

RELACIÓN DINÁMICA ENTRE EL DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA Y EL CRECIMIENTO ECONÓMICO EN EL LARGO PLAZO EN COSTA RICA, 1983 – 2017

DYNAMIC RELATIONSHIP BETWEEN INFRASTRUCTURE
DEVELOPMENT AND LONG-TERM ECONOMIC GROWTH IN COSTA
RICA, 1983 – 2017

RELAÇÃO DINÂMICA ENTRE O DESENVOLVIMENTO DA
INFRAESTRUTURA E O CRESCIMENTO ECONÔMICO EM LONGO
PRAZO NA COSTA RICA, 1983 – 2017

Camilo Santa Cruz Camacho¹

Resumen

El desarrollo de infraestructura representa una condición de primer orden en la aceleración del crecimiento económico a través de distintos canales que potencian la productividad de los demás factores de producción, que forman parte de los procesos de generación de bienes y servicios en una economía. En el siguiente estudio se pretende constatar, a través de un modelo econométrico dinámico de rezagos distribuidos, la incidencia que tiene la creación de esta, medida en unidades reales, sobre el nivel de producto de la economía costarricense para el período 1983-2017. Los hallazgos encontrados son congruentes con la importancia que se la ha dado a la infraestructura como motor dinamizador de la economía y resultan reveladores para entender los efectos retardados, en el tiempo, del desarrollo efectivo de capital físico sobre el crecimiento, al tiempo que salen a la luz otras líneas investigativas como la relación entre los tipos de infraestructura de muy corto, corto, mediano y largo plazo, y el capital físico, el crecimiento y la productividad.

Palabras clave: Capital, productividad, efectos dinámicos, rezagos distribuidos, corto plazo, formación bruta de capital fijo (FBKF).

Doi: <https://doi.org/10.15359/ey.27-61.2>

Recibido: 14-04-2021. Reenvíos: 3-08-2021, 18-08-2021, 15-02-2022. Aceptado: 11-04-2022. Publicado: 01-06-2022.

1 Economista, estudiante de maestría en Econometría en la "Technische Universität de Dortmund", Dortmund, Alemania. Correo electrónico: camilocr710@outlook.es, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9812-6223>



Abstract

The development of infrastructure represents a first order condition in the acceleration of the economic growth, through different areas that improve productivity and other production factors that compose the generation processes of goods and services in an economy. In the next study, it is intended to verify, with a dynamic model of distributed lags, the impact of the creation of infrastructure over the product level of the Costa Rica economy for the 1983-2017 period. The findings agree with the importance given to the infrastructure as a driving force of the economy; results also help to understand the dynamic delayed effects that infrastructure has on the economic growth. Other research areas such as the influence of infrastructure types of short-term, and long-term on the physical capital, productivity, and economic growth, come out from this research.

Keywords: capital, productivity, dynamic effects, distributed lags, short run, Gross Fixed Capital Formation (GFCF)

Resumo

O desenvolvimento da infra-estrutura representa uma condição de primeira ordem para a aceleração do crescimento econômico através de diferentes canais que aumentam a produtividade dos outros fatores de produção, que são parte dos processos de geração de bens e serviços em uma economia. O estudo seguinte visa verificar, através de um modelo econométrico dinâmico de defasamentos distribuídos, a incidência da criação deste, medido em unidades reais, no nível de produção da economia costarricense para o período 1983-2017; Os resultados são congruentes com a importância dada à infra-estrutura como motor dinâmico da economia e são reveladores para a compreensão dos efeitos desfasados do desenvolvimento efetivo do capital físico sobre o crescimento, enquanto outras linhas de pesquisa vêm à tona, como a relação entre os tipos de infra-estrutura de muito curto, curto, médio e longo prazo e o capital físico, crescimento e produtividade.

Palavras-chave: capital, produtividade, efeitos dinâmicos, defasagens distribuídas, curto prazo, Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF).

1. Introducción

La creación de infraestructura física económica resulta un determinante clave de la dinámica productiva. Bien es reconocida en la literatura tanto a nivel teórico-lógico como empírico, su rol como motor acelerador de la economía; un desarrollo efectivo de esta se manifiesta en incrementos de la productividad en las empresas, disminución de costos, conectividad de regiones y creación de empleo, por mencionar algunos de los aspectos esenciales en los que la formación de capital físico contribuye al crecimiento.



Véase, por ejemplo: CEBR (2016); Hallegate *et al.* (2019); Timilsina *et al.* (2020); Sánchez *et al.* (2017), Rozas y Sánchez (2004); Palei (2015); Égert *et al.* (2009).

Sin embargo, el efecto e influencia de esta sobre algunos indicadores económicos clave puede ser retardado, en la medida en que la creación efectiva de capital físico productivo puede tardar un tiempo prudencial en manifestarse en un incremento del nivel de producto. Dicha lógica, aunque parece ser razonable e intuitiva, ha sido poco explorada tanto a nivel internacional como nacional y ello es lo que se pretende con el siguiente artículo de investigación, constatar la incidencia que tiene el desarrollo de infraestructura sobre el nivel de producto de la economía costarricense en el largo plazo, para el período comprendido entre 1983-2017.

En primera instancia se exponen los aspectos teóricos que reconocen la infraestructura como determinante y variable asociada con el crecimiento y la productividad sistémica de las economías, de igual forma se mencionan los factores teóricos que sustentan la existencia de efectos rezagados entre diferentes magnitudes económicas que presentan correspondencia, así como los principales modelos de rezagos dinámicos construidos a lo largo del abordaje de la teoría económica.

