

# REVISTA DE ESTUDIOS REGIONALES

I.S.S.N.: 0213-7585

2ª EPOCA Mayo-Agosto 2020



# 118

## SUMARIO

**Rogelio Varela Llamas y Mayra Yesenia Nava Rubio.** Salarios e informalidad laboral en México: Una perspectiva regional y empresarial.

**Jose María Fernández-Crehuet, María Luisa Gonzalez y Jorge Rosales-Salas.** The National Technology Implementation Index.

**Albert-Pol Miró Pérez y Joan Torrent-Sellens.** Transformación digital y productividad total de los factores (PTF) en las empresas españolas del sector oleícola: Una aproximación regional.

**José María Pére Conde, Carlos Chavarría Ortiz y Juan Carlos Morán Álvarez.** Comparison of the determinants of the potential of economic development of the municipalities of Andalusia with population range 15.000-20.000 Inhabitants between the years 2007 and 2012.

**Alejandro Orgambidez-Ramos, Fernando Relinque-Medina, Yolanda Borrego-Alés, Manuela Fernández-Borrero y Octavio Vázquez-Aguado.** Entorno residencial percibido y atracción por el vecindario: Un modelo explicativo en barrios andaluces con dificultades sociales.

**Juan Gabriel Brida, Virginia Carve y Bibiana Lanzilotta.** La relación entre la inversión pública en infraestructura vial y el crecimiento económico de Uruguay.

*Textos*

# **La relación entre la inversión pública en infraestructura vial y el crecimiento económico de Uruguay**

## ***The impact of investment in transport infrastructure on Uruguay's economic growth***

**Juan Gabriel Brida**

**Virginia Carve**

**Bibiana Lanzilotta**

**Universidad de la República, Uruguay.**

Recibido, Julio de 2018; Versión final aceptada, Junio de 2019.

PALABRAS CLAVE: Inversión en infraestructura vial y crecimiento; Causalidad; Cointegración; Modelos de Corrección al Equilibrio; Uruguay

KEYWORDS: Investment in road infrastructure and economic growth; Causality; Cointegration; Correction Models; Uruguay

Clasificación JEL: C22, E01, F43, L93, O54

### RESUMEN

El trabajo analiza la relación causal entre la inversión pública en infraestructura vial y el crecimiento económico en Uruguay. A partir de información del gasto público en infraestructura vial para el período 1988-2014, se estudia su relación de largo y corto plazo con el crecimiento económico sobre la base de análisis de cointegración y modelos de corrección al equilibrio. Se estiman dos modelos alternativos y en ambos se encuentra una relación de cointegración, es decir de equilibrio en el largo plazo. También en ambos casos, sobre el final del período analizado se aprecia un desvío del equilibrio, indicando un déficit en el sector de infraestructura de transporte, dada la dinámica de crecimiento. El análisis de causalidad a la Granger no permite aceptar que ésta vaya desde la inversión vial hacia el crecimiento, si no a la inversa. Ello contradice la hipótesis de partida de relación causal bidireccional entre crecimiento económico y la inversión en infraestructura vial en Uruguay, al menos para el período analizado. Asimismo, los resultados de los análisis de impulso respuesta, muestran una repercusión tardía de la inversión ante shocks de crecimiento.

## ABSTRACT

The empirical research on the impact of infrastructure on economic growth began at the end of the last century with Aschauer (1989). This author examined the relationship between these two variables for the USA and observed a relevant and positive effect of investment in public infrastructure on growth. From there on, international empirical research on that topic remained not conclusive. Bom and Ligthart (2014), based on a meta-analysis on almost 70 studies for the period 1983-2008, found mixed evidence regarding the sign of the effect, and even when this is positive, they observed a broad range of variation of the estimated elasticities from growth to infrastructure investment.

Uruguay, a small Latin American country, has traditionally had a strong instability in its investment rate. Along the last century, the country has gone through periods of strong investment expansion and by others in which investment was less than the required replacement rate. (Román & Willebald, 2012). According to Calderon & Servén (2004), during the '80s and '90s, when other Latin American countries have made progress in transport infrastructure investment, Uruguay cannot avoid to undergone a negative tendency in road investment. For the period 200 to 2010, Capurro et al. (2014) stated that in term of transport infrastructure, has accumulated a backlog of investment in the national road network of almost 3% of GDP.

This paper empirically explores the causal relationship between public investment in road infrastructure and economic growth in Uruguay. We analyze whether road infrastructure investment leads -in the long run- to Uruguayan economic growth, or, alternatively, economic expansion drives this investment, or a bidirectional relationship exists between the two variables.

Based on aggregated data of public expenditure for the period 1988-2014, we perform a cointegration analysis and estimate of VEqCM models (Autoregressive Vectors with Mechanism of Correction to Equilibrium models). This methodology has the convenience of allowing analyze the long term and short term dynamics, simultaneously (Juselius, 2006). Additionally, the Granger test is implemented in order to identify the direction of the causality between both variables (Granger, 1988; Hendry, 2017). Finally, impulse-response simulations and variance decomposition are performed to analyze the response dynamics of the variables as a consequence of exogenous shocks.

Two alternative models were estimated. Firstly, a simplistic model where the relationship between the road investment and economic growth was analyzed, without including any additional covariables within the endogenous vector. Secondly, and with the objective to capture the specific demand for infrastructure services, an alternative model was estimated. The second model introduces as a covariate (or control variable) an indicator of transported tons. In both models, a unique cointegration relationship (long-term equilibrium equations) between growth and investment was found, following the Johansen procedure.

Likewise, in both models, results of Granger causality test indicate that the direction of causality goes from GDP growth to road investment, but not conversely. This means that variations in GDP may cause changes in infrastructure investment, but the latter fails

to have a significant effect on GDP, at least in the sense of Granger causality test. This contradicts the starting hypothesis of the presence of a bidirectional causal relationship between economic growth and investment in road infrastructure in Uruguay. The hypothesis of bidirectionality and feedback between economic growth and road investment can then be rejected for the Uruguayan economy in the period analyzed.

An additional interesting finding arose from the analysis of the equilibrium equations. In both models, residuals of the cointegration equations show significant deviations from the equilibrium, at the end of the period analyzed. More precisely, from 2010, in the first model, and from 2013, in the second model, the relation between growth and public road investment set away from equilibrium. The evidence that in both cases, relations located below the equilibrium at the end of the period shows a mismatch between road investment and the GDP Uruguayan dynamics. This result could be interpreted as a deficit in the transport infrastructure sector, given the economic growth dynamic.

Moreover, the impulse-response results, as well as the variance decomposition, present similar results. Both analyses show that the response of road investment to a growth innovation (an exogenous shock) is slow and delayed. Nevertheless, the responses are statistically significant in both cases. The response of road investment takes 10 quarters (in the first model) and 15 quarters (in the second one) to fully absorb a shock from economic growth.

Note that the lag of the response of investment in transport infrastructure with respect to economic growth strengthens the evidence that a long period of economic expansion is required for road public investment to take place.

This seems to indicate that for the impulse coming from certain activities related to transport, such as the wood load (which has increased significantly in the last decade), is translated into an increase in investment in infrastructure, it can take between two or three years.

The evidence of the existence of a cointegration relationship between road investment and economic growth in Uruguay is consistent with a broad part of the international and empirical findings for other economies (see, Achour & Belloumi, 2016; Chang & Nieh, 2004; Mbulawa, 2017; Serdaru lu, 2016; Badalyan et al., 2014; Beyzaltar et al., 2014; Pradhan et al., 2013). Nevertheless, results from the Granger causality analysis attested that causality is unidirectional and goes from growth to investment, and not inversely (neither bidirectional) as is found in most of the reviewed precedents. However, as mentioned before, the international evidence is not conclusive in this regard and our results seem to corroborate this indeterminacy.

This inverse causality between public road investment and growth ascertained found in the case of Uruguay could be related to several factors, such as Achour & Belloumi (2016) suggest for the Tunisian economy. From our point of view, one of the most plausible explanations is related to what Kustapeli et al. (2012) called "the inefficiency in the use of the investment". This inefficiency may be caused because, in the analyzed period, economic growth has preceded public expenditure in Uruguay. Nevertheless, this topic should be the subject of future research.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

---

Uno de los principales problemas de investigación no resueltos en el transporte es la cuestión de si la inversión en infraestructura pública en esta área promueve el crecimiento económico a nivel regional y local (Banister & Berechman, 2001). Autores como Sánchez & Wilmsmeier (2005), sostienen que “la experiencia mundial, (...) arroja resultados valiosos respecto a la relación positiva que existe entre el crecimiento económico y la provisión de infraestructura, en la cual el transporte ha jugado un rol preponderante”. Y añaden que “(...) la presencia de mejoras en la infraestructura explica los diferenciales de crecimiento entre regiones o países”<sup>1</sup>. Así, estos autores afirman que se deberían incentivar políticas públicas y privadas que sean favorables para estas inversiones, lo que, asociado a otros factores económicos, contribuyen en mejoras de productividad y competitividad, y por consiguiente al crecimiento económico.

El debate, referido al impacto de las infraestructuras en el crecimiento se inicia a fines del siglo pasado a partir del estudio de Aschauer (1989) para EEUU. Aschauer, halla un efecto relevante y positivo de la inversión en infraestructura pública sobre el crecimiento. Es así que sostiene que debería atribuirse un peso importante a evaluación del gobierno sobre las decisiones de inversión pública en carreteras, calles, sistemas de agua y alcantarillado. No obstante, la evidencia que recoge la literatura posterior sobre este tema no es tan conclusiva.

