



NOTAS FISCALES

**Ministerio de Hacienda
y Crédito Público**

Dirección General de
Política Macroeconómica

Centro de Estudios Fiscales

2018

**Relación entre la tasa
de inversión y el
crecimiento económico
en Colombia**

- Juan Sebastian Betancur
- Camila Orbegozo Daza
- Daniela Gantiva Parada



MINHACIENDA



Relación entre la tasa de inversión y el crecimiento económico en Colombia

Juan Sebastian Betancur*

Camila Orbeagozo Daza**

Daniela Gantiva Parada***

Abstract

Tras el colapso de los precios del petróleo, las estimaciones de crecimiento potencial de Colombia han sido revisadas a la baja, pese a que la tasa de inversión ha permanecido en niveles elevados, desde una perspectiva tanto internacional como histórica. Este trabajo provee evidencia que contribuye a explicar dicha realidad.

A partir de modelos VAR y VEC, se estima la relación entre la inversión total (y por componentes) y el crecimiento económico. Los resultados indican que, la formación bruta de capital en maquinaria y equipo es la única categoría de la inversión que causa (en el sentido de Granger) el crecimiento del PIB observado y potencial. Además, las estimaciones sugieren que, el canal a través del cual este tipo de inversión genera un efecto multiplicador en el PIB potencial es su impacto sobre la Productividad Total de los Factores (PTF). No obstante, la evidencia muestra que esta inversión responde significativa y negativamente a la depreciación nominal, lo que se explica debido a su alto componente de importados. La principal implicación de este resultado es que, al menos por este canal, la tasa de cambio contribuye a la profundización de los ciclos económicos, vía el efecto procíclico que induce en la inversión en maquinaria y equipo, la PTF y el PIB potencial.

El contenido de esta nota corresponde a la visión y opinión exclusiva de los autores y no del Ministerio de Hacienda y Crédito Público

*Correo de contacto: juan.betancur@columbia.edu

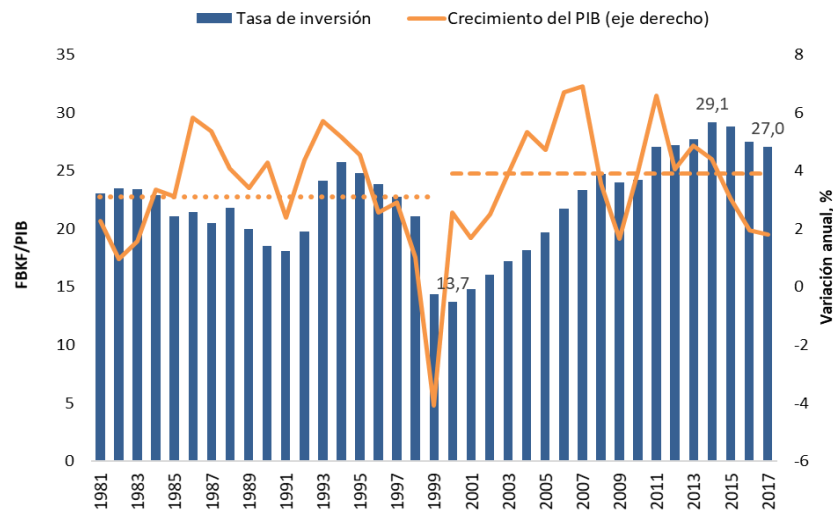
**Correo de contacto: maria.orbeagozo@minhacienda.gov.co

***Correo de contacto: dgantivap@unal.edu.co

1. Introducción

Durante las últimas dos décadas, Colombia ha evidenciado un aumento significativo en la participación de la inversión en la actividad productiva, fenómeno que ha estado acompañado de una aceleración en el ritmo de crecimiento. En efecto, la tasa de inversión¹ pasó de 13,7% en el 2000 a un máximo histórico de 29,1% en 2014, momento a partir del cual ha presentado una moderada corrección, tras la caída en los precios del petróleo hasta 27% en 2017. En ese contexto, el crecimiento económico promedio fue 3,1% en el periodo 1981-1999, cifra que se incrementó hasta 3,9% en 2000-2017.

Gráfico 1. Tasa de inversión y crecimiento del PIB en Colombia



Nota: La participación de la inversión en capital fijo en el PIB se calculó a partir de series empalmadas entre 1981-2017. Se utilizaron datos base 2005.

Fuente: DANE. Cálculos DGPM - MHCP

Recientemente, la economía colombiana ha enfrentado fuertes choques que se han traducido a una desaceleración de la actividad productiva, y una importante reducción de las perspectivas de crecimiento potencial. Pese a ello, la tasa de inversión se ha mantenido en niveles altos. En este sentido, varias preguntas saltan a la vista: ¿La revisión a la baja de las expectativas de crecimiento potencial son consistentes con una proyección de la tasa de inversión que se mantiene en niveles elevados?, ¿es la inversión la que determina el crecimiento o la actividad productiva la que explica la dinámica de la inversión? El propósito de este documento es encontrar respuesta a estos interrogantes, enfocándose principalmente en la regularidad empírica de la economía colombiana.



Adicional a esta introducción, este documento está dividido en tres secciones. La segunda presenta una caracterización de la inversión en Colombia por componentes. La tercera resume los resultados derivados de una serie de ejercicios empíricos en los cuales se evalúan: i) el sentido de la causalidad entre la inversión y el crecimiento económico; ii) la magnitud del impacto de un choque en la inversión sobre la dinámica del PIB real y potencial; y iii) algunos de los canales a través de los cuales la inversión afecta el comportamiento de la actividad productiva. La cuarta sección concluye.

2. Caracterización de la inversión en Colombia

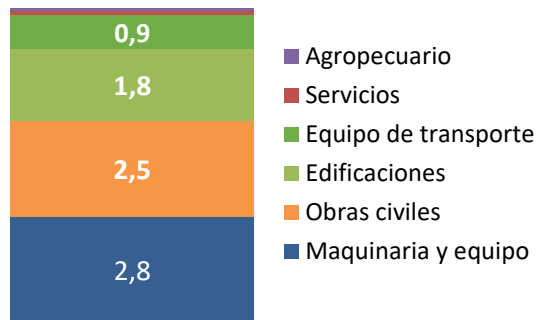
La composición de la tasa de inversión provee información valiosa sobre su capacidad de generar efectos multiplicadores sobre la economía. Por esta razón, esta sección analiza brevemente los componentes de la formación de capital fijo en Colombia que más han incidido en su tendencia creciente desde inicios del nuevo milenio.