A continuación, se mencionan algunos estudios que identifican evidencia empírica sólida de la incidencia que tiene la infraestructura sobre algún indicador de desempeño de las economías. En un tercer momento, se expone la metodología empleada, que consiste en la aplicación de MCO de rezagos distribuidos, ello con el propósito de corroborar si existe un efecto lineal de la creación de infraestructura sobre el nivel de producción para la economía costarricense en el período 1983-2017, si este es retardado y cuánto tiempo tarda la creación de infraestructura en traducirse o contribuir con el crecimiento económico.

Para finalizar, se brindan las pruebas estadísticas que dan soporte econométrico al modelo propuesto y, con este, los hallazgos encontrados, que evidencian la importancia de la infraestructura en la delimitación de la tasa de crecimiento futura de la economía, así como las conclusiones, recomendaciones e incógnitas que se extraen del siguiente trabajo tanto en lo a nivel empírico como en el carácter metodológico.

2. Marco teórico

2.1 Infraestructura en el crecimiento

La creación de infraestructura ha sido históricamente reconocida por distintas autoridades y escuelas como un motor del crecimiento económico en el estudio de los fenómenos económicos. De acuerdo con el CEBR (2016), la creación efectiva de capital físico de distinta índole incrementa el nivel de productividad de las economías, como el caso de la infraestructura de transporte que facilita la movilización de la fuerza laboral y de mercancías o el de la infraestructura de telecomunicaciones que facilita un flujo acelerado de la información.

Timilsina *et al.* (2020), por ejemplo, sugieren un vínculo importante entre esta y el crecimiento económico, especialmente para el caso de países en vías de desarrollo en los que el bajo desarrollo efectivo de capital físico supone un cuello de botella hacia una senda de mayor progreso económico. Hallegate *et al.* (2019), por otro lado, orientan su visión desde la perspectiva de las consecuencias que tiene un bajo nivel de desarrollo y calidad de la infraestructura en la economía; sugieren que un inadecuado abastecimiento de infraestructura se traduce en pérdida de competitividad en el mercado internacional, incapacidad de desarrollar bienes y servicios, menores niveles de innovación y una economía intensiva en fuerza laboral. De manera complementaria, los estudios de Sánchez *et al.* (2017) y Rozas y Sánchez (2004) aportan una base teórica importante que permite sintetizar el rol clave que ocupa la infraestructura como motor acelerador de la economía, a través de distintos canales que esta ejerce sobre la dinámica económica.

Se identifican 4 aspectos en los que la creación de capital físico incide sobre el desarrollo económico: la estructura de costos de las unidades productivas, la productividad de los factores, la conectividad y accesibilidad territorial y el bienestar de la población. El desarrollo de infraestructura constituye, asimismo, según los autores, una condición de primer orden para la modernización de las estructuras productivas, la concreción de la innovación en los procesos y el alcance de los mayores niveles de eficiencia y competitividad. Resulta clave enfatizar en el papel de esta como mecanismo articulador de la economía interna con los mercados internacionales en la materialización de transacciones y flujos de comercio, también en la facilitación en el acceso a servicios y la consecuente reducción en los costos y los incrementos en la productividad. De ahí que los autores también mencionen la importancia que cobra una infraestructura de calidad de manera esencial en los países que han adoptado un esquema de desarrollo hacia afuera, tal como Costa Rica.

Esquivel-Monge y Loaiza-Marín (2018), de forma complementaria a lo expuesto, mencionan la importancia de la inversión en infraestructura de manera directa vía el aumento en la demanda agregada y de manera indirecta a través del incremento en la productividad de las empresas, la reducción en los costos, la mejora en el acceso a territorios productivos o la disminución de tiempos muertos en los procesos. Es decir, existen posturas coincidentes entre autores para pensar que el desarrollo de infraestructura incide sobre el crecimiento, interactúa con algunas de las variables que lo determinan como la agilización de procesos y los consecuentes aumentos en la productividad y la reducción de costos. Asimismo, con la articulación con la economía exterior, las cadenas globales de valor y la atracción de inversión extranjera. También dentro de dichas funciones se intuye que el efecto de la creación de infraestructura sobre la producción global puede manifestarse de manera retardada.

Rozas y Sánchez (2004) y Sánchez *et al.* (2017) también destacan que el grado de incidencia que puedan tener las inversiones en infraestructura dependerá de la efectiva articulación de la creación de esta con otros elementos que forman parte de los procesos productivos tales como el capital humano, la tecnología, el financiamiento o los recursos naturales, entre otros. Ello coincide con la lógica evidenciada en aportes más recientes como el estudio de la fundación BBVA sobre la globalización, la relocalización productiva



y el crecimiento; Alcalá-Agulló y Solaz-Alamá (2020), en este trabajo, detectan que el capital físico acompaña el crecimiento, pero no resulta clave para explicar el desarrollo económico de manera individual; es decir, para que el capital físico presente rendimientos significativos se precisa de un acompañamiento estratégico de otros factores productivos.

Los aportes citados anteriormente se tornan claves para comprender que, si bien la infraestructura es importante para explicar el crecimiento, la sola creación de esta no se traduce en crecimiento, las medidas de desarrollo de capital físico precisan de ser acompañadas de otras políticas de desarrollo productivo, como lo puede ser la formación de capital humano y políticas de competitividad en general. Dentro del marco de las contribuciones citadas es lógico afirmar que el desarrollo de infraestructura viene acompañado de mejoras en la productividad y el abaratamiento de costos, por ejemplo, en el transporte de mercancías, en la conexión de personas a los mercados laborales y la subsecuente creación efectiva de empleo. También, como se sugiere en el presente trabajo, dichos procesos que se manifiestan en mejoras en la productividad, reducción de costos, creación efectiva de empleo y articulación con la economía exterior no son instantáneos, de ahí la importancia de constatar la magnitud dinámica, la influencia de la creación de infraestructura y su grado de asociación con el crecimiento económico a lo largo del tiempo.