Bom y Ligthart (2014), sobre la base de un meta-análisis sobre casi 70 estudios para el período 1983-2008, encuentran evidencia mixta en cuanto al signo del efecto, e incluso cuando éste es positivo hallan un rango de variación de las elasticidades del crecimiento a la inversión muy amplio. Sobre la variabilidad de los resultados, los autores concluyen que las características de diseño del estudio y el sesgo de publicación podrían explicar gran parte de la variación entre las estimaciones, lo que impide obtener resultados concluyentes. Uno de los problemas a los que se hace referencia, es la posibilidad de que el impacto de las infraestructuras dependa de la fase de desarrollo. Algunos de los estudios que recogen este último factor son los de Hulten y Schwab (1991) para EEUU y el de Mas et al. (1996) y Peña

1 Sánchez, R. J. & Wilmsmeier, G. (2005). Pag. 7.

Sánchez (2008), para las regiones españolas. Tampoco en estos casos la evidencia parece ser concluyente.

Existe una gran brecha en la provisión de infraestructura entre América Latina y los países industrializados y en desarrollo en materia de transporte, brecha que se ha ampliado a finales de 1990. Si se compara 1980 con el año 2001, la densidad de carreteras apenas creció y cayó en términos relativos respecto de la de los países de ingresos medios, y del Este asiático. Asimismo, en los últimos años, la inversión en carreteras ha superado a la de vías férreas en la mayoría de los países. En Uruguay, la expansión de longitud en carreteras ha sufrido una variación negativa en el período 1980-2001, si bien otros países de América Latina como Jamaica y Costa Rica, han avanzado al respecto (Calderón & Servén, 2004).

En Uruguay, un país pequeño en el contexto latinoamericano, la tasa de inversión ha mostrado históricamente una fuerte inestabilidad, con importantes períodos de expansión, y otros donde la inversión no alcanza a cubrir la sola reposición (ver, Román & Willebald, 2012). Estos autores, que consideran datos entre 1870 y 2011, muestran que en el largo plazo la tasa de inversión promedio de la economía uruguaya ha sido inferior en la comparación internacional. En lo que tiene que ver con la infraestructura de transporte, Capurro et al. (2014) muestran que en el período 2000-2010 Uruguay había acumulado un rezago de inversión en la red vial nacional de USD 1.152 millones, lo que equivale a un 3% del PIB. Esto ocurrió a pesar de un aumento en la inversión en mantenimiento de carreteras, ya que el incremento de los costos viales y del tránsito fue mayor, dando lugar al déficit en el sector. A su vez, de acuerdo a Oddone (2016) la inversión estimada necesaria para los próximos años hasta el 2019, debería ser del 1% del PIB. La demanda está asociada al estado de las rutas (no a una extensión de la red) debido al aumento en la concentración y modificaciones en el tipo de transporte de carga. Para mitigar esta situación, sostiene Oddone, existen desafíos en términos de las regulaciones e instrumentos de la política pública para la promoción de la inversión (régimen de Participación Público Privada, etc.).

Para la economía uruguaya, que ha crecido de forma persistente en la última década (a una tasa aproximada del 5%), el vínculo entre crecimiento y necesidades de infraestructura de transporte es uno de los temas más relevantes de agenda de política económica. En particular, dada la persistencia del déficit en materia de inversión en infraestructura vial antes comentado,

y a las dificultades que pueden generarse en el comercio interno y regional, por el deterioro de las rutas nacionales.

La presente investigación analiza en qué medida la inversión en infraestructura de transporte ha sido un factor de crecimiento económico en Uruguay entre los años 1988 y 2014. Se indaga sobre la existencia de una relación de largo plazo entre ambas variables, la dirección de los efectos que provocan una sobre la otra y cuáles son los determinantes de esa relación y características de la misma. Ello se realiza a partir del análisis de cointegración (Johansen, 1988) y la estimación de modelos de corrección al equilibrio (modelos VEqCM, Vectores Autorregresivos con Mecanismo de Corrección al Equilibrio), que permite analizar la dinámica de largo y corto plazo, simultáneamente (Juselius, 2006). Adicionalmente, sobre la base del análisis de Causalidad a la Granger (Granger, 1988; Hendry, 2017) se determina la dirección de la causalidad entre ambas series. Por último, se realizan simulaciones de impulso-respuesta y descomposición de varianza, para analizar la dinámica de reacción de las variables ante shocks exógenos sobre éstas.

El documento se organiza de la siguiente manera. En la sección 2, se revisan los principales antecedentes y la literatura en la que se enmarca este estudio. La metodología a utilizar, se presenta en la sección 3. La cuarta sección se dedica a la presentación de los resultados y, por último, en la quinta sección, se plantean las principales conclusiones y líneas futuras de investigación.

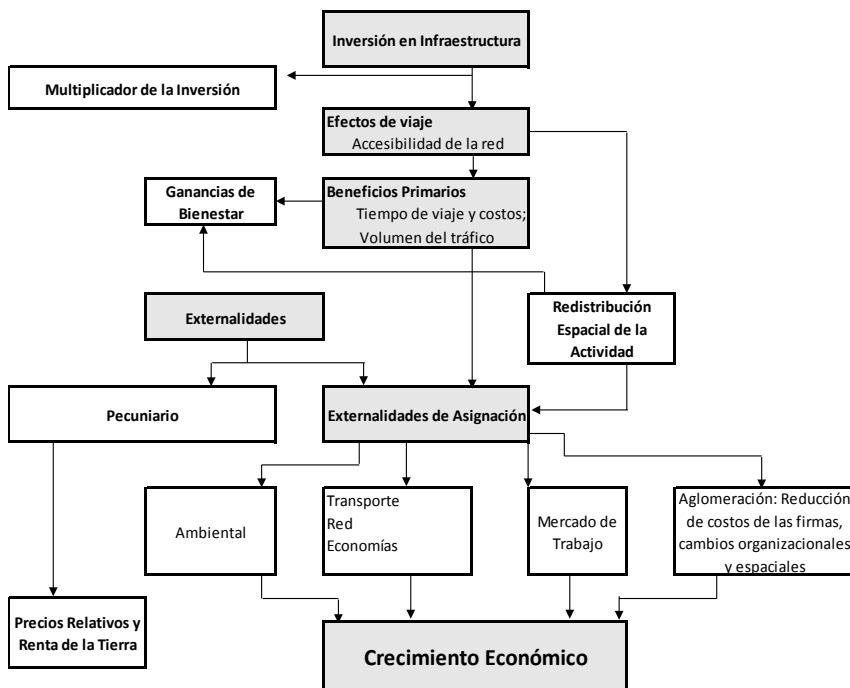
---

## 2. MARCO DE ANÁLISIS Y ANTECEDENTES EMPÍRICOS

---

Banister & Berechman (2001) ofrecen un marco de análisis para analizar los vínculos entre inversiones en infraestructura de transporte y crecimiento económico que considera no sólo los beneficios directos sino indirectos de esta inversión sobre el desarrollo. Postulan que la infraestructura de transporte por sí sola no logra el crecimiento económico, sino que actúa como soporte mientras otros factores están trabajando. Son las externalidades económicas positivas en conjunto con factores de inversión y políticos, los que provocan efectos significativos en el desarrollo económico. Estos autores reconocen la complejidad y la naturaleza multidimensional de las relaciones entre transporte, ubicación, desarrollo y otros factores relevantes para el análisis (ver Figura 1).

FIGURA 1  
**ESQUEMA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS BENEFICIOS DEL  
 CRECIMIENTO ECONÓMICO DERIVADOS DE LA INVERSIÓN EN  
 INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE**



Fuente: Adaptado de Banister & Berechman (2001).

Como se advierte en la Figura 1, nuevas incorporaciones al stock de infraestructura mejoran la accesibilidad, lo que proporciona el motor detrás del posible aumento de la actividad económica, principalmente a través del aumento del empleo y la productividad de los factores. Cambios en la accesibilidad, pueden provocar relocalizaciones de las firmas, para reducir costos. Además, las economías de escala o de aglomeración juegan un papel importante en este proceso, y las ubicaciones que poseen tendencias de especialización pueden beneficiarse más de una reducción en los costos de transporte que otras ubicaciones. El papel de la infraestructura de transporte dependerá de las formas particulares de uso y los consiguientes impactos



dependen de las estrategias adoptadas por los actores en el proceso de producción. Esfahani & Ramírez (2003) proponen un modelo estructural de infraestructura y crecimiento del producto, teniendo en cuenta factores institucionales y económicos que influyen en las interacciones entre dichas variables. Estos autores enfatizan en la contribución importante de los servicios de infraestructura al crecimiento del producto que, además, excede el costo de provisión de estos servicios. Lakshmanan (2011) realiza una revisión de los desarrollos teóricos recientes para identificar el mecanismo causal múltiple que vincula el transporte y el crecimiento económico, por ejemplo, la expansión de mercado, ganancias del comercio, cambio tecnológico, entre otros. Concluye que las mejoras en el transporte abren mercados y generan las condiciones necesarias que influyen en el rendimiento y estructura de la economía, siempre y cuando exista el cambio tecnológico y su difusión.

El debate empírico referido al impacto de las infraestructuras en el crecimiento se inicia a fines del siglo pasado a partir del estudio de Aschauer (1989). Este autor, sobre la base de la estimación de una función de producción para E.E.U.U. (entre productividad agregada y el stock y flujo de las variables de gasto del gobierno) concluye que el aumento en un 1% del stock de capital público aumentaría el producto privado en un 0,39%. Clarke y Batina (2017) tomando como referencia el trabajo de Aschauer (1989), extienden la investigación hasta 2015. Como resultado obtienen similares resultados a los de Aschauer en cuanto a elasticidades, y encuentran que la causalidad es desde el capital público al crecimiento. Sin embargo, la literatura posterior ofreció resultados menos optimistas con evidencia sobre elasticidades del producto a la inversión, significativamente inferiores.