La significativa recuperación en la tasa de inversión ha estado explicada, fundamentalmente, por un alto dinamismo de la formación de capital en maquinaria y equipo y en obras civiles que, según la literatura, son algunos de los principales promotores de la productividad total de los factores (PTF) (DeLong & Summers, 1992 y Munnell, 1992).

La inversión en maquinaria y equipo y en obras civiles en el año 2000 representaba apenas 3,2% y 4,7% del PIB, respectivamente, mientras que al cierre de 2017 el peso de estos componentes ascendió a 8% y 9,4% del PIB. Más aún, en el periodo 2000-2017, estos dos tipos de inversión registraron tasas de crecimiento anual compuesto promedio de 9,8% y 8,3%, respectivamente, en un contexto en el que la inversión en capital fijo se expandió a un ritmo promedio de 8,2%. Dado que, además, estos son los componentes con mayor participación en la inversión, su contribución al crecimiento de la formación de capital fue sustancial (Gráfico 2).

Es importante destacar que, en el caso de obras civiles, cerca del 40% de la inversión se concentra actualmente en infraestructura terrestre, mientras que una cuarta parte se destina a construcciones para la minería. El resto se utiliza principalmente para la construcción de escenarios deportivos, parques, obras de impacto ambiental y obras hidráulicas (puertos y vías de agua).

Gráfico 2. Contribución al crecimiento de la inversión en capital fijo por componentes en el periodo 2000-2017



Fuente: DANE y cálculos DGPM - MHCP.

*La contribución se estimó utilizando la participación promedio y el crecimiento anual compuesto de cada componente.

La inversión dirigida a la adquisición de maquinaria y equipo, por su parte, contiene entre sus categorías de mayor peso la maquinaria para usos especiales. Este componente representa una quinta parte del total y, teniendo en cuenta los productos que incluye², parece guardar una alta relación con la tecnología utilizada por las empresas en su proceso productivo³. Otras categorías de alta participación son: equipos de telecomunicaciones (20,6%), depósitos y equipos de usos generales (19%) y aparatos médicos (12,4%).

Vale resaltar que, durante el último lustro, el dinamismo de la inversión en maquinaria y equipo se ha moderado, cediendo terreno al componente de obras civiles, que hoy por hoy explica más de una tercera parte de la formación bruta de capital total del país, y que ha estado jalonado por los crecientes desembolsos asociados a la construcción de las carreteras 4G, otros proyectos de infraestructura de transporte por medio de Alianzas Público Privadas (APPs) y proyectos de obra pública en las regiones.

3. Relación entre inversión y crecimiento económico

Para determinar cuál es la relación existente entre la inversión y el crecimiento económico en Colombia, es necesario comenzar por analizar si la interacción entre estas variables está mediada por una relación causal y, en caso afirmativo, determinar el sentido de la misma. En segunda instancia, se procede a cuantificar

la magnitud en la cual la inversión afecta la dinámica de la actividad económica agregada, así como su impacto en el crecimiento potencial. Por último, se discuten algunos de los canales a través de los cuales la inversión afecta la dinámica económica.

3.1. ¿Existe evidencia de una relación causal entre la inversión y el crecimiento del PIB?

Para definir la relación existente entre la inversión y el crecimiento del PIB se utilizó la prueba de causalidad de Wiener-Granger, que permite determinar si el comportamiento pasado de una variable explica estadísticamente la dinámica de otro indicador en el futuro. Ciertamente, la correlación entre los rezagos de una variable y otra es insuficiente para confirmar la existencia de una relación causal, pero sí constituye evidencia de que podría haberla.

Para efectos de este trabajo, se aplicó la prueba de Granger⁴ para diversos pares de variables con frecuencia trimestral, con cifras desde 2000-T1 hasta 2017-T3. Primero, se evaluó la relación entre el crecimiento del PIB real y la variación anual de la inversión en capital fijo. Posteriormente, se replicó el análisis para el crecimiento del PIB potencial⁵ y de la inversión en capital fijo. En tercera medida, se analizó la relación entre el crecimiento del PIB real y cada uno de los cuatro componentes de la inversión con mayor participación⁶ y, finalmente, se repitió el ejercicio, esta vez reemplazando la tasa de crecimiento del PIB real por la del PIB potencial.

Tres resultados a destacar surgieron de estos ejercicios: i) el comportamiento de la inversión en capital fijo no explica el crecimiento del PIB real ni potencial, pero el crecimiento económico sí parece incidir en la formación de capital; ii) el crecimiento de la inversión en maquinaria y equipo sí causa, en el sentido de Granger, el crecimiento del PIB real y potencial; y iii) el resto de componentes de la inversión no afectan causalmente la dinámica de la actividad productiva (Cuadro 1).

Cuadro 1. Prueba de causalidad de Granger entre el crecimiento económico y la inversión⁷

X \ Y	PIB Real		PIB Potencial	
	X causa Y	Y causa X	X causa Y	Y causa X
Formación de capital fijo	No	Si	No	Si
Obras civiles	No	No	No	Si
Edificaciones	No	No	No	No
Equipo de transporte	No	No	No	No
Maquinaria y equipo	Si	Si	Si	Si

Fuente: cálculos de los autores.

Lo anterior sugiere que, durante las últimas dos décadas, el efecto de la inversión en el crecimiento económico (incluso del PIB potencial) ha respondido en esencia a la acumulación de capital en maquinaria y equipo. Este resultado es razonable, si se tiene en cuenta que buena parte del capital asociado a este componente parece ser utilizado por el tejido empresarial para mejorar sus procesos productivos, en un amplio espectro de ramas de actividad económica y, consecuentemente, apalanca el avance de la productividad agregada.