2.2 Variables rezagadas en la economía

Existen diversas razones por las que la respuesta de una variable dependiente con respecto a otra explicativa no es instantánea. Es decir, aunque exista una relación real entre magnitudes económicas, empresariales o sociales en general, dicho efecto puede producirse de una manera retardada (Baltagi, 2008; Gujarati, 2010; Rosales-Álvarez *et al.*, 2009; Tong *et al.*, 2011). La reconoce este fenómeno y dicha condición puede deberse a razones de distinta índole como las psicológicas, tecnológicas o institucionales.

Los hábitos de consumo y de vivir en general pueden ser constantes en el muy corto plazo y modificarse paulatinamente en la medida en que se presenten variaciones, por ejemplo, en el ingreso o en los precios de los bienes de consumo. Las razones institucionales definen las conocidas rigideces que se presentan en los mercados, por ejemplo, a través de contratos o distintos arreglos, que condicionan un ajuste inmediato de variables económicas como se supondría de manera lógica en una economía sin fricciones (i.e. los salarios o el precio de los insumos ya encargados). De igual manera, los gastos en I+D por parte de distintas firmas, el tiempo en el que tardan en manifestarse en incremento sobre el nivel de productividad y rendimiento en el mercado cabe dentro de la lógica de los rezagos (Gujarati, 2010).

También están los determinantes tecnológicos; por ejemplo, la implementación de nueva maquinaria en las empresas o cursos de capacitación a los colaboradores puede tardar un tiempo prudencial en traducirse en un incremento en la productividad, debido a los procesos de adaptación de la tecnología por parte de los trabajadores y la curva de aprendizaje de estos; una carretera nueva puede generar empleos de manera retardada en la medida que con el tiempo se establecen comercios como restaurantes,



estratégicamente a sus costados o conectan una región con otra. Y esta es precisamente la razón por la que se intuye que el desarrollo de infraestructura y su consecuente efecto sobre el crecimiento del producto puede no producirse de inmediato.

Dentro de los modelos de rezagos reconocidos se encuentran trabajos pioneros como el de Koyck (1954) que asume un signo de igual dirección de las variables explicativas sobre la dependiente y una reducción geométrica de los coeficientes de la siguiente forma: $B_0 \lambda^k$, donde λ se encuentra entre 0 y 1, $1-\lambda$ es la velocidad de ajuste del modelo. Básicamente lo que propone el modelo es que a medida que se remonta al pasado el efecto del rezago disminuye sobre la variable dependiente, lo cual es un supuesto razonable, pero como se corroborará no aplica para la propuesta del modelo del presente trabajo, tanto por longitud de la serie como porque dicha lógica parece presentarse a la inversa para el caso de la infraestructura y su incidencia sobre el crecimiento.

De igual forma se reconoce el método de Almon (1965), que propone una forma polinómica para los coeficientes, ya sea cuadrática o cúbica. Dicha lógica parece ser atractiva para explicar los efectos de la infraestructura sobre el PIB, pero como se va a abordar más adelante, se trabajará con variables construidas que capturan el capital de infraestructura productiva creado en el pasado que está siendo aprovechado en el presente. Lo importante de tener en cuenta estos aportes teóricos, en todo caso, es el reconocimiento del efecto retardado de ciertas magnitudes sobre otras variables en el tiempo.

2.3 Impacto de la infraestructura en el crecimiento

Las menciones teóricas de la influencia o al menos correspondencia entre la infraestructura y algún indicador de desempeño económico no solo gozan de un respaldo teórico sino también tiene un fundamento empírico. Existe una gran cantidad de trabajos que documentan la relación entre infraestructura y alguna variable de actividad económica, estas presentan un consenso casi generalizado en su dirección más no en su magnitud.

Además de ello, también se presentan problemas metodológicos asociados con la medición de la infraestructura sobre el crecimiento económico, como en el caso de la endogeneidad, (Sánchez *et al.*, 2017), es decir, si la infraestructura genera el crecimiento o el crecimiento impulsa al desarrollo de infraestructura. El modelo propuesto en este artículo, como se expone más adelante, resuelve parcialmente dicha problemática porque se utiliza el stock de infraestructura creada en períodos anteriores para explicar el crecimiento económico presente.

Distintos estudios identifican una relación positiva y significativa entre el desarrollo de infraestructura y algún indicador de desempeño económico, a continuación se mencionan algunos: Calderón y Servén (2002), en un estudio sobre la brecha en infraestructura para países latinoamericanos, estiman una elasticidad de 0,36%, mientras que Esquivel-Monge y Loaiza-Marín (2018), en un estudio global con datos de panel, estiman que la elasticidad de la inversión en infraestructura por trabajador con respecto al producto por trabajador fluctúa entre 0,23% y 0,29%.