Bom y Ligthart (2014), sobre la base de un meta-análisis que considera 578 estimaciones recopiladas de 68 estudios para el período 1983-2008, encuentran un amplio rango de variación en las elasticidades del crecimiento a la inversión muy amplio. Incluso recogen evidencia mixta sobre el signo del impacto, aunque predomina la evidencia con signo positivo. Sobre la variabilidad de los resultados, los autores concluyen que las características de diseño del estudio y el sesgo de publicación podrían explicar gran parte de la variación entre las estimaciones, lo que impide obtener resultados concluyentes. Uno de los problemas a los que se hace referencia, es la posibilidad de que el impacto de las infraestructuras dependa de la fase de desarrollo.

Entre los estudios que toman en cuenta las diferencias regionales en el grado desarrollo en el análisis del vínculo entre infraestructura y crecimiento,

vale mencionar los de Hulten y Schwab (1991) para EE.UU. y el de Mas et al. (1996) y Peña Sánchez (2008) para España. Hulten y Schwab concluyen que la relación entre infraestructura pública y crecimiento es débil, y que las diferencias regionales en el crecimiento del capital público no parecen ser un determinante importante de los diferenciales de productividad entre las regiones. A su vez, Mas et al. analizan el papel del capital público, los tipos de infraestructuras en las que se invierte y su distribución territorial en las ganancias de productividad del sector privado en las regiones españolas en el período 1964–1991 utilizando técnicas de datos de panel. Sus resultados muestran que las infraestructuras más directamente vinculadas al proceso productivo presentan un efecto significativo y positivo en la productividad. También muestran la importancia del efecto de red de las infraestructuras de carácter productivo, así como la disminución de la elasticidad asociada con dichas infraestructuras a medida que avanza el desarrollo.

En la revisión de la literatura, se encontraron veintiún antecedentes en los que analiza la existencia relación en el largo plazo (Chang & Nieh (2004); Herranz-Loncán (2007); Kustapeli et al. (2012); Eruyuret al. (2012); Pradhan & Bagchi (2013); Pradhan, Norman, Badir & Samadhan (2013); Badalyan et al. (2014); Thoung et al. (2015); Achour & Belloumi (2016); Mbulawa (2017); Pradhan, Samadhan & Pandey (2013); Beyzaltar et al. (2014); Serdarolu (2016); Boopen (2006); Farhadi (2015); Yu et al. (2012); Aschauer (1989); Clarke y Batina (2017); Hulten y Schwab (1991); Mas et al. (1996); Bom y Lighthart (2014)), sólo uno de ellos encuentra como resultado que no hay efecto en el largo plazo (Kustapeli et al. (2012)), y otro de los trabajos no halla resultados concluyentes (Bom y Lighthart (2014)). De los restantes antecedentes, cinco de ellos encuentran una relación de largo plazo bidireccional (Badalyan et al. (2014); Beyzaltar et al. (2014); Pradhan & Bagchi (2013); Pradhan, Norman, Badir & Samadhan (2013); Pradhan, Samadhan & Pandey (2013)) y otros cinco indican que la relación es unidireccional (Achour & Belloumi (2016); Chang & Nieh (2004); Clarke y Batina (2017); Mbulawa (2017); Serdaroglu (2016)).

El Cuadro 1 presenta un breve resumen sobre los antecedentes citados, de donde surge una gran evidencia sobre la relación de largo plazo existente entre la inversión en infraestructura y crecimiento económico. Cabe destacar que el resultado bidireccional en la relación de causalidad es común entre los trabajos analizados, indicando no solamente un aporte significativo del crecimiento de la economía a la inversión en infraestructura,

sino que también es la inversión en infraestructura la que promueve un mayor crecimiento económico.

## CUADRO 1 PRINCIPALES ANTECEDENTES: RESULTADOS

Autores	País(es) e intervalo	Metodología	Resultados sobre la relación entre infraestructura y crecimiento
Achour & Belloumi	Túnez 1971-2012	Cointegración, impulso respuesta y descomposición de la varianza	Relación de largo plazo unidireccional del transporte al crecimiento
Aschauer	Estados Unidos 1949-1985	Función de producción	Relación positiva entre Capital Público y productividad
Badalyan, Herzfeld & Rajcaniova	Armenia, Turquía y Georgia 1982-2010	VEqCM	Relación de largo plazo bidireccional
Beyzaltar, Karacal & Yetkiner	Unión Europea 1970-2008	Datos de panel y Causalidad de Granger	Relación de largo plazo bidireccional
Bom & Ligthart	OCDE 1983-2008	Meta Análisis	Resultados diversos no concluyentes
Boopen	África 1980-2000	Datos de sección transversal y datos de panel	Relación de largo plazo
Chang & Nieh	Taiwan 1979-1999	VEqCM	Relación de largo plazo unidireccional de inversión en construcción al crecimiento
Clarke & Batina	Estados Unidos 1949-2015	VEqCM y Causalidad de Granger	Relación de largo plazo del Capital Público al crecimiento
Eraygur, Kaynak & Mert	Turquía 1963-2006	VEqCM	Relación de largo plazo
Farhadi	OCDE 1970-2009	Datos de panel y modelo de crecimiento	Relación de largo plazo
Herranz-Loncán	España 1850-1935	VAR	Relación de largo plazo
Hulten & Schwab	Estados Unidos 1951-1986	Función de producción	Relación de largo plazo débil entre Infraestructura Pública y crecimiento
Kustapeh, Gülcan & Akçüngör	Turquía 1970-2005	Cointegración y causalidad	No hay efecto en el largo plazo
Mas, Maudos, Pérez & Uriel	España 1964-1991	Datos de panel	Relación positiva entre Infraestructura y productividad
Mbulawa	Botswana 1985-2015	VEqCM y Mínimos Cuadrados Ordinarios	Relación de largo plazo unidireccional de inversión en infraestructura al crecimiento
Pradhan & Bagchi	India 1970-2010	VEqCM	Relación de largo plazo bidireccional
Pradhan, Norman, Badr & Samadhan	India 1970-2012	ARDL y VEqCM	Relación de largo plazo bidireccional
Pradhan, Samadhan & Pandey	OCDE 1960-2012	Datos de panel y Causalidad de Granger	Relación de largo plazo bidireccional
Serdaroğlu	Turquía 1980-2013	Función de producción Cobb Douglas, cointegración y causalidad de Granger	Relación de largo plazo unidireccional de inversión en infraestructura al crecimiento
Thoung Tyler & Beaven	Unión Europea, Noruega y Suiza	VEqCM	Relación de largo plazo
Yu, De Jong, Storm & Mi	China 1978-2008	Datos de panel	Relación de largo plazo

Fuente: Elaboración propia.

El Cuadro muestra que la metodología utilizada en la mayoría de los estudios, se basa en datos de panel, análisis de cointegración y modelos de corrección al equilibrio, con resultados variados, aun utilizando la misma metodología. Asimismo, cabe destacar que la gran mayoría de los antecedentes relevados son para países individuales y el resto se trata de estudios para un conjunto de países, sobre todo europeos. Dentro de los estudios

para países individuales, dos de ellos consideran el caso de India, los que empleando similar metodología y encuentran el mismo resultado de relación de largo plazo bidireccional. En cuanto a los tres estudios para Estados Unidos, si bien las relaciones encontradas son positivas, en uno de ellos se destaca que la relación es débil. De los tres trabajos para Turquía, en dos de ellos se encuentra relación de largo plazo y en el otro no, lo que puede tener que ver con el período de tiempo analizado. En general, en este tipo de trabajos, el período utilizado debe superar una cierta cantidad de años para obtener resultados robustos. Teniendo en cuenta los antecedentes del cuadro, sólo dos de ellos consideran un periodo de 20 años, mientras que el resto lleva a cabo un estudio de entre 30 y 52 años. Sólo uno de ellos realiza un estudio histórico, donde tiene en cuenta series desde 1850 hasta 1935, alcanzando un período de 85 años, para destacar lo que ocurrió en esa época en España.

Otro elemento que surge de los antecedentes, tiene que ver con que una vez alcanzado ciertos niveles de inversión que da lugar a rendimientos importantes, luego una nueva inversión puede no resultar tan significativa, lo que implica que los beneficios crecen a tasas decrecientes. Esto resulta interesante al tener en cuenta los períodos utilizados y el contexto de la región de estudio, ya que dependiendo de si el país o región está en vías de desarrollo o ya es una economía desarrollada, puede arrojar resultados diversos.

Los antecedentes citados, brindan elementos en apoyo a las hipótesis centrales de este trabajo de investigación: i) que existe una relación de equilibrio entre la inversión en infraestructura vial y crecimiento económico en Uruguay, y ii) que dicha relación implica una causalidad bidireccional.

---

### 3. DATOS Y METODOLOGÍA

---

Para responder a la pregunta de si existe una relación causal entre la inversión en infraestructura de transporte y el crecimiento económico en Uruguay, en primer lugar, se realiza un análisis de Cointegración (Johansen, 1988; Juselius, 2006). En caso de no descartar esta hipótesis, se procede al análisis de corto y largo plazo sobre la base de la estimación de un modelo corrección al equilibrio, la simulación de impulso respuestas y el análisis de causalidad (Granger, 1988; Hendry, 2017).