El resto de componentes de la inversión parece no haber generado un aporte a la actividad productiva más allá de su contribución contable en el sistema de cuentas nacionales. En el caso puntual de obras civiles, los resultados pueden estar explicados por el criterio actual de medición de desembolsos, y por la alta participación de esta inversión que estuvo destinada a la minería, sector cuyo multiplicador en otros sectores económicos es limitado.

Como el componente de formación de capital que determina el crecimiento económico es el de maquinaria y equipo, los ejercicios presentados en adelante se enfocan únicamente en este tipo de inversión.

3.2. ¿Cuál es el impacto de un choque en la inversión en maquinaria y equipo en la dinámica económica?

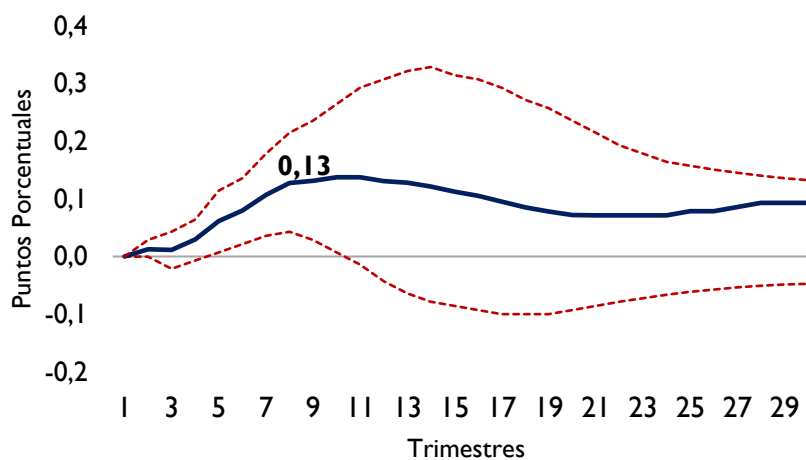
En este apartado se realizan ejercicios para evaluar el impacto de un choque en la formación de capital de maquinaria y equipo sobre el crecimiento económico.

Para ello, se calibraron inicialmente dos modelos de Vectores Autorregresivos (VAR) compuestos por diferentes combinaciones de variables a saber: crecimiento anual del PIB real (y potencial), variación anual de la inversión en maquinaria y equipo (FBKF maquinaria), tasa de intervención del Banco de la República (tasa repo) y depreciación del tipo de cambio nominal (TCN).

El primer VAR incluye las variables anteriormente mencionadas, en el siguiente orden: TCN, FBKF maquinaria, PIB real y tasa repo. El principal resultado es que, ante un choque positivo de 1 pp (punto porcentual) en el crecimiento de la inversión en maquinaria y equipo, el PIB real evidencia un crecimiento adicional acumulado de 0,12pp dos años después del impacto. Además, el efecto de un choque en la inversión en maquinaria y equipo en el producto real se hace significativo 5 trimestres después, y al cabo de 3 años deja de ser significativo, como se observa en el gráfico 3.

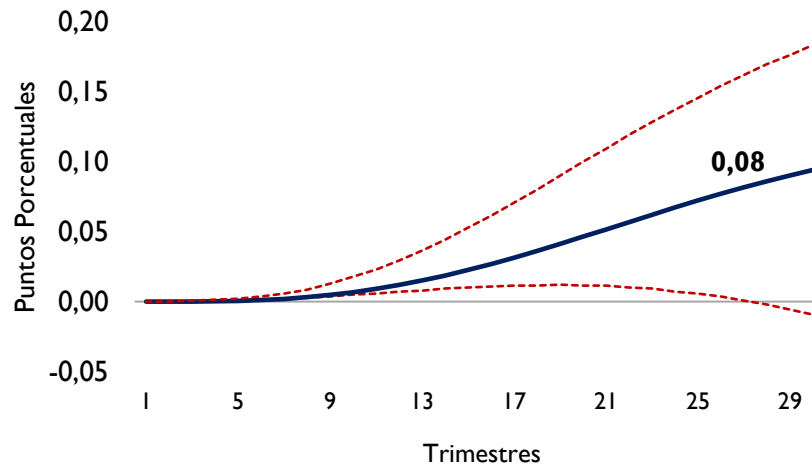
El segundo VAR, que se estima incluyendo el PIB potencial, TCN, FBKF maquinaria y tasa repo, en dicho orden, muestra que, el resultado se mantiene, aunque la magnitud del impacto disminuye sustancialmente y se demora más en materializarse, como es de esperarse. Cuatro trimestres después del choque en el crecimiento de la inversión en maquinaria y equipo, el dinamismo del PIB potencial no varía, tras 3 años el impacto es 0,01pp y 6 años adelante el efecto es apenas 0,07pp (ver gráfico 4).

Gráfico 3. Impacto de un choque de 1 pp en el crecimiento de la inversión en maquinaria y equipo sobre el crecimiento del PIB real



Fuente: cálculos de los autores.

Gráfico 4. Impacto de un choque de 1 pp en el crecimiento de la inversión en maquinaria y equipo sobre el crecimiento del PIB potencial

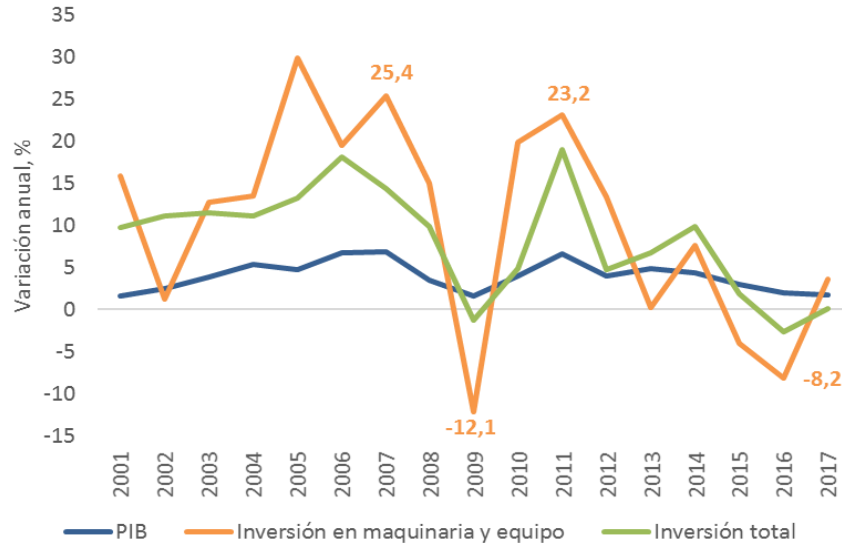


Fuente: cálculos de los autores.

