans y Karras (1994)	Estados Unidos	0.028
Ferland (1999)	Estados Unidos	0.4
Ferrara y Marcelino (2000)	Italia	-0.13 - 0.55
Flores y Pereira (1993)	Estados Unidos	0.15
García-Mila <i>et al.</i> , (1996)	Estados Unidos	0.6-0.37
Haughwot (2002)	Estados Unidos	0-0.027
Kamps (2004)	OCDE (22 países)	0.22
Kamps (2005)	Unión europea (15 países)	0.20
Kamps (2006)	Unión Europea (15 países)	0.22
Kemmerling y Stephan (2002)	Alemania	0.17
Mamuneas (1994)	Estados Unidos	0-0.21
Morrison, <i>et al.</i> , (1994)	Estados Unidos	0.19-0.62
Munnell y Cook (1990)	Estados Unidos	0.31-0.37
Nadiri <i>et al.</i> , (1998)	Estados Unidos	0.04-0.05
Pereira y Roca (2003)	España	-0.39 - 1.23
Picci (1999)	Italia	0.18
Rubio y Sosvilla-Rivero (1993)	España	0.2
Shioji (2001)	Estados Unidos	0.09-0.143
	Japón	0.10-0.169
Stephan (2001)	Alemania	0.01-0.11

Notas: elaboración propia.

#### 4. La evidencia para México

La base de datos utilizada corresponde al Producto Interno Bruto (PIB), la inversión privada proviene del Sistema de Cuentas Nacionales del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, y el nivel de empleo obtenido de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) y de Encuesta Nacional Empleo Urbano (ENEU) también del INEGI. La inversión pública se obtiene con información de las Cuentas de la Hacienda Pública Federal de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP); ello

considerando que la definición de inversión pública productiva es compleja ya que por ejemplo puede incluir gasto en educación o salud por lo que en este estudio sólo se incluye a la inversión en infraestructura pública (Warner, 2016). Las series de capital privado y público se construyen con base en la hipótesis de inventarios perpetuos, de acuerdo con el procedimiento utilizado por Banco Mundial (WB), la Comisión Europea y otros organismos internacionales<sup>10</sup> (Burns, *et al*, 2014). Los estadísticos básicos de las variables utilizadas se sintetizan en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Estadísticos básicos del PIB, capital privado y público, y empleo, 1980-2019.

Variable	N	Niveles (MDP)			
		Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
PIB	40	12,387,432	3,466,909	7,529,195	18,525,880
Capital privado	40	31,088,431	12,644,456	12,424,828	57,618,760
Capital público	40	9,340,026	3,423,382	3,921,205	14,999,125
Población ocupada (personas)	40	41,839,280	9,891,163	26,976,224	57,857,204
Variable	N	Primera diferencia (%)			
		Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
PIB	39	2.37	3.13	-6.50	8.91
Capital privado	39	3.90	1.13	0.25	7.43
Capital público	39	3.42	1.64	0.01	7.89
Población ocupada	389	1.90	2.51	-3.19	9.48

Fuente: a) Sistema de Cuentas Nacionales, b) Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) y Encuesta Nacional de Empleo Urbano (ENEU). INEGI.

<sup>10</sup> Véase apéndice.



Las pruebas de orden de integración de Dickey Fuller Aumentada (ADF) (1981), de Phillips Perron (PP) (1988) y de Kwiatkowski, Phillips, Schmidt y Shin (KPSS) (1992) de las series de PIB, capital privado, capital público y empleo, sintetizadas en el Cuadro 3, sugieren que todas estas variables son no estacionarias. Por ello, se utiliza el procedimiento de cointegración de Johansen<sup>11</sup> (1995) para estimar la función de producción.

La selección de los rezagos (2) del modelo VAR del vector  $X_t$  incluyendo al PIB, el capital privado, el capital público y el empleo se realizó con base en los criterios de especificación y de información de Akaike (AIC), Akaike (1974), de Schwarz (SC), Schwarz (1978) y de Hannan y-Quinn (HQ), Hannan y Quinn (1979) (Cuadro 4).