En un estudio de crecimiento de largo plazo, Abarca y Ramírez (2016) identifican la importancia que tiene el capital físico en el crecimiento económico de Costa Rica, la elasticidad determinada del capital con respecto al crecimiento es del 47,7% para el período 1986-1998 y de 47,26% para el período comprendido entre 1998-2014, a pesar de que dicha cuenta es más amplia que la sola creación de infraestructura física, pues esta contempla bienes de maquinaria y otros rubros, es importante considerarla pues ambas, se intuye, van de la mano. Por ejemplo, la implementación de nueva maquinaria en empresas requiere de extensiones de las plantas productivas manifestada en una ampliación en metros cuadrados de estas, por lo que es posible que la dinámica que puede capturar puede ser similar y queda como una futura línea de investigación constatarlo.

En los estudios de Rozas y Sánchez (2004) y Sánchez *et al.* (2017) se menciona una gran cantidad de trabajos en los que las elasticidades fluctúan sobre un rango muy amplio entre 0,06% y 0,68%. No obstante, como se argumenta en el estudio, dicha disparidad puede deberse a diferencias de tamaño, nivel de desarrollo entre las regiones consideradas, calidad y cantidad de la infraestructura. Para el caso de la identificación de una influencia dinámica de la infraestructura sobre el crecimiento económico, se encuentra el trabajo de Barzin *et al.* (2018) que estima una elasticidad rezagada de orden 1 con un valor que fluctúa entre 0,13 y 0,15, no obstante, este estudio incorpora únicamente infraestructura vial.

Del estudio de Barzin *et al.* (2018) se destaca la lógica de que la infraestructura puede tardar un tiempo prudencial en contribuir con el crecimiento económico, condición que fortalece la propuesta del presente artículo. En todo caso, en ningún estudio para Costa Rica se encuentra la inclusión del efecto retardado que presenta la infraestructura sobre el crecimiento y este, se considera el gran aporte del presente estudio que puede dar para nuevas líneas de investigación.

3. Metodología

3.1 Datos

Los datos recolectados provienen de fuentes primarias de información. Los correspondientes a las construcciones generadas corresponden a las estadísticas de la construcción de la unidad de estadísticas económicas, elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Al iniciar con el presente estudio no se contaba con los datos de infraestructura creada para el período 2018, 2019 ni 2020, por lo que se trabaja con el período de tiempo 1983-2017 que constituye un período que podemos caracterizar como de largo plazo y que se ubica dentro de la transición del modelo de sustitución de importaciones hacia uno vinculado al comercio exterior.

Asimismo, los datos correspondientes al nivel de empleo son recopilados del INEC provenientes de la base de datos Poblaciones totales y tasas EHPM-ECE 1987-2017. Dicha serie engloba para el período 1987-2010 la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples (EHPM) y los promedios trimestrales de la Encuesta Continua de Empleo (ECE) para el período 2010-2017. Los datos del PIB real con base 2012 y de la cuota del sector



construcción en el PIB son tomados de la sección de indicadores del Banco Central de Costa Rica. Para el proceso de desarrollo del presente trabajo aún no se contaba con el PIB en base 2017.

Para la construcción de la variable de infraestructura productiva se procede a unificar las series que transitan del año 1983-2005 con la del 2006-2013 y las correspondientes a 2014, 2015, 2016 y 2017. Al trabajar con la unidad en términos reales no monetarios, fundamental de la construcción, el metro cuadrado (M^2), dicha unificación es posible.

Al área total de construcción generada se procede a restarle aquella correspondiente a infraestructura residencial, con el propósito de que los metros cuadrados construidos reflejen una medida proxy del nuevo capital de infraestructura productiva desarrollada. No obstante, no se descarta que usar la medida global de área construida también arroje significancia sobre el crecimiento del producto, en la medida en que la construcción residencial también tiene un efecto sobre la demanda agregada o la dinamización de mercados, por ejemplo, en el acceso a mercados de consumo, tal como lo sugieren los aportes teóricos citados anteriormente.

De esta forma: Proxy infraestructura productiva = $M^2 - M_{vivienda}^2$. No se contempla ningún método de depreciación en la medida que en la contabilización de dichas cuentas tampoco se resta la correspondiente a reparaciones y ampliaciones, que son a su vez una medida proxy de la recuperación del acervo de capital físico desgastado en el tiempo.

Por ende, para las series que comprenden el período 1983-2005 y 2006-2013 se tiene que:

$$\sum M^2_t = \sum Construcciones_t + \sum ampliaciones_t + \sum reparaciones_t - \sum M_{vivienda}^2_t$$

Para las series comprendidas entre 2014 y 2017:

$$\sum M^2_t = \sum Construcciones_t + \sum ampliaciones_t - \sum M_{vivienda}^2_t$$

3.2 Modelo planteado

Una vez diseñada la variable de infraestructura física productiva se propone la siguiente transformación de las variables con el propósito de que se capture la incidencia retardada de la creación de infraestructura productiva sobre el crecimiento del producto sin perder grados de libertad:

$$PIB = \beta_0 + \beta_1\left(\frac{K}{L}\right) + \beta_2\left(\frac{K(-1)}{L}\right) + \dots + \beta_7\left(\frac{K(-8)}{L}\right)$$



Con $L = \text{Empleo}$

$$K = M^2 - M^2_{\text{vivienda}}$$

El modelo propuesto contempla la infraestructura productiva por persona trabajadora desarrollada en el período presente, la razón de infraestructura productiva desarrollada en el período anterior entre la cantidad de trabajadores actuales y así hasta un máximo de 8 períodos de rezago. Se opta por trabajar con la variable en términos per empleado, en la medida que la infraestructura y el nivel empleo presentan un grado de correspondencia muy elevado y, por ende, posibles problemáticas de multicolinealidad en el modelo.