Respecto a este resultado, vale la pena resaltar que, el comportamiento de la inversión en maquinaria y equipo es fuertemente procíclico y altamente volátil, cuando se compara tanto con el crecimiento del PIB como con la evolución de la inversión en capital fijo agregada. A manera de ilustración, en 2009, cuando la economía se vio afectada por los efectos colaterales de la crisis financiera internacional, el PIB se expandió a una tasa de 1,7%, mientras que la inversión en maquinaria y equipo se contrajo 12,1%. En 2016, cuando la caída de los precios del petróleo se sintió con más fuerza, la economía como un todo creció 2%, en un contexto en el cual la formación de capital de maquinaria y equipo registró una variación negativa de 8,2%. Un análisis similar opera para los auges de 2007 y 2011, tal y como se aprecia en el gráfico 5.

En un ejercicio hipotético, en el que se tomara el aumento promedio de la inversión en maquinaria y equipo (10,4%), se asumiera que ese es su crecimiento vegetativo, y se analizara la distancia promedio en los cuatro momentos del tiempo anteriormente mencionados frente a la tasa de expansión tendencial, se concluiría que el tamaño promedio de los choques en el crecimiento de este rubro son del orden de 17pp. Partiendo de ese hecho, las elasticidades estimadas en los VAR cobran mayor importancia. Según estos cálculos, un choque de 17pp en el crecimiento de este componente de inversión induciría una aceleración del PIB real de 2,0pp al cabo de dos años (0,05pp en el PIB potencial).

Gráfico 5. Crecimiento del PIB, de la inversión en capital fijo y de la inversión en maquinaria y equipo



Fuente: DANE.

Finalmente, para reforzar la evaluación de la relación entre el crecimiento económico potencial y el incremento de la inversión en maquinaria y equipo, se calibró un Modelo de Vectores de Corrección del Error (VEC), para capturar la relación de largo plazo de las variables de análisis⁸.

La especificación del VEC utilizado incluye las siguientes variables en niveles: PIB potencial, tasa de cambio nominal, tasa repo y formación bruta de capital en maquinaria y equipo, en este mismo orden. Se encontraron tres relaciones de cointegración⁹, lo cual indica la existencia de combinaciones lineales estacionarias entre las variables que antes no lo eran por presentar tendencia. Las pruebas permiten inferir que, las variables son integradas de orden uno y la combinación lineal entre ellas, que corresponde a la relación de equilibrio de largo plazo, es integrada de orden cero.

$$PIB\ potencial_{t-1} = 60244,95 + 953,08t + 1,02InversiónMaquinaria_{t-1} \quad (1)^{10}$$

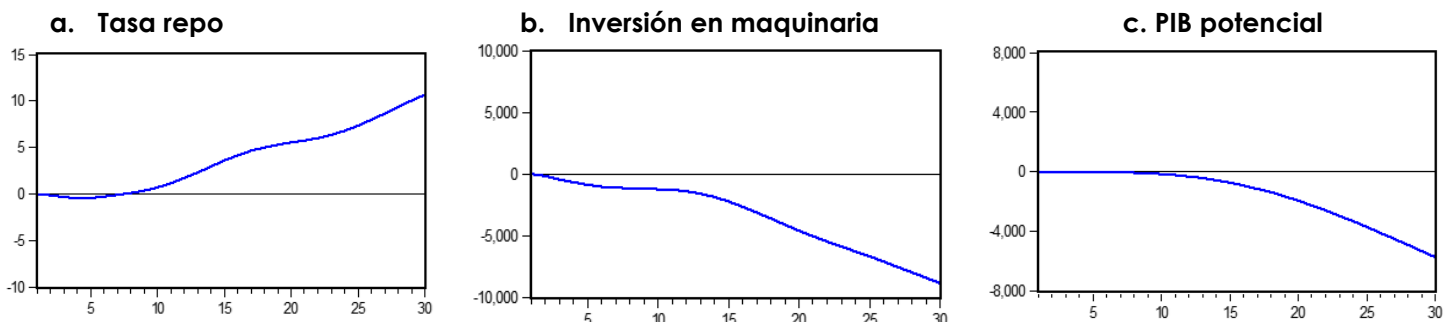
(19,46)	(0,124)
[-48,97]	[-8,20]

La ecuación (1) corresponde a la ecuación de cointegración, la cual fue reordenada para interpretarse como una función del crecimiento potencial. El signo que acompaña al coeficiente de la inversión en maquinaria es el esperado y

es significativo al 5% de confianza. De esta manera, se confirma la evidencia encontrada en el análisis derivado de los VAR, lo que robustece el mensaje de que la inversión en maquinaria se relaciona en el largo plazo con la capacidad de crecimiento de la economía.

Adicionalmente, el análisis de la función impulso-respuesta arroja otros resultados interesantes. En primer lugar, un aumento de la tasa de cambio nominal genera un aumento de la tasa repo, lo cual es consistente con una política monetaria que busca contrarrestar el efecto inflacionario de la depreciación. Segundo, la depreciación nominal desestimula la inversión en maquinaria y equipo, en respuesta al encarecimiento de los bienes importados. Tercero, la desaceleración en la formación de capital en maquinaria y equipo impacta negativamente el crecimiento potencial de la economía (ver gráfico 6).