Se plantea un sistema de ecuaciones que puede representarse a través de un modelo de vectores autorregresivos con mecanismo de corrección al equilibrio (VEqCM):

$$\text{Ecuación (1)} \quad \Delta Y_t = \mu + \Pi Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{k-1} \Gamma_i \Delta Y_{t-i} + YD_t + \varepsilon_t$$

con  $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$ ,

donde  $Y$  es el vector de variables, en nuestro caso contiene a las variables PIB e inversión en infraestructura de transporte;  $\mu$  es el vector de constantes; la matriz  $\Pi$  representa la dinámica de largo plazo; la matriz  $\Gamma$  la dinámica de corto plazo; y  $D_t$  contiene un conjunto de *dummies* estacionales y otras variables cualitativas que influyen sobre la evolución de  $Y_t$ . Johansen basa su estudio en el rango de la matriz  $\Pi$  que da lugar al número de relaciones de cointegración entre las variables. La matriz  $\Pi$  se compone de la siguiente manera  $\Pi = \alpha\beta$ , donde los  $\alpha$  representan la dinámica de corto plazo mientras que los  $\beta$  constituyen los coeficientes correspondiente a la relación de largo plazo. El contraste de exogeneidad débil se realiza a partir del estadístico de razón de verosimilitud entre el modelo restringido y no restringido.

$$\text{Ecuación 2} \quad H_j: \alpha_{ij} = 0, \quad j = 1, \dots, r$$

Si se detecta que el coeficiente del mecanismo de corrección del error no es significativamente distinto de cero, se concluye que la variable es débilmente exógena en la relación. De allí, sigue la pregunta sobre la causalidad entre variables. La definición implica que, si  $y_t$  causa  $x_t$ , entonces  $x_{t+1}$  se explica mejor si se utiliza la información en  $y_{t-j}$  que si no se utiliza (Granger, 1988), ya que el impacto causal en el presente, es un producto del pasado (Hendry, 2017).

A su vez, en determinadas ocasiones, es necesario analizar la pertinencia de determinadas restricciones sobre los parámetros correspondientes a las distintas relaciones de cointegración, por ejemplo:

$$\text{Ecuación 3} \quad \beta_{1j} = \beta_{2j}, \text{ o sea una restricción de homogeneidad.}$$

Los datos de inversión en infraestructura de transporte tienen como fuente la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). Fue preparada por este organismo para esta investigación desde el año 1988 en adelante.<sup>2</sup>

Con el fin de obtener información detallada sobre los movimientos interanuales de corto plazo de las variables se procede a la trimestralización de estos datos (tal como sugieren Quilis, 1998; Eurostat, 2014). Para ello se utiliza una metodología indirecta para la desagregación temporal basada en utilizar una serie auxiliar con la frecuencia deseada, en este caso trimestral, que guarde una relación muy cercana con la variable a estudiar, tomando como supuesto que los movimientos interanuales son similares (ver Fernández, 1981<sup>3</sup>). La calidad de la estimación se sustenta en el supuesto de que existe una relación estable entre el indicador y la variable objetivo (Eurostat, 2014). La serie considerada como referencia para la trimestralización de la inversión en infraestructura vial en este caso fue la Formación Bruta de Capital Fijo en Construcción (Banco Central del Uruguay, BCU), la que posee una relación de cointegración con la serie a trimestralizar<sup>4</sup>. La serie de inversión en dólares (provista por el MTO), fue transformada a precios constantes, utilizando para ello el tipo de cambio promedio (BCU), y como deflactor, el IPC (Instituto Nacional de Estadística). Si bien se entiende que no se trata del mejor deflactor para la serie de inversión en infraestructura vial, no se dispuso de un mejor indicador de los precios de la canasta vial.

Por su parte, el Producto Bruto Interno trimestral en miles de pesos constantes, para el período 1988-2014, tiene como fuente el BCU y el transporte internacional de cargas según paso de frontera (por ingresos o egresos en toneladas) tiene como fuente el INE. Los ingresos hacen referencia a las importaciones, entradas en tránsito y otras operaciones especiales, mientras que los egresos dan cuenta del movimiento exportador, las salidas en tránsito y otras operaciones especiales. La suma de ingresos y egresos son un proxy de la demanda por infraestructura de transporte.<sup>5</sup> Al igual que

2 Sería de interés para futuras investigaciones ampliar esta información hasta la década de los 60s, de modo de capturar periodos donde se realizaron considerables inversiones en la infraestructura de transporte vial en Uruguay.

3 Programado en el software Ecotrim (desarrollado por Eurostat).

4 El resultado de este contraste se presenta en Anexo cuadro A1.

5 Si bien es un indicador de la demanda por inversión vial, esta variable tiene algunas desventajas. Por un lado, no todo el transporte de carga por carretera del país pasa por la frontera, y, por otro lado, no brinda información sobre la distancia recorrida.

con la información sobre inversión vial, se trimestralizó la serie de transporte de carga, utilizando como serie auxiliar en este caso, el Índice de Volumen Físico de la Industria Manufacturera (INE)<sup>6</sup>.

El orden de integración de las series se analiza mediante la aplicación del test de Dicky-Fuller Aumentado (véase cuadro A3 en Anexo), hallándose que todas las series consideradas son no estacionarias de orden 1, es decir  $I(1)$ . Se analiza la existencia de raíces unitarias estacionales mediante la aplicación del Test de OCSB (Osborn, Chu, Smith, Birchenhall, 1988). De los resultados (véase cuadro A4 en anexo), se desprende la existencia no solo de una raíz regular sino también de un patrón no estacionario estacional en el comportamiento del PIB. Para dar cuenta de ello se incluyen *dummies* estacionales o alternativamente se considera diferencia logarítmica estacional del PIB ( $D(\log(\text{PIB}),0,4)$ ).

---

#### 4. RESULTADOS

---

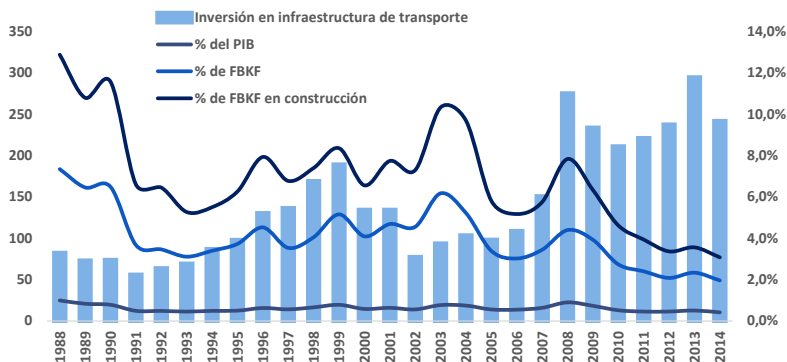
La inversión en infraestructura de transporte, la Formación Bruta de Capital Fijo Total (FBKF), la Formación Bruta de Capital Fijo en Construcción (FBKF construcción) y el PIB se representan conjuntamente en el Gráfico 1.

La tasa real de crecimiento promedio anual para todo el período (1988-2014) fue de 3,1%, distinguiéndose al menos 2 subperíodos. Hasta 2001, cuando la tasa de crecimiento se situó en poco más de 2%, y posteriormente a 2003, cuando la tasa de crecimiento asciende a aproximadamente 5%. El parte aguas fue la crisis del año 2002 cuando la economía sufre una caída de casi 8%.

Se puede notar que la inversión en infraestructura de transporte se mantiene por debajo del 1% del PIB en casi todo el período analizado, lo que, según Capurro et al. (2014) representa el porcentaje mínimo necesario para que el estado de las rutas se encuentre en los niveles adecuados. Por otro lado, los ratios entre inversión en infraestructura de transporte y la FBKF total y de la construcción, muestran una marcada inestabilidad, con valores máximos cercanos al 6% y 12%, respectivamente (en los primeros años y en 2003) y mínimos de 2% y 3%, respectivamente, en el final del período.

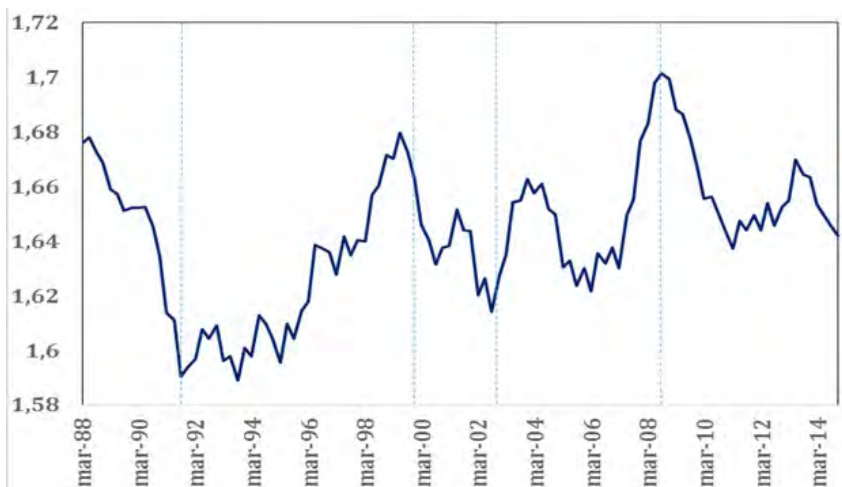
6 Ver Anexo Cuadro A2.

**GRÁFICO 1**  
**INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE EN MILES DE USD, EN % DEL FBKF, DEL FBKF EN CONSTRUCCIÓN Y DEL PIB**



Fuente: Elaboración propia en base a datos del MTOP y BCU.

**GRÁFICO 2**  
**INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE (TRANSFORMACIÓN LOGARÍTMICA). PERÍODO 1988-2014**



Fuente: Elaboración propia en base a datos de MTOP.



En el Gráfico 2, donde se muestra la inversión vial trimestralizada, se observan períodos de fuerte expansión y otros en los que la inversión es significativamente baja. Desde el año 1988 a 1991, la tasa promedio es decreciente al 20% anual. A partir de ese mismo año hasta 1999, se observa una tasa de crecimiento promedio anual del 9,6%, impulsado en gran medida por el aumento en la inversión por parte de la Dirección Nacional de Vialidad. Por otra parte, durante el período 2000 a 2002, la tasa promedio anual decrece a un ritmo del 14%, momento en el que se produjo la crisis financiera más importante del período. A partir del año 2003 al 2008, se observa una tasa de crecimiento anual del 15,7% en promedio.