**Cuadro 3.** Estadísticos de las pruebas de raíces unitarias

Variable	ADF (4)			PP(4)			KPSS(6)	
	A	B	C	A	B	C	$\eta\mu$	$\eta\tau$
$y_t$	-2.662	-0.116	2.918	-2.765	-0.214	5.935	0.666	0.087
$\Delta y_t$	-3.934	-4.020	-1.338	-6.915	-6.936	-5.001	0.096	0.097
$kp_t$	-1.437	1.237	1.987	-3.546	-3.221	1.820	0.907	0.213
$\Delta kp_t$	-2.801	-3.042	-2.480	-3.823	-3.192	-2.310	0.407	0.106
$kg_t$	-0.148	-1.934	0.708	-2.612	-4.047	1.729	0.900	0.156
$\Delta kg_t$	-1.613	-2.491	-2.067	-3.613	-4.683	-4.424	0.354	0.130
$n_t$	-1.928	-0.939	2.791	-2.122	-0.746	4.852	0.658	0.121
$\Delta n_t$	-3.752	-3.718	-1.548	-5.513	-5.629	-4.258	0.111	0.078

Notas: los valores en negritas representan el rechazo de la hipótesis nula a 5%. Los valores críticos a 5% de significancia para la prueba Dickey-Fuller Aumentada y Phillips-Perron para una muestra de  $T = 100$  son -3.45, incluyendo constante y tendencia (modelo A), -2.89 incluyendo constante (modelo B) y -1.95 sin constante y tendencia (modelo C) (Maddala y Kim, 1998).  $\eta\mu$  y  $\eta\tau$  representan los estadísticos de la prueba KPSS donde la hipótesis nula considera que la serie es estacionaria en nivel o alrededor de una tendencia determinística, respectivamente. Los valores críticos a 5% de ambas pruebas son 0.463 y 0.146, respectivamente (Kwiatkowski et al., 1992). Las letras en minúsculas representan los valores en logaritmos naturales. Los valores entre paréntesis son el número de rezagos. Periodo 1980-2019.

11 La función de producción con un vector de cuatro variables (producto, empleo, capital privado y capital público) puede tener un máximo de tres vectores de cointegración (Kamps (2005). Esto es, las variables de producto, consumo e inversión, que tienen observaciones no estacionarias, pueden tener una tasa de crecimiento similar de modo que las razones de inversión a producto y de consumo a producto permanecen constantes por lo que estas variables son llevadas por una sola tendencia estocástica común (King *et al*, 1991). En caso de que existan cambios permanentes en la razón entre capital a producto se produce otra tendencia estocástica común y en el caso en que la tecnología sea un proceso no estacionario entonces es posible una tercera tendencia común (Crowder y Himarios, 1997).

### Cuadro 4. Estadísticos para la selección de los rezagos del modelo VAR.

Número de rezagos del VAR			Selección de rezagos del VAR <sup>d</sup>	Pruebas de especificación (p-valor) <sup>e</sup>		
AIC <sup>a</sup>	SC <sup>b</sup>	HQ <sup>c</sup>		Autocorrelación <sup>f</sup>	Heterocedasticidad <sup>g</sup>	Normalidad <sup>h</sup>
2	2	2	2	0.2854	0.2193	0.000

Notas: El rezago máximo considerando es 6. <sup>a</sup> Criterio de información de Akaike (Akaike (1974)). <sup>b</sup> Criterio de información de Schwarz (Schwarz (1978)). <sup>c</sup> Criterio de información de Hannan-Quinn (Hannan and Quinn (1979)). <sup>d</sup> El rezago del modelo VAR se elige con base en los criterios de información. <sup>e</sup> Las pruebas de especificación se hacen con base en los residuales obtenidos de la estimación del modelo VAR sin restricciones, los valores del p valor son reportados en el cuadro. \* Señala valores estadísticamente significativos a un nivel del 5%. <sup>f</sup> Prueba Multivariante de autocorrelación LM (Johansen (1995:22)) bajo la hipótesis de no autocorrelación parcial de orden h=1, el estadístico se distribuye de manera asintótica  $\chi^2$  con 16 grados de libertad. <sup>g</sup> Extensión multivariante de la prueba White (1980) de heterocedasticidad (Doornik (1996)) bajo la hipótesis nula de homocedasticidad en los residuales, el estadístico se distribuye de manera asintótica  $\chi^2$  con 27 grados de libertad. <sup>h</sup> Prueba de normalidad multivariante (Lütkepohl (1991:155–158)) bajo la hipótesis nula de que los residuales se distribuyen de manera normal, el estadístico se distribuye de manera asintótica  $\chi^2$  con 8 grados de libertad.