Esta relación propuesta, poco explorada en los estudios empíricos, tiene un gran sentido económico, ya que denota la ampliación de la escala productiva de la economía que fue construida en períodos anteriores y está siendo utilizada o aprovechada hoy en día por fuerza de trabajo productiva. Con esta propuesta es posible incluir hasta 8 períodos de rezago, ya que la serie más antigua con la que se cuenta es de 1983 y la contabilización del PIB real con base 2012 data del período 1991.

De esta manera se procede a verificar el grado de incidencia que tiene, en el crecimiento, la infraestructura productiva creada en períodos anteriores y que está siendo utilizada por fuerza de trabajo en el presente. Se utiliza el método de eliminación iterativa, el cual consiste en ir eliminando de manera paulatina aquellas variables que presentan el menor T-estadístico.

Se procede a realizar la transformación logarítmica con el objetivo de estimar las elasticidades de razón: $\frac{\text{Infraestructura}}{\text{Empleo}}$ a PIB real.

$$\log(\text{PIB}) = \beta_0 + \beta_1 \log\left(\frac{M^2}{L}\right) + \beta_2 \log\left(\frac{M^2(-1)}{L}\right) + \dots + \beta_7 \log\left(\frac{M^2(-8)}{L}\right).$$

De esta forma se tiene que:

$$\frac{\partial \text{PIB}}{\text{PIB}} = \beta_1 \frac{\partial \frac{M^2}{L}}{\frac{M^2}{L}} + \dots + \beta_7 \frac{\partial \left(\frac{M^2(-8)}{L}\right)}{\frac{M^2(-8)}{L}}$$

Y, por ende:

$$\frac{\frac{\partial \text{PIB}}{\text{PIB}}}{\frac{M^2(t)}{L}} = \beta_i.$$

A partir del modelo planteado se efectúa una eliminación iterativa en la que se va quitando gradualmente los coeficientes con menos significancia estadística.

$PIB = f\left(\frac{M^2_t}{L}\right) +$. Es decir, se espera una relación positiva entre las razones infraestructura por trabajador y crecimiento económico.

PIB = Producto Interno Bruto real

$\frac{M^2_t}{L}$ = Metros cuadrados por trabajador = K

T: denota el período de tiempo en el que fue desarrollada la infraestructura: [1,8].

$$\log(PIB) = \beta_0 + \beta_1 \log\left(\frac{M^2}{L}\right) + \beta_2 \log\left(\frac{M^2(-1)}{L}\right) + \beta_3 \log\left(\frac{M^2(-2)}{L}\right) + \beta_4 \log\left(\frac{M^2(-3)}{L}\right) + \beta_5 \log\left(\frac{M^2(-4)}{L}\right) + \beta_6 \log\left(\frac{M^2(-5)}{L}\right) + \beta_7 \log\left(\frac{M^2(-6)}{L}\right) + \beta_8 \log\left(\frac{M^2(-7)}{L}\right) + \beta_8 \log\left(\frac{M^2(-8)}{L}\right)$$

4. Resultados

Como puede observarse en la Tabla 1, las elasticidades estimadas siguen un interesante patrón geométrico. El intercepto, el cual captura todas aquellas fuerzas que explican el crecimiento económico más allá de la infraestructura por trabajador resulta significativo, a partir de allí son significativas la elasticidad instantánea y las elasticidades correspondientes a las infraestructuras desarrolladas hace 4,6 y 8 períodos atrás. Mediante el proceso aclarado en la metodología se observa que también la elasticidad de la infraestructura creada hace dos períodos arroja significancia.

Tabla 1

Relación infraestructura física productiva por empleado y crecimiento, modelo con 8 rezagos

Coefficiente	estimado	SD	t-estadístico	p-value
Intercepto	17.9	0.09	184	2e-16
Log (K per_trabajador)	0.24	0.10	2.4	0.02652
Log (K per_trabajador1)	0.08	0.11	0.7	0.49167
Log (K per_trabajador2)	0.13	0.12	1.12	0.27826
Log (K per_trabajador3)	0.038	0.12	0.31	0.75651
Log (K per_trabajador4)	0.24	0.11	2.04	0.05662
Log (K per_trabajador5)	0.08	0.11	0.68	0.50038
Log (K per_trabajador6)	0.26	0.11	2.46	0.02441
Log (K per_trabajador7)	0.08	0.11	0.74	0.46876
Log (K per_trabajador8)	0.34	0.09	3.56	0.00239

Nota: Elaboración propia (2020).



4.1 Coeficientes significativos

$$\log(PIB) = \beta_0 + \beta_1 \log\left(\frac{M^2}{L}\right) + \beta_3 \log\left(\frac{M^2(-2)}{L}\right) + \beta_5 \log\left(\frac{M^2(-4)}{L}\right) + \beta_7 \log\left(\frac{M^2(-6)}{L}\right) + \beta_8 \log\left(\frac{M^2(-8)}{L}\right)$$

$$\log(PIB) = 18 + 0.28 \log\left(\frac{M^2}{L}\right) + 0.20 \log\left(\frac{M^2(-2)}{L}\right) + 0.29 \log\left(\frac{M^2(-4)}{L}\right) + 0.36 \log\left(\frac{M^2(-6)}{L}\right) + 0.39 \log\left(\frac{M^2(-8)}{L}\right)$$

Una variación de un 1 % en la infraestructura por trabajador en el período presente se traduce en un incremento del 0,28% en el PIB. Es decir, se identifica una incidencia $\frac{M^2}{Empleo}$

instantánea de un 0,28 % de la razón *Empleo* al producto interno bruto. Una variación de un 1 % en la infraestructura por empleado creado hace 2 períodos se manifiesta en un incremento del nivel de producción en un 0,19 %. Una variación de un 1 % en el capital per cápita creado hace 4 períodos se corresponde con un incremento del producto en un 0,28 %. Una variación de un 1% en el capital físico productivo por trabajador creado hace 6 períodos se vincula con un incremento del producto en un 0,36 % y un cambio de un 1 % en el capital físico productivo por empleado creado hace 8 períodos se traduce en un incremento de la producción nacional en un 0,39 %.