En lo que sigue se presentan los resultados de los dos modelos que representan la relación entre infraestructura vial y crecimiento en Uruguay, de las simulaciones de impulso-respuesta sobre estos modelos y de los análisis de causalidad. El primer modelo, denominado Modelo Base, especifica esta relación incluyendo únicamente las dos variables en cuestión. El segundo modelo incorpora como covariable en la ecuación de determinación de largo plazo un indicador de la demanda potencial específica por inversión en infraestructura vial: la cantidad de toneladas transportadas por vía terrestre.

El análisis de cada modelo se basa en el estudio de los contrastes de cointegración de Johansen, los test de exclusión y exogeneidad y de los contrastes de causalidad a la Granger. De acuerdo a estos resultados, se estudia la relación de equilibrio, la dinámica de corto plazo y el análisis de descomposición de varianza y simulaciones de impulso respuesta.<sup>7</sup>

### *Modelo Base*

El Modelo Base incluye únicamente las variables de PIB e inversión en infraestructura de transporte, por lo que el vector de variables endógenas queda especificado como sigue:

$$y_t = \{(\log PIB), (\log INFRA)\}$$

El planteo de un modelo VAR y la realización de las correspondientes pruebas de cointegración, permitió comprobar que ambas variables tienen

7 Las estimaciones se realizaron utilizando programa estadístico EViews 9.5 y JMulti4.

una relación de cointegración. En la especificación utilizada para el Test de Johansen se incluyó un término constante y en forma irrestricta variables *dummies* estacionales centradas, el efecto pascua y *outliers*, identificados en distintos períodos donde el análisis era distorsionado.<sup>8</sup> Se muestran los resultados de acuerdo al método de máximo valor propio, pero cabe destacar que tanto este método como el de la traza, arroja resultados similares.

CUADRO 2  
**RESULTADO DEL CONTRASTE DE COINTEGRACIÓN  
(PROCEDIMIENTO DE JOHANSEN) ENTRE PIB E INFRA**

Vectores de cointegración normalizados	Variables		Autovalor	Estadístico de Razón de Verosimilitud
	logPIB	logINFRA		
(H0: r=0) 1	-6,261982	4,350395	0,233197	27,95197*
(H0: r<=1) 2	-0,530154	-4,957414	0,016677	1,664954

(\*) Significativo al 5%. De acuerdo al criterio Akaike (AIC), se eligieron 8 retardos para la estimación del modelo.

Fuente: Estimaciones propias.

Los resultados sugieren la existencia de una relación de cointegración entre las variables (se rechaza la hipótesis nula de que no exista una relación de largo plazo, pero no se puede rechazar la hipótesis de que exista al menos una relación según el test de Johansen). Este primer hallazgo, permite confirmar una de las hipótesis de partida y se encuentra en línea con la mayoría (no todos) de los antecedentes antes citados que utilizan las mismas técnicas (ver por ejemplo, Mbulowa, 2017; Badalyan et al, 2014; Pradhan et al, 2013). Para confirmar la pertinencia de inclusión de ambas variables se realizaron los contrastes de exclusión de las variables sobre el vector de cointegración (sobre los  $\beta$  de la matriz  $\Pi$ ). El Cuadro 3 muestra que ambos coeficientes ( $\beta$ ) son significativamente distintos de cero lo que implica que ninguna de las variables debe estar excluida de la relación especificada.

8 Se detectaron cinco cambios de nivel (*level shifts*) en las siguientes fechas: I trimestre de 1992, III trimestre de 1995, III trimestre de 2002, II trimestre de 2007 y IV trimestre de 2007.

CUADRO 3  
**CONTRASTES DE EXCLUSIÓN ( $H_0: \beta = 0$ ) Y EXOGENEIDAD DÉBIL**  
**( $H_0: \alpha = 0$ )**

Hipótesis	Variable	Valor del estadístico	Rech $H_0$ al 95%
$H_0: \beta = 0$	logPIB	LR-test, rank=1: $\text{Chi}^2(1) = 11,47084$ [0,000707]*	Sí
	logINFRA	LR-test, rank=1: $\text{Chi}^2(1) = 24,46680$ [0,000001]*	Sí
$H_0: \alpha = 0$	logPIB	LR-test, rank=1: $\text{Chi}^2(1) = 0,146032$ [0,702356]	No
	logINFRA	LR-test, rank=1: $\text{Chi}^2(1) = 24,57252$ [0,000001]*	Sí

(\*) Significativo al 5%

Fuente: Estimaciones propias.

Asimismo, el Cuadro 3 presenta los resultados de los contrastes de exogeneidad débil, que muestran que el PIB es débilmente exógeno, por lo que no reacciona ante desviaciones en la relación de equilibrio. Por el contrario, la inversión en infraestructura vial no lo es, por lo que sí se ajusta endógenamente al equilibrio ante posibles perturbaciones en el sistema.

El Cuadro 4 presenta los resultados del contraste de causalidad en el sentido de Granger, para el cual se eligieron 5 retardos y muestra que el PIB causa en sentido de Granger a la inversión en infraestructura con un nivel de significación del 90%. Esto indica que la primera además de ser débilmente exógena, es, al 90% de significación, fuertemente exógena. La inversión en infraestructura no causa en sentido de Granger al PIB y tampoco es débilmente exógena, tal como se pudo comprobar en el test de exogeneidad débil.

CUADRO 4  
**TEST DE CAUSALIDAD A LA GRANGER**

Sample: 1988:1 2014:4			
Obs: 99			
<b>Dependent variable</b>	<b>Excluded</b>	<b>Chi-sq</b>	<b>Probability</b>
D(log(INFRA))	D(log(PIB))	10,67368	0,099
D(log(PIB))	D(log(INFRA))	6,923723	0,328

Fuente: Estimaciones propias.

La exogeneidad fuerte del PIB implica que movimientos en la inversión no causan cambios significativos en el crecimiento económico, tal como se vio en algunos de los antecedentes citados (por ejemplo, Badalyan et al, 2014; Beyzaltar et al, 2014; Pradhan et al, 2013).

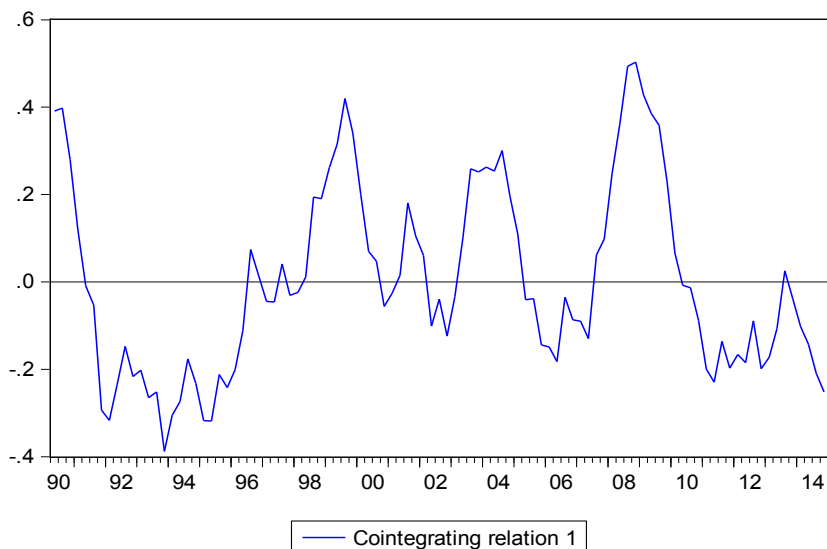
El modelo estimado teniendo en cuenta las restricciones de exogeneidad testeadas (es decir, imponiendo la restricción de  $\alpha=0$  para el PIB) fue el siguiente:

$$\log(\text{INFRA}) = 13,12070 + 0,709312 (\log(\text{PIB})) \quad (4)$$

(0,17699)

La ecuación 4 muestra que existe una relación positiva entre la Inversión en Infraestructura de transporte y el PIB en Uruguay. Nótese que los coeficientes pueden ser interpretados como elasticidades por lo que, si el PIB crece 10%, la inversión en infraestructura lo hará en un 7%, aproximadamente.

GRÁFICO 3  
**RELACIÓN DE COINTEGRACIÓN ENTRE LOG(PIB) Y LOG(INFRA)**



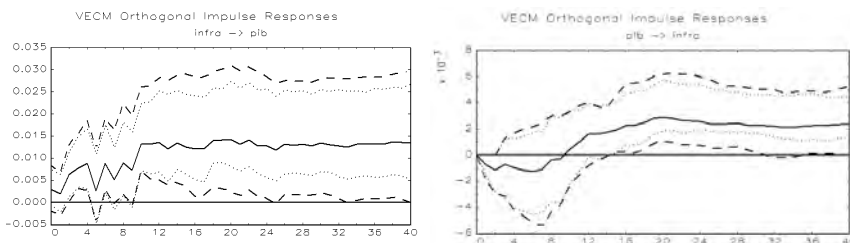
Fuente: Estimaciones propias.

En el Gráfico 3 se representa a la relación de cointegración entre ambas variables, que cumple a simple vista con el requisito de estacionariedad que asegura la existencia de cointegración. En éste se evidencia que desde el año 1991 hasta 1996, la relación se mantuvo por debajo del equilibrio. Esto condice con el período de menor inversión registrado en el análisis (ver gráfico 2). Por el contrario, a mediados del año 2007 y hasta el 2010, la relación se encuentra por encima del equilibrio, alcanzando un máximo en el año 2008, lo que se sustenta con el boom de la construcción que se dio durante ese año en nuestro país. Por el contrario, desde el año 2010, la relación se mantiene casi permanentemente por debajo del equilibrio. Esto significa que, la inversión vial se encuentra por debajo de lo que los parámetros estimados (que representan el equilibrio) y la evolución reciente del PIB de Uruguay indicarían. Este hallazgo parece ir en línea con lo que surge de algunos estudios técnicos realizados por Capurro et al. (2014) y Oddone (2016). En ellos se hace referencia a un déficit en la inversión en infraestructura vial y la necesidad, en consecuencia, de un aumento de dicha inversión, destinando un 1% del PIB anual para superar el déficit. Además, cabe destacar que, el comienzo de la brecha a la que hacen referencia estos autores entre las necesidades de inversión y la inversión propiamente dicha se sitúa justamente a partir del año 2010 (ver Gráfico 3), mostrando un déficit cada vez mayor.