El procedimiento de Johansen (1995) indica que no se rechaza la hipótesis nula de que existe al menos un vector de cointegración que puede interpretarse como una función de producción (Cuadro 5).

### Cuadro 5. Estadísticos del procedimiento de Johansen (1995).

Orden del VAR	Estadísticos de prueba de la traza				Grado de cointegración <sup>a</sup>
	H0: r = 0	H0: r = 1	H0: r = 2	H0: r = 3	
2	74.99	29.92	12.34	1.12	2
Valor crítico <sup>b</sup>	47.85	29.68	15.41	3.76	

Notas: Periodo 1980-2019. El modelo VAR contiene intercepciones no restringidas y coeficientes de tendencia restringidos y es de orden p, donde p es el número entero reportado en el grado de cointegración. <sup>a</sup> La decisión de la prueba se basa en los valores críticos asintóticos informados en la fila inferior de la tabla. - <sup>b</sup> Los valores críticos asintóticos para un nivel de significación del 5% para el registro estadístico basado en la probabilidad de registro de Johansen se toman de MacKinnon et al. (1999). Solamente es posible identificar un vector de cointegración para el periodo de 1983-2019 con tres rezagos y sin considerar la variable de empleo.

Las estimaciones del vector de cointegración son consistentes con una función de producción e indican que el capital privado, el capital público y el empleo tienen efectos positivos en el producto (Cuadro 6). Los valores de los coeficientes sugieren un efecto agregado del capital público y privado significativo y donde el valor del coeficiente del capital público se ubica en el rango de las estimaciones de la literatura moderna y el efecto del capital privado es bajo, muy probablemente como consecuencia de que su impacto es capturado parcialmente por el capital público. En todo caso, el impacto, conjunto, del capital privado y público esta en orden de magnitud de la contribución del capital en las funciones de producción tradicionales.<sup>12</sup>

**Cuadro 6.** *Coefficientes del vector de cointegración estimados con el procedimiento de Johansen (1995)*

Variables	Coefficientes
Constante	3.431
Empleo	0.807
Capital privado	0.115
Capital público	0.212

Notas: Período 1980-2019. Fuente: Elaboración propia.

<sup>12</sup> El impacto de la inversión pública (infraestructura pública) es, además, consistente con la presencia de una relación inversa entre el tamaño del gobierno y el impacto de la inversión pública y la presencia de crecientes externalidades negativas, en particular, de la infraestructura para transporte que erosionan el impacto dinamizador (Johansson, 2016, Parry y Small, 2009, Hernández y Antón, 2014).

Estos resultados muestran que la inversión pública en infraestructura (capital público) tiene un efecto positivo sobre el producto en el largo plazo que, por tanto, es posible considerar su uso potencial para generar un gran impulso, en particular un impulso ambiental.

## V. Conclusiones y comentarios generales.

La evidencia presentada en este artículo muestra que la inversión pública, a través del capital público contribuye a un aumento del producto. En efecto, el capital público en infraestructura es complementario al capital privado en México. En este sentido, la inversión pública tiene, por el lado de la oferta, un efecto positivo sobre el producto a través de la provisión de bienes y servicios y la reducción de costos y, por el lado de la demanda, también contribuye a dinamizar el producto (Cuthbertson, 1979). Ello indica que la composición del gasto público entre gasto productivo y no productivo resulta relevante para identificar la magnitud de los efectos netos finales de la política fiscal sobre el producto y permite construir reglas fiscales sobre la composición y el financiamiento del gasto público productivo y no productivo (Fournier, 2016, Fall *et al.*, 2015).