Tabla 2

Elasticidades: infraestructura por empleado y crecimiento, modelo con variables significativas

Coeficiente	Estimado	SD	t-estadístico	p-value
Intercepto	17.9	0.08	202.2	2e-16
Log (K_per_trabajador)	0.28	0.09	3.22	0.00411
Log (K_per_trabajador2)	0.20	0.08	2.3	0.03155
Log (K_per_trabajador4)	0.29	0.076	3.57	0.00184
Log (K_per_trabajador6)	0.36	0.076	4.7	0.00011
Log (K_per_trabajador8)	0.39	0.072	5.4	2.15e-05

Nota: Elaboración propia (2020).

Como puede observarse, el segundo rezago rompe con la relación geométrica propuesta por Koyck (1954), en este caso a medida que se retorna al pasado distante, la infraestructura creada se manifiesta en un mayor crecimiento. Es decir, una gran parte de la infraestructura desarrollada tarda un proceso prudencial en manifestarse en incrementos en el nivel de producto, que a su vez es un reflejo de las variaciones en el nivel de productividad de los factores, la estructura de costos, la reducción de tiempos



de entrega de los bienes y servicios y la dinamización de los mercados con las que el incremento de infraestructura interactúa. Dicha lógica es contraria a la propuesta por Koyck (1954), pero para el caso de la infraestructura y su relación con el crecimiento, se considera que tiene más sentido por las razones antes mencionadas.

En una carretera estratégica pueden tardarse algunos períodos en manifestarse en incrementos palpables de la productividad, el desarrollo de comercios y empresas estratégicas a su lado también, así como el acceso de personas a nuevos mercados productivos o la aceleración del nivel de transacciones por la reducción de tiempos muertos. La creación de infraestructura supone un escenario imprescindible, de primer orden para que se presente una conexión con los mercados internacionales, pero dicha articulación tarda períodos en manifestarse. La ampliación de las plantas productivas de las empresas y la incorporación de nueva maquinaria genera incrementos en el nivel de producto, pero no de manera instantánea, debido a las curvas de aprendizaje de la fuerza laboral. Todos estos ejemplos son lo suficientemente dilucidadores para corroborar que la incidencia de la infraestructura se manifiesta de manera retardada en crecimiento económico.

También da pie para nuevas líneas investigativas en las que se pueda identificar el tipo de infraestructura que se manifiesta de manera inmediata en el muy corto o corto plazo en crecimiento y aquella que se produce de manera retardada. Otro aspecto que se torna interesante analizar es la relación que tiene la creación efectiva de infraestructura con la formación bruta de capital fijo, en la medida que la infraestructura puede estar capturando también la incorporación de nueva maquinaria y la extensión de la escala de planta de las empresas.

4.1.1 Capacidad de crecimiento del país

La formación de infraestructura física real, como se ha constatado, supone un componente esencial explicativo del crecimiento económico del país. Una importante cuota del crecimiento en el largo plazo viene explicada por la capacidad del país de generar infraestructura que venga a incidir de manera directa e indirecta sobre el incremento de la dinámica económica del país.

Tomando como medida monetaria aproximativa el sector construcción, la formación de capital físico dentro de la producción nacional ha ocupado una cuota no residual, pero sí estacionaria, es decir, el peso de este sector en el producto no ha cambiado a lo largo de los últimos 25-30 años. Siendo sus valores más altos antes del estallido de la crisis del 2008, con 5,22 % y 5,87 % de peso sobre el PIB y 6,2 % en el 2008, aunque esta última razón puede estar un poco distorsionada por la caída de la economía interna y global en ese período.

En la última década se presenta un comportamiento un poco preocupante pues dicho sector ha perdido peso relativo y con ello la expansión de la capacidad productiva del país y el crecimiento puede verse limitada en la próxima década, en la medida en que, como corrobora el modelo propuesto, la infraestructura física productiva hoy tarda un período prudencial en traducirse en progreso económico. El desarrollo de infraestructura física en metros cuadrados ha ido perdiendo dinamismo con el paso de los años. Si en la

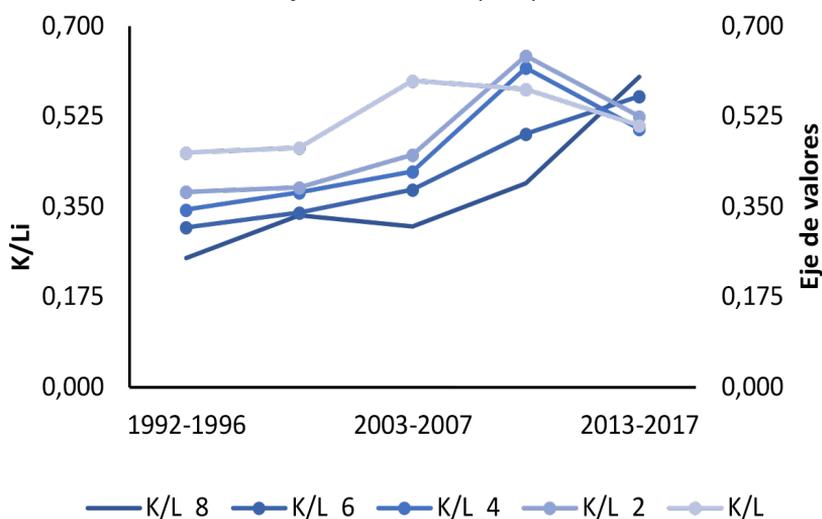


década de los 90 y principio de los 2000 alcanzó ritmos de crecimiento de un 8,7 %, 11,2 % y 17,6 %, en los últimos 10 años se muestran tasas de decrecimiento tanto anuales como sobre la media.