El análisis de las simulaciones de impulso-respuesta (Gráfico 4) muestra que la respuesta de la inversión en infraestructura vial ante un shock en el PIB, es positiva luego de pasados los primeros diez períodos y significativa, tanto al 90% como al 95%. Esto implica que tienen que pasar más de dos años para que el efecto de un shock en el PIB, se manifieste en un aumento en la inversión en infraestructura vial, lo que demuestra el efecto tardío que tiene, por ejemplo, una mejora en el crecimiento económico para impactar sobre la inversión vial. Este hallazgo resulta interesante, teniendo en cuenta que los periodos de gobierno en Uruguay son de sólo cinco años, y un efecto tardío de los resultados, podría desmotivar el impulso a una inversión de este.

Por otro lado, la respuesta del PIB ante un shock en la inversión en infraestructura es casi nula, y esto es coherente con la literatura que se revisó. Nótese que este resultado puede deberse al periodo de tiempo que se analiza que es corto, y no captura, por lo tanto, las importantes inversiones que se realizaron en el sector de infraestructura en las décadas anteriores.

### GRÁFICO 4 SIMULACIONES DE IMPULSO RESPUESTA



Fuente: Estimaciones propias en JMulti. Intervalos de confianza al 95% y 90% Hall percentile con 100 iteraciones. IR ortogonal.

El Cuadro 5 resume los resultados del análisis de descomposición de varianza, mediante la factorización de Cholesky. Muestra que el porcentaje de varianza del PIB explicado por cambios en infraestructura vial es casi nulo. Lo contrario ocurre a la inversa, pero sólo después de transcurridos 15 períodos.

### CUADRO 5 DESCOMPOSICIÓN DE VARIANZA

Período	% Variación	
	log(PIB) debido a log(INFRA)	log(INFRA) debido a log(PIB)
5	1,22	3,29
10	0,68	5,34
15	0,89	8,57
20	0,62	18,93
25	0,46	26,65
30	0,36	29,57
35	0,29	31,21
40	0,25	34,03

Fuente: Estimaciones propias. Factorización de Cholesky. Simulación Monte Carlo con 1000 iteraciones.

### Modelo ampliado

Para agregar complejidad al análisis, se plantea un segundo modelo que incorpora además de las dos variables fundamentales (infraestructura vial y PIB) una variable que representara la demanda (necesidades) específica de infraestructura vial. Se utilizó para ello el indicador de toneladas transportadas de carga. Cabe precisar que en este caso se representó el crecimiento a través de la diferencia estacional de la transformación logarítmica del PIB, dando cuenta de la importancia de la estacionalidad interanual<sup>9</sup>. En este caso, el vector de variables endógenas es:

$$y_t = [d(\log(\text{PIB}), 0, 4), (\log \text{INFRA}), (\log \text{TRCARGA})]$$

En el Cuadro 6 se puede apreciar el resultado del contraste que indica la existencia de una relación de cointegración entre las variables, según el Test de Cointegración de Johansen.

#### CUADRO 6 RESULTADO DEL CONTRASTE DE COINTEGRACIÓN (PROCEDIMIENTO DE JOHANSEN) ENTRE PIB, INFRA Y TRCARGA

Vectores de cointegración normalizados	Variables			Autovalor	Estadístico de Razón de Verosimilitud
	logINFRA	D(LOG(PIB),0,4)	logTRCARGA		
(H0: r=0) 1	-8,161683	10,90303	3,063408	0,355793	41,77486*
(H0: r<=1) 2	2,570225	23,35758	-5,119651	0,111747	11,25738
	0,690872	-2739325	-2,760949	0,059480	5,825627

(\*) Significativo al 5%. De acuerdo al criterio Akaike (AIC), se eligieron 8 retardos para la estimación del modelo.

Fuente: Estimaciones propias.

A su vez, los resultados de los contrastes de exclusión muestran que todas las variables del modelo son significativas.

9 Además, se tuvieron en cuenta *dummies* estacionales (que en este caso sólo afectan al indicador de transporte de carga), el efecto pascua y 9 *outliers* (*level shifts*) en las siguientes fechas: I trimestre de 1992, IV trimestre de 1994, III trimestre de 1995, III trimestre de 1996, I trimestre de 1998, I trimestre de 2000, III trimestre de 2002, III trimestre de 2008 y IV trimestre de 2011.

CUADRO 7  
**CONTRASTES DE EXCLUSIÓN (H0:  $\beta = 0$ ) Y EXOGENEIDAD DÉBIL**  
**(H0:  $\alpha = 0$ )**

Hipótesis	Variable	Valor del estadístico	Rech H0 al 95%
H0: $\beta = 0$	logPIB	LR-test, rank=1: $\text{Chi}^2(1)=4,392834$ [0,036090]*	Sí
	logINFRA	LR-test, rank=1: $\text{Chi}^2(1)=23,80043$ [0,000001]*	Sí
	logTRCARGA	LR-test, rank=1: $\text{Chi}^2(1)=5,105133$ [0,023855]*	Sí
H0: $\alpha = 0$	logPIB	LR-test, rank=1: $\text{Chi}^2(1)=1,053355$ [0,304736]	No
	logINFRA	LR-test, rank=1: $\text{Chi}^2(1)=25,24187$ [0,000001]*	Sí
	logTRCARGA	LR-test, rank=1: $\text{Chi}^2(1)=4,589769$ [0,032163]*	Sí

(\*) Significativo al 5%

Fuente: Estimaciones propias.

El análisis de exogeneidad débil indica que el crecimiento interanual del PIB es débilmente exógeno, por lo que no reacciona ante desviaciones en la relación de equilibrio (Cuadro 7). Por el contrario, tanto la inversión en infraestructura vial como las toneladas transportadas no lo son, por lo que ambas variables ajustan endógenamente al equilibrio ante posibles perturbaciones. Adicionalmente, el contraste de causalidad en el sentido de Granger, para el cual se eligieron 8 retardos, confirma que el crecimiento del PIB es fuertemente exógeno, causa a la inversión en infraestructura vial, pero no es afectado por esta última (Cuadro 8).

CUADRO 8  
**TEST DE CAUSALIDAD A LA GRANGER**

Sample: 1988:1 2014:4			
Obs: 95			
<b>Dependent variable</b>	<b>Excluded</b>	<b>Chi-sq</b>	<b>Probability</b>
D(log(INFRA))	D(log(PIB),1,4)	15,76012	0,0459
	D(log(TRCARGA))	18,13616	0,0202
D(log(PIB),1,4)	D(log(INFRA))	11,07727	0,1974
	D(log(TRCARGA))	9,96856	0,2672

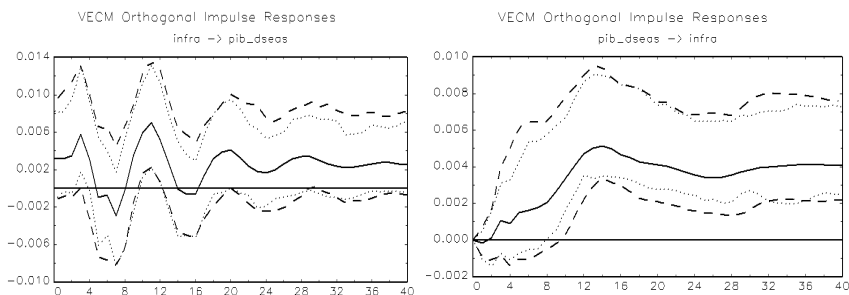
Fuente: Estimaciones propias.





Al igual que en el modelo anterior, durante los años 90 la relación se mantiene por debajo del equilibrio, mostrando una vez más el marcado déficit de inversión en infraestructura vial en el período. Asimismo, hacia el año 2014 se puede notar que la relación se ubica por debajo del equilibrio, lo que podría estar indicando la existencia de déficit en la inversión en infraestructura de transporte, dada la evolución del PIB y del transporte de carga. Pero, a diferencia de lo que se evidencia en el modelo base, se evidencia un comportamiento oscilante entre el año 2009 y 2013, pasando de valores por debajo del equilibrio (entre 2009 y 2011) a valores por sobre el equilibrio de largo plazo (en los años 2012 y 2013). Del análisis impulso respuesta (Gráfico 6) surge que la respuesta de la inversión en infraestructura vial ante un shock en el crecimiento interanual del PIB es positiva y significativamente distinta de cero a partir del octavo trimestre (al 90%), y del décimo trimestre al 95%.

### GRÁFICO 6 SIMULACIONES IMPULSO RESPUESTA



Fuente: Estimaciones propias en JMulti. Intervalos de confianza al 95% y 90% Hall percentile con 100 iteraciones. IR ortogonal.

Por otra parte, la respuesta del crecimiento ante un shock en infraestructura es casi nulo, resultado acorde al esperado dada la exogeneidad fuerte que presenta la variable. Por último, a partir de la descomposición de varianza es posible afirmar que variaciones en la inversión vial no generan cambios importantes en el crecimiento. El porcentaje de variación de la inversión vial explicada por el crecimiento del PIB crece a partir de los primeros 10 períodos, superando el 50%.

CUADRO 9  
**DESCOMPOSICIÓN DE VARIANZA**

<b>% Variación</b>		
Período	log(PIB) debido a log(INFRA)	log(INFRA) debido a log(PIB)
5	1,33	0,96
10	2,87	1,23
15	4,86	22,14
20	6,89	37,21
25	6,88	45,13
30	7,29	47,38
35	7,11	50,51
40	6,98	54,11

Fuente: Estimaciones propias. Factorización de Cholesky. Simulación Monte Carlo con 1000 iteraciones.