De este modo, la ampliación del capital económico, del capital social, y del capital natural reflejado en un aumento en infraestructura en energía, transporte y movilidad, cuidados infantiles y para adultos mayores y para la preservación ambiental pueden contribuir al crecimiento económico y es consistente con el argumento de un gran impulso sustentable (Rostow, 1960).

Debe además de atenderse que la ampliación de la infraestructura pública provee y re-

duce los costos de los insumos públicos, pero debe de considerar la presencia de crecientes externalidades negativas referidas a la expansión de una infraestructura en transporte privado convencional. 🌐

## Bibliografía

Afraz, N., M. Aquilina, M. Conti, y A. Lilico (2006). Impact of transport infrastructure on economic growth. Annex 6 to Final report: Analysis of the contribution of transport policies to the competitiveness of the EU economy and comparison with the United States. Funded by European Commission-DG TREN. Karlsruhe, Germany.

Abala-Bertrand, J. M. (2004). Can the Composition of Capital Constrain Potential Output? A Gap Approach. Working Papers 510, Queen Mary University of London, School of Economics and Finance.

Akaike, H. (1974). A New Look at the Statistical Model Identification. *IEEE Transactions on Automatic Control* 19, 716–723.

Aschauer, D.A. (1989). Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, 23 (2), 177-200.

Baxter, M. y R. King (1993). Fiscal Policy in General Equilibrium. *American Economic Review*, American Economic Association, vol. 83(3), 315-334.

Bonaglia, F., E. La Ferrara y M. Marcellino (2001). Public Capital and Economic Performance: Evidence from Italy. IGIER Working Paper No. 163.

Boskin M. J., M. S. Robinson y A. M. Huber (1991). Government Saving, Capital Formation, and Wealth in the United States in Lipsey R. E. et Tice H. S. (Eds), *The Measurement of Saving, Investment, and Wealth*, Chicago, 287-353.

Bose, N., M. E. Haque y D. Osborn (2007). Public expenditure and economic growth: a disaggregated analysis for developing countries. *Manchester School*, vol. 75, issue 5, 533-556.

Burns, A., T.J. Van Rensburg, K. Dybczak y T. Bui (2014). Estimating potential output in developing countries, *Journal of Policy Modeling*, 36, pp. 700-716.

Cadot, O., L. H. Röller y A. Stephan (1999). A Political Economy Model of Infrastructure Allocation: An Empirical Assessment. CEPR Discussion Paper No. 2336.

Cadot, O., L.H. Röller, y A. Stephan (2002). Contribution to Productivity or Pork Barrel? The Two Faces of Infrastructure Investment. WZB Discussion Paper No. 02-09

Canning, D. y E. Bennathan (2007). The rate of return to transportation infrastructure, en *Transportation infrastructure, investment and economic productivity*, OCDE, European Conference of Ministers of Transport (ECMT).

Celasun, O., F. Grigoli, K. Honjo, J. Kapsoli, A. Klemm, B. Lissovlik, J. Luksic (2015). Política fiscal en América Latina: Lecciones y legados de la crisis financiera mundial. Washington, D. C.: Fondo Monetario Internacional.

Chávez, J. C., R. Rodríguez, y F. J. Fonseca (2010). Vacas gordas y vacas flacas: La Política Fiscal y el Balance Estructural en México, 1990-2009. *Estudios Económicos*, 25(2), 309-336.

Cohen, J.P. y C. J. Morrison (2004). Public infrastructure investment, interstate spatial spillovers, and manufacturing costs. *The Review of Economics and Statistics*, (86:2), 551–560.

Cnossen, S. (2005). *Theory and Practice of Excise Taxation: Smoking, Drinking, Gambling, Polluting, and Driving*. Oxford University Press.

Cuthbertson, K. (1979). *Macroeconomic Policy: The New Cambridge, Keynesian and Monetarist Controversies*. Palgrave, London.

Crafts, N. (2009). Transport infrastructure investment: implications for growth and productivity. *Oxford Review of Economic Policy*, Volume 25, Issue 3: 327–343.