Dicha condición también se ve complementada con un ritmo de crecimiento lento del empleo que ha crecido apenas a un ritmo que no alcanza el 1 % en la última década. Es decir, no se está generando infraestructura suficiente en el período presente que posibiliten alcanzar tasas de crecimiento más elevadas en el futuro, condición que supone un cuello de botella para el aumento de la capacidad productiva y el crecimiento del país. También cabe mencionar que, aunque no es el propósito del presente estudio, la brecha entre el nivel óptimo de infraestructura y los niveles de inversión actuales puede estar incidiendo sobre el lento crecimiento del empleo.

En la Figura 1 puede observarse que las razones de $\frac{\text{Infraestructura}}{\text{Trabajador}}$ de largo plazo como lo son la de 8 períodos y 6 períodos anteriores son más elevadas que las demás para el último período de análisis (2013-2017). Según la evidencia arrojada, el crecimiento presente es un cumulo de las razones $\frac{\text{Infraestructura}}{\text{Trabajador}}$ en el tiempo. En el período de mayor crecimiento (2003-2007) destaca que se presente la mayor razón $\frac{\text{Infraestructura}}{\text{Trabajador}}$ presente y razones de largo plazo más comedidas, como puede observarse en el gráfico de las medias de $\frac{\text{Infraestructura}}{\text{Trabajador}}$ por período. Ello, aunque exista una brecha de conocimiento, se intuye que puede deberse a las complementariedades entre la infraestructura de largo plazo y corto plazo, manifestada en la capacidad de reposición de la cuota de capital desgastado, por ejemplo, en inversión nueva en carreteras o aeropuertos, que venga a complementar o reponer la inversión en infraestructura de largo plazo.

Figura 1. *Media de las razones infraestructura-empleo presente, 1992-2017.*



Nota. Elaboración propia (2020).

5. Conclusiones

La literatura sugiere una relación positiva entre el desarrollo de infraestructura y el crecimiento económico, que a su vez es una consecuencia de mejoras en la productividad, la reducción de costos, la articulación con el mercado exterior y el nivel de empleo, entre otras variables de la dinámica económica interna. Sin embargo, dicho efecto no es instantáneo, lo que se ha podido corroborar en el presente trabajo.

Se comprueba que la incidencia de la infraestructura sobre el nivel de producto de la economía se produce de manera retardada con una reacción que fluctúa entre el 0,19 % y el 0,38 %. El efecto instantáneo de la inversión en infraestructura sobre el crecimiento coincide con estimaciones recientes como las elaboradas por Esquivel-Monge y Loaiza-Marín (2018), mientras las elasticidades de mediano y largo plazo asumen valores más elevados.

Dicha condición da pie a nuevas líneas de investigación, como aquellas que permitan establecer la relación imperante entre los distintos tipos de infraestructura y capital físico y su grado de incidencia sobre el nivel de producción y la frontera de crecimiento futuro del país. Es decir, los hallazgos identificados también arrojan la incógnita de cuáles son los distintos tipos de infraestructura de corto, mediano y largo plazo que contribuyen al progreso económico y la medida de rapidez en que estos contribuyen con las dinámicas de aceleración de la economía.

Por otra parte, el modelo planteado no incorpora algún tipo de depreciación, más incorpora las cuentas de reparaciones y ampliaciones por lo que se considera, se anula o aminora el efecto del desgaste de las infraestructuras. Sin embargo, no se descarta que las elasticidades de 4,6 y 8 períodos sean un tanto menores si se le incorporara algún tipo de desgaste, no así para el primer período que se podría descartar el efecto de deterioro del capital físico productivo.

Asimismo, queda por comprobar si la lógica presentada en el presente estudio se corresponde con la internacional. Para ello sería interesante la extensión del presente modelo a Latinoamérica o globalmente mediante la aplicación de modelos de datos de panel. Dicha contribución queda como una línea a desarrollar para un futuro estudio.

6. Recomendaciones

La evidencia empírica arroja una relación significativa entre la inversión en infraestructura y el crecimiento futuro, es decir, la infraestructura delimita las posibilidades de crecimiento futuro de la economía costarricense.

Con ello, el presente trabajo solidifica las sugerencias de distintos grupos expertos y entes de investigación autorizados sobre la necesidad que presenta el país de aumentar la inversión en infraestructura y de encontrar mecanismos alternativos para un incremento sistémico en el desarrollo efectivo de esta, pues sobre la infraestructura recae una importante cuota del crecimiento futuro.