Nótese que el rezago de la inversión en infraestructura de transporte respecto del crecimiento del producto fortalece la evidencia de que se requieren varios períodos de crecimiento para que la inversión en este sector se realice. Ello parece indicar que para que el impulso de ciertas actividades relacionadas al transporte, como puede ser el caso del transporte de carga de madera y otros, se traduzca en un aumento de la inversión en infraestructura, puede transcurrir más de dos años.

---

## 5. CONCLUSIONES

---

Este estudio investigó sobre la existencia de una relación causal entre la inversión en infraestructura de transporte, medida por la inversión en infraestructura vial, y el crecimiento económico de Uruguay entre 1988 y 2014. Mediante la estimación de modelos de corrección al equilibrio se analizaron dos modelos alternativos: uno más simple donde se analizó la relación únicamente entre las dos variables en cuestión y un segundo modelo que incluyó como covariable las toneladas transportadas (para captar la demanda específica por servicios de infraestructura). En ambos modelos se hallaron relaciones de cointegración (equilibrio en el largo plazo que ligaban) crecimiento e inversión. Asimismo, en ambos la dirección de la

causalidad va desde el PIB hacia la inversión y no a la inversa. Esto significa que cambios en el PIB, provocan movimientos en la inversión en infraestructura, pero estos últimos no logran tener un efecto significativo sobre el PIB como consecuencia de un aumento en la inversión.

Los resultados permitieron confirmar la existencia de una relación de equilibrio entre inversión en infraestructura vial y crecimiento económico en Uruguay. Ello va en línea con la buena parte de los antecedentes citados. La causalidad encontrada es unidireccional y va desde el crecimiento a la inversión, y no a la inversa como en la mayoría de los antecedentes revisados (ver Achour & Belloumi, 2016; Chang & Nieh, 2004; Mbulawa, 2017; Serdaru lu, 2016) ni bidireccional (por ejemplo, en Badalyan et al, 2014; Beyzaltar et al, 2014; Pradhan et al, 2013). No obstante, como se mencionó antes, la evidencia internacional no es conclusiva al respecto y estos resultados parecen corroborar esta indeterminación.

Los análisis de impulso respuesta de ambos modelos, así como los de descomposición de varianza, presentan resultados similares mostrando el efecto tardío (aunque significativo) del crecimiento en la inversión. Cabe mencionar que, hacia finales del período estudiado, las relaciones de cointegración de ambos modelos se encuentran por debajo del equilibrio, lo cual evidencia un desajuste entre la inversión en el sector y la dinámica del PIB.

Los resultados alcanzados en lo que refiere a la dirección de la causalidad pueden tener distintas explicaciones. Una posible explicación puede encontrarse en lo que Kustapeli et al. (2012) denominan *uso ineficiente de la inversión*. Tómese en cuenta que, en Uruguay, la inversión en infraestructura vial mayormente se basa en la reparación de rutas existentes y no en la construcción de nuevos caminos, y tampoco de carreteras especialmente diseñadas para el soporte del transporte de carga, que faciliten el movimiento de los bienes. Este punto, podrá ser motivación de futuras investigaciones al respecto. La falta de constancia en las inversiones en infraestructura vial en Uruguay, y las necesidades que ha tenido el sector exportador en el período, pueden explicar en parte los resultados hallados. No puede notarse el impulso al crecimiento económico si la inversión en infraestructura de transporte no es suficiente o eficiente (Kustapeli et al, 2012; Sánchez & Wilmsmeier 2005).

Sería de interés para futuras investigaciones, incorporar a este análisis datos de inversión no solo en infraestructura vial, sino también inversiones en aeropuertos, vías férreas y puertos. Para ello, sería necesario realizar

una recopilación de información más exhaustiva, incluyendo no sólo la concerniente al sector público, sino también la del sector privado incluyendo capitales extranjeros. También sería importante estudiar la relación entre el crecimiento de la economía del turismo y la inversión en infraestructura vial y del transporte, como sugerido en (Brida et al, 2017 a y b).

## BIBLIOGRAFÍA

- ACHOUR, H. & BELLOUMI, M. (2016): "Investigating the causal relationship between transport infrastructure, transport energy consumption and economic growth in Tunisia." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 988-998.
- ASCHAUER, D. A. (1989): "Is public expenditure productive?" *Journal of Monetary Economics*, 23(2), 177-200.
- BADALYAN, G., HERZFELD, T. & RAJCANIOVA, M. (2014): "Transport infrastructure and economic growth: Panel data approach for Armenia, Georgia and Turkey." *Review of Agricultural and Applied Economics*, XVII (Number 2, 2014): 22-31. doi: 10.15414/raae.2014.17.02.22-31
- BANISTER, D. & BERECHMAN, Y. (2001): "Transport investment and the promotion of economic growth." *Journal of Transport Geography*, 9(3), 209-218.
- BEYZATLAR, M. A., KARACAL, M. & YETKINER, H. (2014): "Granger-causality between transportation and GDP: A panel data approach" *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 63, 43-55.
- BOM, P. R., & LIGTHART, J. E. (2014): "What have we learned from three decades of research on the productivity of public capital?" *Journal of Economic Surveys*, 28(5), 889-916.
- BOOPEN, S. (2006): "Transport infrastructure and economic growth: evidence from Africa using dynamic panel estimates." *The Empirical Economics Letters* 5(1), 37-52.
- BRIDA, J.G., BRINDIS, M., MEJÍA, M.L. AND ZAPATA AGUIRRE, S. (2017a): "La contribución del Turismo al crecimiento económico de Colombia: análisis por ramas características del sector utilizando CST." *Revista de Estudios Regionales* 109: 121-138.
- BRIDA, J.G., GONZALEZ, M.N. AND LANZILOTTA, B., (2017b): "Análisis de los determinantes del turismo interno en Uruguay." *Revista de Estudios Regionales* 108:43-78
- CAPURRO, A., HARGUINDEGUY, S. & ODDONE, G. (2014): "Necesidades de inversión en infraestructura vial en Uruguay." Documento de trabajo No. 1 - Centro de Estudios Económicos de la Industria de la Construcción (disponible en <http://ceeic.uy/documentos/18-documentos-de-trabajo/6-dt-n-1-necesidades-de-inversion-en-infraestructura-vial-en-uruguay-2014>).
- CHANG, T., & NIEH, C. C. (2004): "A note on testing the causal link between construction activity and economic growth in Taiwan." *Journal of Asian Economics*, 15(3), 591-598.
- CLARKE, C., & BATINA, R. G. (2017): "A Replication of "Is Public Expenditure Productive? (Journal of Monetary Economics, 1989)." *Public Finance Review*, 1091142117736606.
- ERUYGUR, A., KAYNAK, M. & MERT, M. (2012): "Transportation-Communication Capital and Economic Growth: A VECM Analysis for Turkey." *European Planning Studies*, 20(2), 341-363.
- ESFAHANI, H. S. & RAMÍREZ, M. T. (2003): "Institutions, infrastructure, and economic growth." *Journal of Development Economics*, 70(2), 443-477.
- EUROSTAT (2014): "Fundamentos de SCN: Formulación de los elementos básicos." (disponible en <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/6740144/KS-GQ-14-008-ES-N.pdf/eea9859c-3d9e-4c4b-9d90-ca613aa119f1>).
- FARHADI, M. (2015): "Transport infrastructure and long-run economic growth in OECD countries." *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 74, 73-90.
- GRANGER, C. W. (1988): "Some recent development in a concept of causality." *Journal of Econometrics*, 39(1-2), 199-211.
- HENDRY, D. F. (2017): "Granger Causality." *European Journal of Pure and Applied Mathematics*, 10(1), 12-29.

- HERRANZ-LONCÁN, A. (2007): "Infrastructure investment and Spanish economic growth, 1850–1935." *Explorations in Economic History*, 44(3), 452-468.
- HOOVER, K. D. (2001): *Causality in macroeconomics*. Cambridge University Press.
- HULTEN, C. R., & SCHWAB, R. M. (1991): "Public capital formation and the growth of regional manufacturing industries." *National Tax Journal*, 121-134.
- JOHANSEN, S. (1988): "Statistical analysis of cointegration vectors." *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2-3), 231-254.
- JUSELIUS, K. (2006): *The Cointegrated VAR Model: Methodology and Applications*. Oxford University Press: Oxford.
- KU TEPELI, Y., GÜLCAN, Y. & AKGÜNGÖR, S. (2012): "Transportation infrastructure investment, growth and international trade in Turkey." *Applied Economics*, 44(20), 2619-2629.
- LAKSHMANAN, T. R. (2011): "The broader economic consequences of transport infrastructure investments." *Journal of Transport Geography*, 19(1), 1-12.
- MAS, M., MAUDOS, J., PÉREZ, F., & URIEL, E. (1996): "Infrastructures and productivity in the Spanish regions." *Regional Studies*, 30(7), 641-649.
- MBULAWA, S. (2017): "The Impact Of Economic Infrastructure On Long Term Economic Growth In Botswana." *Journal of Smart Economic Growth*, 1(2), 15-33.
- ODDONE, G. (2016): Foro: Inversiones en Infraestructura para apuntalar la competitividad. Centro de Estudios Económicos de la Industria de la Construcción. (disponible en <http://ceeic.uy/documentos/21-eventos/65-foro-inversiones-en-infraestructura-para-apuntalar-la-competitividad>).
- PEÑA SÁNCHEZ, A. R. (2008): "Las disparidades económicas regionales en España: Las infraestructuras como factor de convergencia en el periodo 1980-2000." *Revista de Estudios Regionales*, (82).
- PRADHAN, R. P. & BAGCHI, T. P. (2013): "Effect of transportation infrastructure on economic growth in India: The VECM approach." *Research in Transportation Economics*, 38(1), 139-148.
- PRADHAN, R. P., NORMAN, N. R., BADIR, Y. & SAMADHAN, B. (2013): "Transport Infrastructure, Foreign Direct Investment and Economic Growth Interactions in India: The ARDL Bounds Testing Approach." *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 104, 914-921.
- PRADHAN, R. P., SAMADHAN, B. & PANDEY, S. (2013): "Transportation-Communication Infrastructure and Economic Growth: The Panel VAR Application." *Journal of Economic and Social Research*, 15(2), 41.
- QUILIS, E. M. & DE CUENTAS NACIONALES, S. G. (1998): Trimestralización de la inversión en bienes de equipo: series brutas, desestacionalizadas y de ciclo-tendencia. SG Cuentas Nacionales, Instituto Nacional de Estadística, Madrid. (disponible en <http://www.ine.es/daco/daco42/daco4214/cbtc7.pdf>).
- ROMÁN, C. & WILLEBALD, H. (2012): "Indicadores de inversión en el largo plazo. Una propuesta para Uruguay (1870-2011)." Documento de Trabajo, (No. 12-21). Instituto de Economía -IECON. (disponible en <https://econpapers.repec.org/paper/ulrwpaper/dt-21-12.html>).
- RUFÍAN LIZANA, D. M. (2002): "Políticas de concesión vial: análisis de las experiencias de Chile, Colombia y Perú." CEPAL. (disponible en <http://archivo.cepal.org/pdfs/2002/S02297.pdf>).
- SÁNCHEZ, R. J. & WILMSMEIER, G. (2005): "Provisión de infraestructura de transporte en América Latina: experiencia reciente y problemas observados." United Nations Publications. (disponible en <http://archivo.cepal.org/pdfs/2002/S02297.pdf>)