Crowder, W. y D. Himarios (1997). Balanced growth and public capital: an empirical analysis. *Applied Economics*, 1997, vol. 29, issue 8, 1045-1053.

De Gregorio, J. (2007). *Macroeconomía. Teoría y Políticas*. Pearson. pp 769.

- Dharieswar, A. y Nehru, V. (1994). New Estimates Total Factor Productivity growth for Developing and Industrial Countries. The World Bank. International Economics Department. Working paper 1313.
- Dickey, D. A., y W. A. Fuller (1981). "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root", *Econometrica*, 49 (4), pp. 1057-1072.
- Díaz, C. M.A., R.P. Mejía, H. M. R Reyes y C. A. Desiderio (2018). Efectos del Gasto Público en el PIB en los Estados de México, 1999-2014. *Investigación Económica*, 77(305).
- Duggal V., C. Saltzman y L. Klein (1999). Infrastructure and Productivity: A Nonlinear Approach, *Journal of Econometrics*, 92, 47-74.
- Eddington, S. R. (2006). Transport's Role in Sustaining the UK's Productivity and Competitiveness.
- Evans, P y G. Karras (1994). Are Government Activities Productive? Evidence from a panel of US States. *The review of Economics and Statistics*, 76, 1-11.
- Egert, B., T. Kozluk y D. Sutherland (2009). Infrastructure investment: Links to growth and the role of public policies, OECD Economics Department Working Paper No. 686.
- Fernald, J. (1997). Roads to prosperity? Assessing the link between public capital and productivity. Board of Governors of the federal Reserve System.
- Fernald, J. (1999). Roads to prosperity? Assessing the link between public capital and productivity, *American Economic Review*, 89, 619-638.
- Ferrara, E. L. y M. Marcellino (2000). TFP, costs, and public infrastructure: An equivocal relationship. IGER Working Paper No. 176.
- Flores, R. y A. Pereira (1993). Public capital and economic growth in the United States. Is Public Capital Productive?, Discussion paper 93-31 San Diego: University of California.
- Fuentes, A. y E. Mendoza (2003). Infraestructura pública y convergencia regional en México, 1980-1998. *Comercio Exterior*, 53(2), 178-187.
- García-Milà T., T. McGuire y R. Porter (1996). The Effect of Public Capital in State-Level Production Functions Reconsidered, *Review of Economics and Statistics*, 78, 177-180.
- Hannan, E. J. y B. G. Quinn. (1979). Determination of the Order of an Autoregression. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 41, 190-195.
- Hamilton, J. D. (1994). *Time series analysis*. Princeton University Press, New Jersey.
- Haughwout, A.F. (2002). Public infrastructure investments, productivity and welfare in fixed geographic areas. *Journal of Public Economics*, (83), 405-428.
- Hernández, L. (2011). La relación gasto público-crecimiento en México, 1980-2009. *Paradigma Económico*, 3(2), 5-32.
- Hernández, F. y A. Antón (2014). El impuesto sobre las gasolinas: una aplicación para el Ecuador, El Salvador y México. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Holtz-Eakin, D. (1994). Public-Sector Capital and the Productivity Puzzle. *The Review of Economics and Statistics*, 1994, vol. 76, issue 1, 12-21
- Hulten, C.R. (2007). Transportation infrastructure, productivity and externalities, en *Transportation infrastructure, investment and economic productivity*, OCDE, European Conference of Ministers of Transport (ECMT)
- INEGI (2019) Sistema de Cuentas Nacionales. Banco de Información Económica (BIE). Disponible: <https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>
- INEGI (2019) Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE). Disponible: <https://www.inegi.org.mx/programas/enoe/15ymas/default.html>
- INEGI (2019) Encuesta Nacional de Empleo Urbano (ENEU). Disponible: <https://www.inegi.org.mx/programas/eneu/2004/default.html>
- Johansen, S. (1995). *Likelihood-Based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models*. Oxford: Oxford University Press.
- Kamps, C (2005). The dynamics effects of public capi-