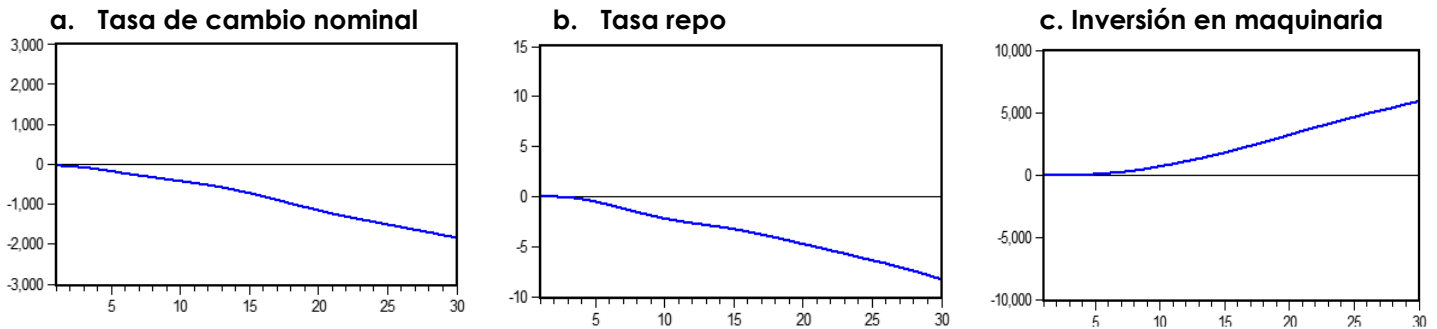
Gráfico 6. Respuesta acumulada de un choque de una desviación estándar sobre la tasa de cambio nominal



Fuente: cálculos de los autores.

Por su parte, un choque positivo sobre el crecimiento potencial genera: i) una apreciación de la tasa de cambio nominal; ii) una reducción de la tasa de intervención del banco central, que responde a la mayor capacidad de crecimiento no inflacionario de la economía; y iii) una aceleración en la inversión en maquinaria y equipo, producto del abaratamiento de los equipos comprados en el exterior. Estos resultados son consistentes con el análisis realizado en secciones previas.

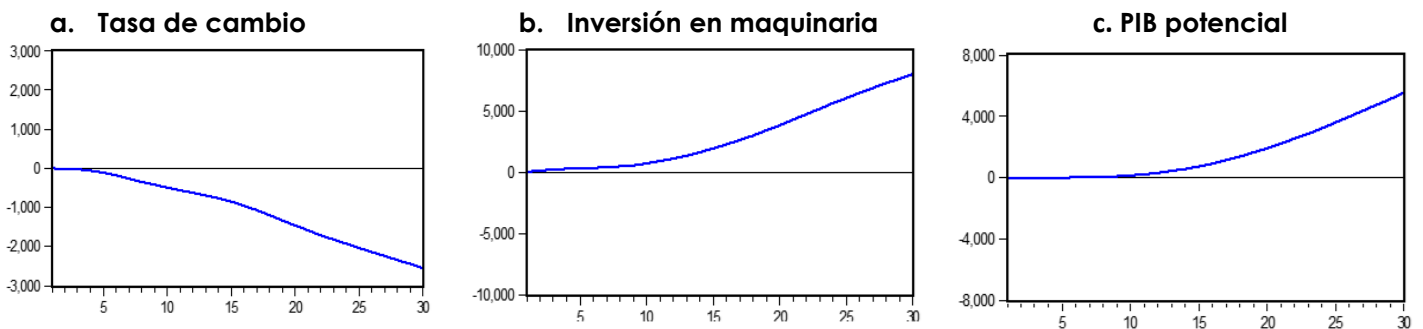
Gráfico 7. Respuesta acumulada de un choque de una desviación estándar sobre el PIB potencial



Fuente: cálculos de los autores.

El gráfico 8 presenta el impacto de un aumento en la tasa repo del Banco de la República en el resto de variables. Los resultados muestran que: i) el peso se aprecia, en línea con la condición de paridad descubierta de tasas de interés; ii) la inversión en maquinaria y equipo se acelera (por la apreciación cambiaria); y iii) el PIB potencial aumenta, como es de esperarse.

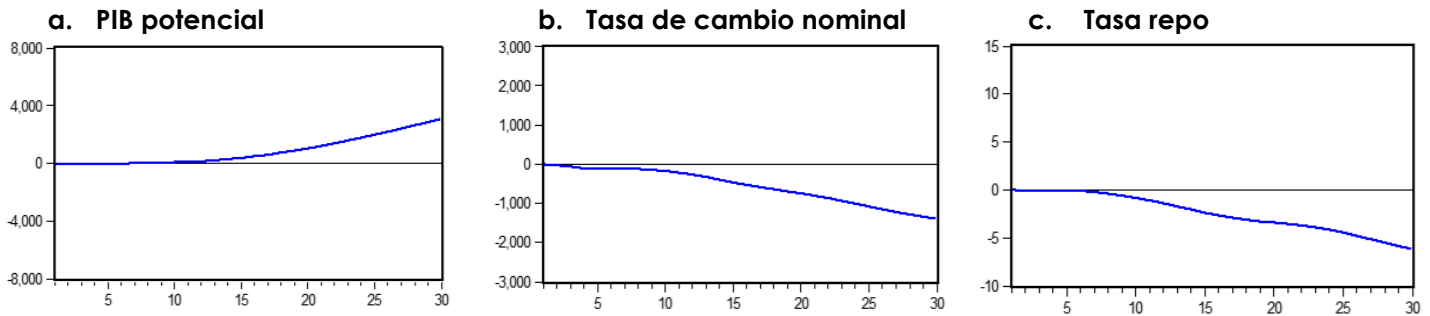
Gráfico 8. Respuesta acumulada de un choque de una desviación estándar sobre la tasa repo



Fuente: cálculos de los autores.

Finalmente, un choque positivo sobre la inversión en maquinaria tiene como respuesta un aumento del crecimiento potencial, y, en consecuencia, una leve apreciación de la tasa de cambio y una menor tasa de interés del banco central (ver gráfico 9).

Gráfico 9. Respuesta acumulada de un choque de una desviación estándar sobre la inversión en maquinaria y equipo



Fuente: cálculos de los autores.