Por su parte, los coeficientes de incidencia retardada arrojan la incógnita: ¿cuáles son las inversiones en infraestructura que se traducen en crecimiento económico en el corto plazo y cuáles impactan al desarrollo económico de una forma más retardada? Se intuye que, por ejemplo, inversiones en infraestructura educativa son de más lenta transmisión al incremento de la productividad de la economía. Queda como una línea futura identificar, no solo los tipos de infraestructura que requiere el país y su cantidad, sino también el tiempo específico que tarda cada tipo de capital físico en manifestarse en incrementos al nivel de producción de la economía.

Asimismo, una vez comprobada la incidencia dinámica de la infraestructura sobre el nivel de producto en el tiempo, resulta imprescindible trasladar las unidades físicas a unidades monetarias para estimar la inversión en infraestructura que requeriría el país para lograr un determinado crecimiento económico. Dicha estimación queda para estudios posteriores.

A nivel metodológico es importante rescatar el uso de una variable real como el metro cuadrado en detrimento de una magnitud monetaria como el aporte de la cuenta construcción al PIB que es una combinación lineal de la cuenta del nivel de producción interna, lo que anularía la eficiencia de los estimadores. Como se constata en el presente trabajo, la multicolinealidad es prácticamente nula y da pie al trabajo con más variables reales.

Referencias

- Abarca, A., & Ramírez, S. (2016). *Estudio del crecimiento económico costarricense, 1960-2014*. Observatorio del Desarrollo. <https://www.odd.ucr.ac.cr/sites/default/files/Documents/Crecimiento-Economico/Estudio-del-Crecimiento-Economico.pdf>
- Alcalá-Agulló, F. (Dir.) & Solaz-Alamà, M. (2020). *Globalización, relocalización productiva y crecimiento*. Fundación BBVA. <https://www.fbbva.es/publicaciones/globalizacion-relocalizacion-productiva-y-crecimiento/>
- Almon, S. (1965). The Distributed Lag Between Capital Appropriations and Expenditures. *Econometrica*, 33(1), 178-196. <https://doi.org/10.2307/1911894>
- Baltagi, B. (2008) *Distributed Lags and Dynamic Models*. In: *Econometrics*. Springer, Berlin. https://doi.org/10.1007/978-3-540-76516-5_6
- Barzin, S., D'Costa, S., & Graham, D. (2018). A Pseudo-Panel Approach to Estimating Dynamic Effects of Road Infrastructure on Firm Performance in a Developing Country Context. *Regional Science and Urban Economics Volume 70, May 2018, Pages 20-34*. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2018.02.002>
- Calderón, C., & Servén, L. (2002). The output cost of Latin America's infrastructure gap. Central Bank of Chile. *Working Paper, No 186*. <https://ideas.repec.org/p/chb/bcchwp/186.html>
- CEBR. (2016). *Engineering and economic growth: a global view*. RAENG. <https://www.raeng.org.uk/publications/reports/engineering-and-economic-growth-a-global-view>
- Chow, Gregory C. (1960). Tests of Equality Between Sets of Coefficients in Two Linear Regressions. *Econometrica* 28(3), 591-605. <https://doi.org/10.2307/1910133>
- Esquivel-Monge, M., & Loaiza-Marín, K. (2018). Inversión en infraestructura y crecimiento económico, relevancia de factores institucionales. *Economía y Sociedad*, 23(53), 40-61. <https://doi.org/10.15359/eys.23-53>



- Égert, B., T. Koźluk and D. Sutherland (2009). Infrastructure and Growth: Empirical Evidence. *OECD Economics Department Working Papers*, No. 685. <https://doi.org/10.1787/225682848268>
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010). *Econometría* (5.ª ed). McGraw Hill.
- Hallegatte, S., Rentschler, J., & Rozenberg, J. (2019). *Lifeline: The resilient infrastructure opportunity*. World Bank Publications.
- Koyck, L. M. (1954). Distributed Lags and Investment Analysis. *Contributions to Economic Analysis, IV. Bulletin De L'Institut De Recherches économiques Et Sociales*, 21(1), 123-123. <https://doi.org/10.2307/2227337>
- Palei, T. (2015). Assessing the Impact of Infrastructure on Economic Growth and Global Competitiveness. *Procedia Economics and Finance*, 23, 168-175. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00322-6](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00322-6)
- Rosales-Álvarez, R. A., Perdomo-Calvo, J. A., Morales-Torrado, C. A., & Urrego-Mondragon, J. A. (2009). *Intermediate economics: Theory and applications*. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/37183/1/MPRA_paper_37183.pdf
- Rozas, P. & Sánchez R. (2004). Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico: Revisión conceptual. *Serie Recursos naturales e infraestructura* 75. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/6441>
- Sánchez, R., J. Lardé., Chauvet, P., & Jaimurzina, A. (2017). Inversiones en infraestructura en América Latina. Tendencias, brechas y oportunidades. *Serie Recursos Naturales e Infraestructura* 187. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/43134>
- Timilsina, G., Hochman, G., Song, Z. (2020). Infrastructure, Economic Growth, and Poverty: A Review. *Policy Research Working Paper; No. 9258*. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33821>.
- T.S. Breusch, & A. R. Pagan (1979). A Simple Test for Heteroscedasticity and Random Coefficient Variation. *Econometrica*, 47, 1287–1294. <https://www.jstor.org/stable/1911963?seq=1>
- Tong, H., Kumar, T. K., Huang, Y., & Kumar, T. K. (2011). *Developing econometrics*. John Wiley & Sons, Incorporated.
- Turner, P. (2010). Power properties of the CUSUM and CUSUMSQ tests for parameter instability. *Applied Economics Letters*, 17(11), 1049-1053. <http://dx.doi.org/10.1080/00036840902817474>