- tal: VAR evidence for 22 OECD countries, *International Tax and public finance*, 12, 533-58.
- Kamps, C. (2005). Is there a lack of public capital in the European union? *EIB Papers*, 10(1), 73-93.
- Kamps, C. (2006). New estimates of government net capital stocks for 22 OECD countries, 1960-2001, *IMF Staff papers*, 53, 120-50.
- Keynes, J. M. (1936). *The General Theory of Employment, Interest and Money*. Palgrave Macmillan. United Kingdom.
- Kemmerling, A. y A. Stepahn (2002). The Contribution of Local Public Infrastructure to Private Productivity and its Political Economy: Evidence from a Panel of Large German Cities. *Public Choice*. Volume 113, Issue 3-4, 403-424
- Kwiatkowsky, D., P. B. C. Phillips, P. Schmidt, y Y. Shin (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), pp. 159-178.
- King, R.G., C.I. Plosser, S.H. Stock, y M.W. Watson (1991). Stochastic Trends and Economic Fluctuations, *American Economic Review*, 81, 819-840.
- Kelejian, H. y D. Robinson (1997). Infrastructure Productivity Estimation and its Underlying Econometric Specifications: A Sensitivity Analysis. *Regional Science*. Volume 76, Issue 1. 115-131.
- Krugman, P y A. J. Venables (1995). Globalization and inequality of Nations. *Quarterly Journal of Economics*. Vol. 110, 857-880.
- Morrison, C. y A. Schwartz. (1994). Distinguishing External from Internal Scale Effects: The case of Public Infrastructure. *The Journal of Productivity Analysis*, Vol. 5, 249-270.
- Morrison, C. y A. Schwartz (1996). State Infrastructure and Productive Performance. *The American Economic Review*. Vol. 86, No. 5, 1095-1112.
- Munnell, A. y L. Cook (1990). How does public infrastructure affect regional economic performance? *New England Economic Review*, 11-33.
- Munnell, A. (1990b). How does public infrastructure affect regional economic performance?. In *Is There a Shortfall in Public Capital Investment?*, Conference Series no. 34 Edited by: Munnell, A. H. 69-103. Federal Reserve Bank of Boston.
- Nadiri, M. y T. Mamuneas (1994). The Effects of Public Infrastructure and R&D Capital on the Cost Structure and Performance of U.S. Manufacturing Industries, *Review of Economics and Statistics*, 76 (1) (1994): 22-37, NBER Reprint no. 2138.
- Nadiri, M. y T. Mamuneas (1998). Contribution to Highway Capital to Output and Productivity Growth in the US Economy and Industries, mimeo, 1-103.
- Noriega, A. y M. Fontenla (2007). La infraestructura y el crecimiento económico en México. *El Trimestre Económico*, 74(296), 885-900.
- Parry, I.W.H. y K. A. Small (2009). Should Urban Transit Subsidies Be Reduced? *American economic review*. VOL. 99, NO. 3, 700-724.
- Pereira, A.M., y O. S. Roca (2003). Spillover effects of public capital formation: Evidence from the Spanish regions. *Journal of Urban Economics*, (53:2), 238-256.
- Phillips, P.C.B. (1995), Fully Modified Least Squares and Vector Autoregression, *Econometrica*, Vol. 63, No. 5, Septiembre, pp. 1023-1078.
- Phillips, P. C. B., y P. Perron (1988). Testing for Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika*, 75 (2), 335-346.
- Picci, L. (2009). The Internationalization of Inventive Activity: A Gravity Model Using Patent Data. *MPRA Paper 18467*, University Library of Munich, Germany.
- Pinilla R. D. E., A., J. D. Jiménez y G. R. Montero (2013). Gasto público y crecimiento económico. Un estudio empírico para América Latina. *Cuadernos de Economía*, 32(59), XX-XX.
- Sturm, J. y De Haan, J. (1995). Is public expenditure really productive?: New evidence for the USA and The Netherlands. *Economic Modelling*, 1995, vol. 12, issue 1, 60-72