3.3. Discusión de posibles canales a través de los cuales la inversión afecta el crecimiento económico

Tal y como se mostró anteriormente, la adquisición de maquinaria y equipo es el componente de la inversión que mejor explica la relación estadística entre la formación de capital y el crecimiento económico en Colombia. Comprender el mecanismo a través del cual su dinámica impacta la actividad productiva puede conducir a recomendaciones de política útiles para impulsar el crecimiento.

Tras algunos ejercicios adicionales realizados en el marco de este trabajo, surgieron tres resultados que vale la pena resaltar. Primero, uno de los principales determinantes del crecimiento de la inversión en maquinaria y equipo es la tasa de cambio, superando la relevancia de variables como la tasa de interés o la capacidad de crecimiento de la economía (Gráfico 10). Segundo, la relación entre tasa de cambio y formación de capital de maquinaria y equipo es inversa, lo cual responde a que el grueso de la tecnología utilizada por las empresas y los equipos de telecomunicaciones es importado (Gráfico 11). Tercero, el comportamiento de la inversión en maquinaria y equipo causa en el sentido de Granger el crecimiento de la PTF¹¹ (Cuadro 2).

Gráfico 10. Descomposición de la varianza del error de la inversión en maquinaria y equipo

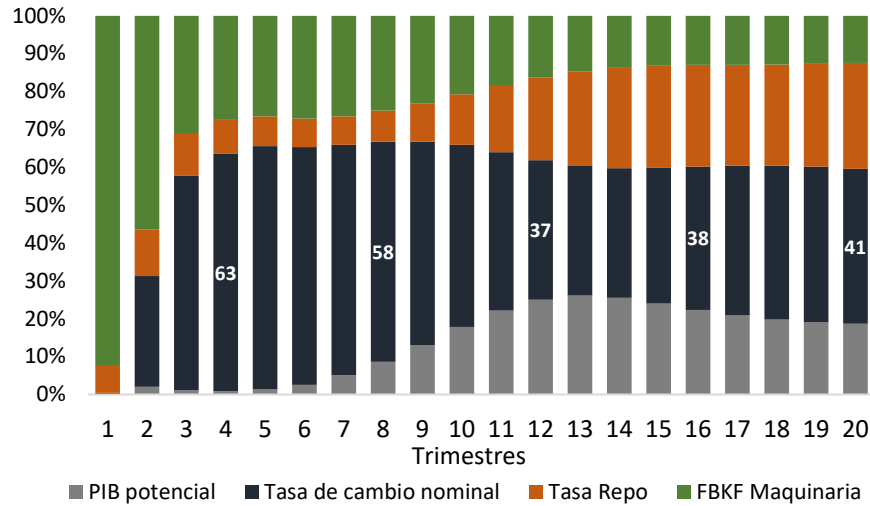
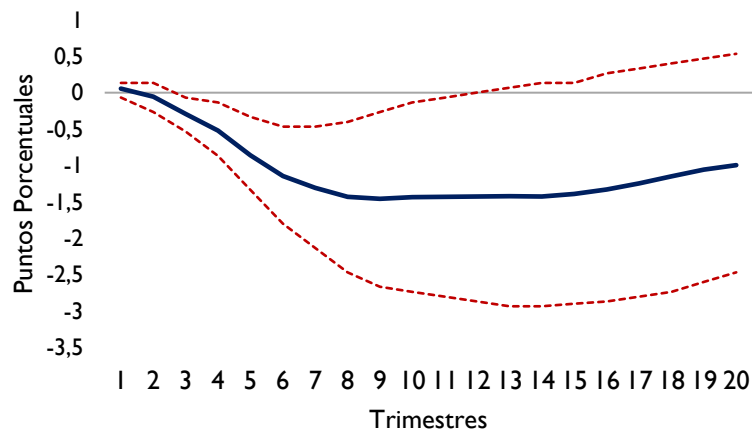


Gráfico 11. Impacto de un choque de 1 pp en el crecimiento de la tasa de cambio nominal sobre el crecimiento de la inversión en maquinaria



Fuente: cálculos de los autores.

Cuadro 2. Causalidad de Granger entre inversión en maquinaria y equipo y PTF

Hipótesis nula	Rezagos	Estadístico F	P-valor
La variación de la inversión en maquinaria <i>no causa en sentido Granger</i> la PTF	2	15,80*	0,000
	3	8,33*	0,000
	4	6,41*	0,001
	5	6,70*	0,000

*significancia al 5%. Fuente: cálculos de los autores.



Al menos tres mensajes se desprenden de este análisis. Por una parte, la relación causal entre la inversión en maquinaria y equipo y la PTF agregada seguramente se deriva de que su principal subcomponente es "maquinaria para usos especiales", el cual está constituido por capital tecnológico utilizado por el tejido empresarial para elevar su productividad. En esa medida, estimular este tipo de formación de capital puede inducir notables réditos en materia de crecimiento. Sin embargo, la relación significativa y negativa entre la inversión en maquinaria y equipo y la tasa de cambio refleja vulnerabilidad, toda vez que los factores que impactan la cotización del peso colombiano en el mercado de divisas son en su mayoría exógenos y, por tanto, de difícil control para las autoridades económicas.

En términos simples, este trabajo sugiere que, al menos por este canal, la tasa de cambio tiende a profundizar los ciclos económicos. La razón es que la depreciación cambiaria, que usualmente se acentúa en periodos de desaceleración, produce contracciones en la inversión en maquinaria y equipo (más que proporcionales que las del PIB), que a su vez afectan la productividad total de los factores y, por consiguiente, el crecimiento potencial de la economía. La evidencia provista, además, sugiere que la elasticidad de las exportaciones netas a la tasa de cambio es relativamente baja, pues parece ser que el efecto negativo de la depreciación en la inversión en maquinaria y equipo domina. Sin embargo, este último punto no es más que una hipótesis, que puede ser evaluada en trabajos posteriores.