- SERDARO LU, T. (2016): "The Relationship Between Public Infrastructure and Economic Growth in Turkey." (disponible en <http://www.kalkinma.gov.tr/Lists/Yaynlar/>).
- SHORT, J. & KOPP, A. (2005): "Transport infrastructure: investment and planning. Policy and research aspects." *Transport Policy*, 12(4), 360-367.
- THOUNG, C., TYLER, P. & BEAVEN, R. (2015): "Estimating the contribution of infrastructure to national productivity in Europe." *Infrastructure Complexity*, 2(1), 1.
- YU, N., DE JONG, M., STORM, S. & MI, J. (2012): "The growth impact of transport infrastructure investment: A regional analysis for China (1978-2008)." *Policy and Society*, 31(1), 25-38.



## ANEXO

---

### CONTRASTES DE COINTEGRACIÓN

---

**CUADRO A1**  
**RESULTADOS DE ESTIMACIONES DE VECTORES DE**  
**COINTEGRACIÓN (PROCEDIMIENTO DE JOHANSEN) ENTRE**  
**INFRA Y FBKF\_CONSTR**

Vectores de cointegración normalizados	Variables		Autovalor	Estadístico de Razón de Verosimilitud
	logINFRA	logFBKF_CONSTR		
<b>(H0: r=0) 1</b>	-4,912768	3,363872	0,451108	14,39648*
<b>(H0: r&lt;=1) 2</b>	2,443634	2,881735	0,082065	2,055101

(\*) Significativo al 5%. De acuerdo al criterio Akaike (AIC), se eligieron 2 retardos para la estimación del modelo.

Fuente: Estimaciones propias.

**CUADRO A2**  
**RESULTADOS DE ESTIMACIONES DE VECTORES DE**  
**COINTEGRACIÓN (PROCEDIMIENTO DE JOHANSEN) ENTRE**  
**TRCARGA E IVFINDMANUF**

Vectores de cointegración normalizados	Variables		Autovalor	Estadístico de Razón de Verosimilitud
	logTRCARGA	logIVFINDMANUF		
<b>(H0: r=0) 1</b>	7,914426	-4,762888	0,774578	31,28537*
<b>(H0: r&lt;=1) 2</b>	1,400601	8,91035	0,0129	0,272670

(\*) Significativo al 5%. De acuerdo al criterio Akaike (AIC), se eligieron 5 retardos para la estimación del modelo.

Fuente: Estimaciones propias.

---

### ANÁLISIS DEL ORDEN DE INTEGRACIÓN DE LAS VARIABLES

---

Para analizar el orden de integración de las mismas, en el presente trabajo, utilizaremos el test de Dickey-Fuller Aumentado (ADF). La hipótesis nula del ADF refiere a que la serie presenta una raíz unitaria mientras que la hipótesis alternativa no tiene una especificación, simplemente indica que la serie es estacionaria. Como bajo la hipótesis nula la serie no tiene una distribución estándar, se utilizan tablas elaboradas por Dickey y Fuller (y extendidas por MacKinnon) para testear la hipótesis de cada uno de los

modelos, que pueden ser sin constante ni tendencia, sólo con constante, o con constante y tendencia.

En primer lugar, de modo de descartar que las series sean  $I(2)$ , es decir, que su orden de integración sea igual a dos, se realiza el test para cada una de las series en primeras diferencias. Para la serie de PIB, se considera como hipótesis alternativa la existencia de una constante, lo que implica la posibilidad de que exista una tendencia en niveles. En cuanto al resto de las variables consideradas, no se tuvo en cuenta la existencia de una constante como hipótesis auxiliar.

### CUADRO A3 CONTRASTES DE RAÍZ UNITARIA

<b>Dickey - Fuller Aumentado (ADF)</b>				
<b>HO = Existencia de raíz unitaria</b>				
	<b>Valor del estadístico en niveles</b>	<b>Rech. Ho Al 95%</b>	<b>Valor del estadístico primera diferencia</b>	<b>Rech. Ho Al 95%</b>
<b>PIB (LogPIB)</b>	-2,004 (8 lags, con cte y tend)	No	-3,721 (3 lags, con cte)	Sí
<b>Inversión en Infraestructura de Transporte (LogINFRA)</b>	-1,899 (10 lags, con cte)	No	-5,644 (4 lags, sin cte ni tendencia)	Sí
<b>Transporte de Carga (TRCARGA)</b>	-2,544 (1 lag, con cte)	No	-11,171 (1 lag, sin cte ni tendencia)	Sí

**El número de lags se determinó según el criterio AIC.**

Fuente: Estimaciones propias.

Como se puede apreciar en el Cuadro A1, para las series en primera diferencia, se rechaza la hipótesis nula que indica que la serie presenta una raíz unitaria, ya que el p-valor es menor a 0.05. Por lo tanto, se descarta la posibilidad de que las series tengan un orden de integración mayor a 1. En el caso del PIB se tomó como hipótesis alternativa la existencia de una constante, la cual resultó significativa dando lugar a una tendencia en niveles.

Luego fue realizado el mismo test pero con las variables en niveles para determinar si las series son estacionarias  $I(0)$ , o de lo contrario son  $I(1)$ , es decir no estacionarias de orden 1.

Como resultado se encontró que todas las series son  $I(1)$ , como era de esperarse luego de observar las características gráficas de las mismas.

---

## ANÁLISIS DE ESTACIONALIDAD DEL PIB

---

Por otra parte, observando los correlogramas de las variables, se sugiere la presencia de alguna raíz unitaria de tipo estacional, sobre todo en el caso de la variable PIB. Para contrastar la existencia de raíces unitarias, ya sea en la parte regular o/y en la parte estacional, se utiliza el Test de OCSB (Osborn, Chu, Smith, Birchenhall, 1988). Este test se realiza a partir de la siguiente regresión para datos de frecuencia trimestral, donde las variables  $D_t$  son dummies estacionales:

### Ecuación A1

$$\Delta\Delta 4y_t = \sum_{k=1}^4 \delta_k D_{kt} + \beta_1 \Delta 4y_{t-1} + \beta_2 \Delta y_{t-4} + \sum_{j=1}^4 \gamma_j \Delta \Delta 4y_{t-j} + \varepsilon_t$$

Al igual que con el test de Dickey-Fuller, los estadísticos no siguen una distribución estándar, por lo que también se utilizan tablas especiales con sus respectivos valores críticos. En el siguiente cuadro se pueden observar los resultados del test:

CUADRO A4  
TEST DE OCSB PARA PIB

<b>Test de OCSB</b>		
<b>Lags: 4</b>		
	<b>Valor del estadístico</b>	<b>Rech. Ho Al 95%</b>
<b>Ho <math>\beta_1=0</math> existencia raíz regular</b>	-2,444	No
<b>Ho <math>\beta_2=0</math> existencia raíz estacional</b>	-2,844	No
<b>El número de lags se determinó según el criterio AIC.</b>		

Fuente: Estimaciones propias.

Se obtiene que tanto  $\beta_1$  como  $\beta_2$  son significativas, por lo que se desprende la existencia no solo de una raíz regular sino también una raíz de tipo estacional en el caso de la variable PIB.

CUADRO A5  
**TEST DE RAÍZ UNITARIA PARA D(LOG(PIB),0,4)**

<b>Dickey - Fuller Aumentado (ADF)</b>		
<b>HO = Existencia de raíz unitaria</b>		
	<b>Valor del estadístico en niveles</b>	<b>Rech. Ho Al 95%</b>
<b>DPIB D(Log(PIB),0,4)</b>	-2,353 (4 lags, con cte)	No
<b>El número de lags se determinó según el criterio AIC.</b>		

Fuente: Estimaciones propias.

Para recoger estos resultados, en el modelo base se representa el crecimiento mediante el  $\log(\text{PIB})$  considerando en el modelo *dummies* estacionales, para dar cuenta del patrón no estacionario de esta variable (aunque representándolo en forma determinista no aleatoria).