- Schwarz, G. (1978). Estimating the Dimension of a Model. *Annals of Statistics* 6, 461–464.
- Sims, C.A. (1980). Macroeconomics and Reality. *Econometrica* 48 (1): 1-48.
- Stephan, A. (2001). Regional Infrastructure Policy and its Impact on Productivity: A Comparison of Germany and France. CIG Working Papers FS IV 01-02, Wissenschaftszentrum Berlin (WZB), Research Unit: Competition and Innovation (CIG).
- Shioji, E., (2001). Public Capital and Economic Growth: A convergence Approach,” *Journal of Economic Growth*, (6), 205–227.
- Strum, J., J. Jacobs y P. Groote (1998). Output effects of infrastructure investment in the Netherlands, 1853–1913. *Journal of Macroeconomics*. Volume 21, Issue 2, 355-380.
- Ramírez, M. (2004). Is Public Infrastructure Investment Productive in the Mexican Case? A Vector Error Correction Analysis. *Journal of International Trade and Economic Development*, 13(2), pp. 159-78.
- Ramírez, E. (2012). La necesidad de una política fiscal contracíclica: un estudio para México. *Análisis Estratégico para el Desarrollo*, 4, 105-131.
- Ramírez, C. E y F. López-Herrera (2019). El gasto público en México y su postura fiscal procíclica (1980-2016). *El Trimestre Económico*, vol. LXXXVI (2), núm. 342, abril-junio de 2019, pp. 405-435
- Rodríguez, B. D., F. Venegas-Martínez y V. Lima, (2013). La ley de Wagner Versus la Hipótesis Keynesiana: el caso de México, 1950-2009. *Investigación Económica*, Vol. LXXII, núm. 283, pp. 69-98.
- Romp, W.E. y J. De Haan (2005). Public Capital and Economic Growth: A Critical Survey. *EIB Papers*, 10, 41-70.
- Rubio, O. y S. Sosvilla-Rivero (1993). Does public capital affect private sector performance?: An analysis of the Spanish case, 1964-1988, *Economic Modelling*, 1993, vol. 10, issue 3, 179-185.
- Runkle, D. E. (1987) Vector Autoregressions and Reality. *Journal of Business & Economic Statistics*. Vol. 5, No. 4 (Oct., 1987), 437-442.

### Apéndice:

Estimación de la variable de capital (Burns, *et al*, 2014):

La estimación de la variable de capital se realiza con base en la ecuación:

$$(1.a) K_{t+1} = K_t + I_t - D_t$$

Donde  $K_t$  representa el capital,  $I_t$  es la inversión y  $D_t$  corresponde al capital depreciado. De este modo, bajo el supuesto de una depreciación geométrica donde la tasa de depreciación es constante entonces la ecuación (1.a) puede representarse como:

$$(2.a) K_{t+1} = (1 - \delta) K_t + I_t$$

Donde  $\delta$  representa la tasa de depreciación.

Substituyendo repetidamente en la ecuación (6) se obtiene que el stock de capital en el periodo  $t+1$  es una suma ponderada de las inversiones pasadas con pesos ponderados.

$$(3.a) K_{t+1} = \sum_{i=0}^{\infty} (1 - \delta)^i I_{t-i}$$

La ecuación (3.a) no puede estimarse ya que no se dispone de información infinita de la inversión por lo que se reemplaza por la ecuación (4.a):

$$(4.a) \quad K_{t+1} = (1 - \delta)^t K_1 + \sum_{i=0}^{\infty} (1 - \delta)^i I_{t-i} \quad (8)$$

Donde  $K_1$  representa el capital al inicio del periodo  $t$ .

La estimación aproximada del capital  $K_1$  se realiza, en primer lugar, calculando, una relación de capital a producto que posteriormen-

te se multiplica por el PIB del periodo inicial para obtener el capital para ese mismo periodo (Dharieswar y Nehru, 1994). La serie de capital preliminar se construye utilizando una tasa de depreciación del 2.5% y considerando un periodo de 25 años con base en la ecuación (4.a). El capital del año inicial se obtiene con el capital actual estimado dividido por el PIB actual, con base en una serie de 25 años, que se multiplica por el PIB del año inicial (ecuación (5.a)) (Burns, *et al.*, 2014).

$$(5.a) \quad K_0 = PIB_0 * \frac{K_{25}}{PIB_{25}}$$