Una posible lectura de la historia reciente indicaría que, en periodos de alto dinamismo económico, los flujos de inversión y las exportaciones apalancaron el crecimiento, no solo a través de su impacto directo en las cuentas nacionales sino mediante el efecto expansivo inducido por la apreciación cambiaria. En momentos de estrés, por el contrario, parece ser que el ajuste del tipo de cambio acentúa el ciclo de la inversión en maquinaria y equipo y la dinámica de la productividad.

4. Conclusiones

Las altas tasas de inversión, que sigue ostentando la economía colombiana, son compatibles con las recientes revisiones a la baja en la estimación del crecimiento económico potencial, toda vez que la productividad de la formación bruta de capital se ha reducido, tras la caída en los precios del petróleo. La disminución en el efecto multiplicador de la formación bruta de capital se explica por el efecto negativo que produjo la depreciación nominal sobre la inversión en maquinaria y equipo.



De acuerdo con las estimaciones realizadas en el marco de este trabajo, la formación de capital de maquinaria y equipo es el único componente de la inversión que determina el crecimiento económico observado y potencial. Conceptualmente, este resultado es razonable, en la medida que el grueso de este tipo de inversión se concentra en el subcomponente de “maquinaria para usos especiales”, el cual incluye todo tipo de equipos utilizados por las empresas para elevar su productividad. Analíticamente, el canal a través del cual la inversión en maquinaria y equipo afecta el crecimiento potencial es su impacto positivo sobre la productividad total de los factores. Lo anterior sugiere que, las autoridades económicas deberían aunar esfuerzos para estimular el acceso a este tipo de inversión.

No obstante, la evidencia provista en este documento soporta que, el factor que más influencia la inversión en maquinaria y equipo es el tipo de cambio, cuyos determinantes son en su mayoría exógenos. Lo anterior constituye una vulnerabilidad, pues sugiere que, al menos por esta vía, el comportamiento del mercado de divisas profundiza los ciclos económicos, vía su impacto en la inversión, la PTF y el PIB potencial. Finalmente, los resultados sugerirían que, la condición Marshall-Lerner no se satisface en la economía colombiana, pues parece ser que el impacto negativo de la depreciación en la inversión en maquinaria y equipo domina sobre el efecto expansivo que una tasa de cambio más competitiva supone para las exportaciones. Sin embargo, esto último es apenas una hipótesis que hace parte de la agenda futura de investigación.

Notas al pie:

¹ Los cálculos de este documento se hicieron utilizando las cifras del PIB base 2005 a precios constantes. La tasa de inversión se entiende como la participación de la formación bruta de capital fijo dentro del PIB.

² La categoría maquinaria para usos especiales se compone de: maquinaria agrícola o forestal; máquinas herramientas; maquinaria para la industria metalúrgica; maquinaria para la minería, la explotación de canteras y la construcción; maquinaria para la elaboración de alimentos, bebidas y tabaco; maquinaria para la fabricación de textiles, prendas de vestir y artículos de cuero; armas, municiones y vehículos de combate; aparatos de uso doméstico; otra maquinaria para usos especiales. Además, se incluyen las partes, piezas y accesorios de toda la maquinaria mencionada.

³ De hecho, más adelante se presenta alguna evidencia sobre la relación entre la inversión en maquinaria y equipo y la productividad total de los factores.

⁴ La prueba de causalidad de Wiener-Granger permite determinar si el comportamiento pasado de una variable explica estadísticamente la dinámica de otro indicador en el futuro.



⁵ El PIB potencial en este trabajo se calculó a partir de un filtro de Hodrick y Prescott, dada la restricción de datos con frecuencia trimestral para estimar una función de producción Cobb-Douglas.

⁶ Para el análisis se excluye la inversión agropecuaria y de servicios debido a su baja participación dentro del total y a su comportamiento volátil.

⁷ La prueba se define como: $y_t = c + \sum_{i=1}^p a_i y_{t-i} + \sum_{i=1}^p b_i x_{t-i} + D_t + u_t$, donde la hipótesis nula establece que la variable x_t no causa en sentido Granger y_t , testeando la significancia del coeficiente b_i mediante un estadístico de significancia conjunta que sigue una distribución F.

⁸ Estos modelos permiten identificar las relaciones de largo plazo en la medida en que determinan si las series están cointegradas y, en consecuencia, presentan relaciones de equilibrio que en el corto plazo pueden romperse, pero que en horizontes mayores de tiempo persisten.

⁹ Las relaciones de cointegración fueron evaluadas a partir de la prueba de Johansen.

¹⁰ Errores estándar en (:) y t-estadístico en [.]

¹¹ La Productividad Total de Factores (PTF) es calculada a partir del residuo de Solow.

Referencias

DeLong, J. B., & Summers, L. (1992). Equipment Investment and Economic Growth: How Strong Is the Nexus? *Brookings Papers on Economic Activity*, 23(2), 157–212. Retrieved from <https://econpapers.repec.org/RePEc:bin:bpeajo:v:23:y:1992:i:1992-2:p:157-212>

Munnell, A. H. (1992). Policy Watch: Infrastructure Investment and Economic Growth. *Journal of Economic Perspectives*, 6(4), 189–198. <https://doi.org/10.1257/jep.6.4.189>



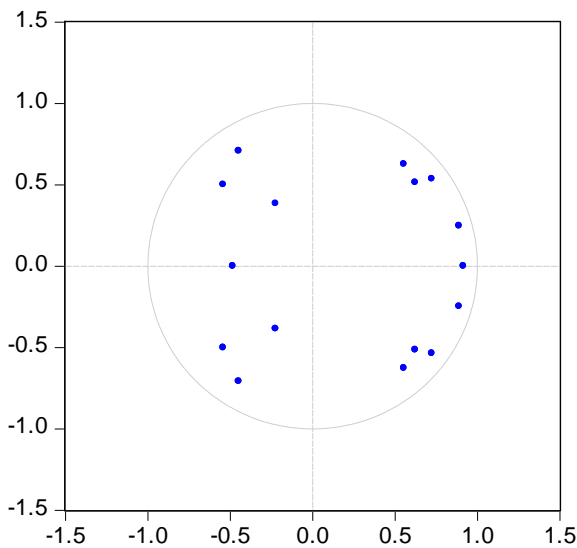
Anexos

Anexo 1. Evaluación de Supuestos: Modelo 1 de Vectores Autoregresivos

- Criterio de selección de rezagos:

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-720.7869	NA	280194.3	23.89465	24.17149	24.00315
1	-544.2847	318.2827	1455.827	18.63229	19.46279*	18.95777
2	-517.6655	44.51076	1037.479	18.28412	19.66830	18.82659
3	-497.1018	31.68838	912.5776	18.13448	20.07234	18.89395
4	-471.9580	35.44863*	703.1114*	17.83469	20.32621	18.81114*
5	-455.8548	20.59101	746.7015	17.83130*	20.87650	19.02474

- Estacionariedad:



- Normalidad:

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	18.25159	2	0.0001
2	19.73177	2	0.0001
3	0.658906	2	0.7193
4	1.843816	2	0.3978
Joint	72.35221	55	0.0583

- No Autocorrelación:

Lags	LM-Stat	Prob
1	15.84180	0.4641
2	12.66363	0.6972
3	22.01661	0.1427
4	26.18059	0.0515
5	16.89259	0.3926
6	7.992394	0.9491
7	15.10948	0.5166
8	13.36771	0.6457
9	14.58017	0.5556
10	21.24436	0.1693
11	15.46870	0.4906
12	17.81240	0.3350



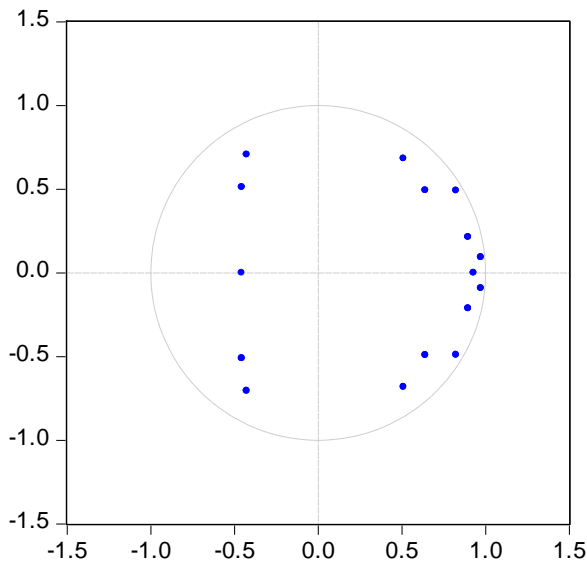
Anexo 2. Evaluación de Supuestos: Modelo 2 de Vectores Autoregresivos

- Criterio de selección de rezagos:

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-648.8226	NA	26469.64	21.53517	21.81200	21.64366
1	-386.9070	472.3069	8.359546	13.47236	14.30287	13.79784
2	-192.3293	325.3593	0.024180	7.617356	9.001535	8.159829
3	-72.07975	185.3027	0.000810	4.199336	6.137187	4.958798
4	-14.55907	81.09473*	0.000216*	2.838002	5.329526*	3.814454*
5	2.098178	21.29943	0.000225	2.816453*	5.861648	4.009894

- Estacionariedad:

Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial



- Normalidad:

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	6.623313	2	0.0365
2	16.22914	2	0.0003
3	1.067750	2	0.5863
4	9.275320	2	0.0097
Joint	63.00490	55	0.2142

- No Autocorrelación:

Lags	LM-Stat	Prob
1	22.29198	0.1340
2	24.47688	0.0796
3	14.88380	0.5332
4	52.45425	0.0000
5	13.18808	0.6590
6	20.19418	0.2116
7	8.467304	0.9337
8	20.02487	0.2191
9	9.365480	0.8976
10	28.26026	0.0294

**Anexo 3. Evaluación de Supuestos: Modelo VEC**

- Relaciones de Cointegración:

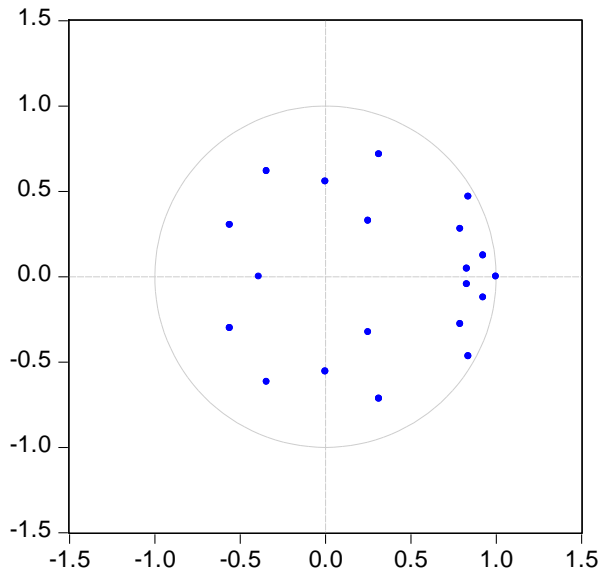
Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.
None *	0.4511	112.112	63.876	0.0000
At most 1 *	0.4110	75.516	42.915	0.0000
At most 2 *	0.3300	37.574	25.872	0.0011
At most 3	0.1553	11.140	12.517	0.0840

El test indica 3 ecuaciones de cointegración a un nivel de significancia de 5%

* Denota rechazo de la hipótesis nula al 5%

- Estacionariedad:

Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial



- Normalidad:

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	5.495480	2	0.0641
2	1.105013	2	0.5755
3	1.977637	2	0.3720
4	0.369427	2	0.8313
Joint	8.947557	8	0.3467

- No Autocorrelación:

Lags	LM-Stat	Prob
1	14.91817	0.5306
2	13.78703	0.6146
3	18.04292	0.3214
4	23.82091	0.0935
5	10.59357	0.8339
6	9.442545	0.8941
7	9.488746	0.8919
8	15.81202	0.4662
9	12.71419	0.6935
10	14.39952	0.5690



NOTAS FISCALES

**Ministerio de Hacienda
y Crédito Público**

Dirección General de
Política Macroeconómica

Centro de Estudios Fiscales

2018



MINHACIENDA