



Munich Personal RePEc Archive

Infrastructure, education, human capital and economic growth

Valdivia Coria, Joab Dan

June 2023

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/118770/>
MPRA Paper No. 118770, posted 07 Oct 2023 16:14 UTC

Infrastructure, education, human capital and economic growth

Joab Dan Valdivia Coria¹

ABSTRACT

This paper aims to find the effects of public investment in the education sector (infrastructure) on economic activity. It is evident from the stylized facts that economic activity and public resources show a pro-cyclical and lagged relationship. The positive effect found through a general equilibrium model is 0.8%, which shows that public financing has favorable effects on GDP performance. This result is explained by the fact that an improvement in educational infrastructure has a positive impact on the teaching and learning process, and since it is considered an investment in human capital, it has a positive return in the long term.

JEL Classification: O4, H52, I28

Key Words: *Endogenous growth, Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) model, public investment in education.*

¹ This document expresses the exclusive point of view of the author and not that of the institution to which it belongs.

Infraestructura, educación, capital humano y crecimiento económico

Joab Dan Valdivia Coria²

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo encontrar los efectos de la inversión pública en el sector educación (infraestructura) en la actividad económica. Se evidencia en los hechos estilizados que la actividad económica y los recursos públicos muestran una relación procíclica y rezagada. El efecto positivo hallado a través de un modelo de equilibrio general es de 0,8%, lo que muestra que el financiamiento público tiene efectos favorables en el comportamiento del PIB. Este resultado se explica que una mejora en infraestructura educativa tiene un impacto positivo en el proceso de enseñanza y aprendizaje, y al considerarse inversión en capital humano tiene un retorno positivo a largo plazo en el producto.

Clasificación JEL: O4, H52, I28

Palabras Clave: *Crecimiento endógeno, Modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico (DSGE), Inversión pública en educación.*

² Este documento expresa el punto de vista exclusivo del autor y no así de la institución a la que pertenece.

I. Introducción

La inversión en educación es uno de los determinantes del crecimiento económico endógeno, también explica la divergencia entre las económicas desarrolladas y en desarrollo. Es así que una adecuada infraestructura en el sector de educación genera condiciones favorables en el proceso enseñanza – aprendizaje, además de una mejora en el bien-estar de los agentes económicos en el largo plazo. Por tanto, el impacto de mayores recursos públicos en el crecimiento económico de Bolivia según la evidencia hallada en la presente investigación es positiva.

En ese sentido, la calidad de la infraestructura educativa influye directamente en la calidad de la educación que reciben los estudiantes, lo que a su vez puede tener un impacto significativo en el crecimiento económico a largo plazo. Estos recursos destinados a la infraestructura en el sector educativo se reflejarían en edificios escolares, laboratorios, bibliotecas, entre otros. La disponibilidad de estos recursos permite que los estudiantes tengan acceso a un ambiente adecuado para aprender y desarrollar sus habilidades y conocimientos. Por ejemplo, una biblioteca bien equipada puede brindar a los estudiantes acceso a una amplia variedad de recursos que les permitan ampliar sus conocimientos y mejorar su rendimiento académico.

Además, una infraestructura adecuada en el sector educativo también puede mejorar la motivación y el compromiso de los estudiantes con su educación. Cuando los estudiantes tienen acceso a un ambiente de aprendizaje adecuado y seguro, están más dispuestos a participar activamente en las actividades escolares y a comprometerse con su educación. A su vez, una educación de calidad es fundamental para el crecimiento económico ya que permite a las personas adquirir habilidades y conocimientos valiosos que pueden ser aplicados en el mercado laboral. Según Kannianen (2001), el capital humano es un recurso importante para el crecimiento económico ya que permite a las personas aprovechar al máximo sus capacidades y potencial.

Los recursos públicos provenientes del Tesoro General de la Nación (TGN), en los últimos ocho años fueron reduciéndose a causa de la menor venta de gas natural de nuestros dos principales socios comerciales (Brasil y Argentina), lo cual repercutió en la desaceleración del PIB observado respecto su nivel potencial, es decir, que los factores productivos en los últimos años no fueron en empleo en su plena capacidad. Este contexto, podría explicar la desaceleración en la matriculación estudiantil de 2020 y 2021.

A pesar del contexto señalado, según los datos analizados desde el 2000 las tasas de abandono escolar de nivel inicial, primaria y secundaria redujeron, además que el número de alumnos

por docente en el sector público es menor cada gestión y los años de estudio a nivel nacional en promedio incrementaron de 7,7 a 10,1, entre 2000 y 2021. Esta mejora de los indicadores del sector educativo podría ser resultado de la mayor inversión pública experimentado desde 2006 a 2014.

En tal sentido, y según la evidencia estadística encontrada (co-movimientos) la relación entre la actividad económica y los recursos públicos es pro-cíclica y rezagada. Asimismo, y a partir del modelo de equilibrio general planteado se encontró que una mayor inversión pública en el sector educación impacta positivamente en el crecimiento del PIB, en 0,8% en el cuatro periodo aproximadamente; este efecto se debe a un incremento del consumo agregado de la economía a causa del comportamiento de los agentes no ricardianos.

II. Revisión de literatura

Suministrar una adecuada infraestructura al sector educación constituye en la formación de *stock* de capital público social, recursos que contribuyen directamente al bienestar y a la acumulación de capital humano de los hogares (Cutanda y Paricio, 1992; Draper y Herce, 1994; y Alonso y Freire-Serén, 2002). A nivel agregado estos recursos forman parte del *stock* de capital público, a su vez es parte de los factores productivos que permiten impulsar la actividad económica, al respecto la teoría del crecimiento económico endógeno (Romer, 1986), indica que los nuevos conocimientos generados son consecuencia de la tecnología en investigación. El autor sostiene que las externalidades positivas son esenciales para garantizar el equilibrio en un modelo competitivo. Además, los rendimientos decrecientes en la producción de conocimiento son necesarios para evitar que el consumo y la utilidad aumenten a una tasa demasiado alta. Empero, la peculiaridad del capital intangible, conocimiento, es la suposición de una productividad marginal creciente.

El mismo sentido, Myrdal (1957) precisa que el capital humano es un factor determinante en la capacidad de un país para desarrollarse económicamente ya que permite a las personas mejorar sus habilidades y conocimientos, lo que a su vez aumenta la productividad y el crecimiento económico.

De igual forma, Lucas (1988) indica que el desarrollo y crecimiento de los países se da por el incremento en capital humano, variable que se presenta como una cualidad de la población de mayor grado de escolaridad o también por el aprendizaje en el trabajo, denominado *learning by doing*. Los factores que apalancan el crecimiento económico son el capital físico y humano. En 1993, Lucas indica que el desarrollo de la economía de Corea de Sur se debe a la apertura comercial con los mercados extranjeros y el estímulo del *learning by doing*.

Seguidamente, Mankiw *et al.* (1992) presentan contribuciones *mainstream* a la teoría de crecimiento económico endógeno, la cual confirma la propuesta de Lucas, el capital humano es una variable fundamental para determinar el comportamiento del producto; las variables que explicaría las diferencias del PIB per-cápita de los países en desarrollo frente a los desarrollados.

Investigaciones recientes a partir de Modelos de Equilibrio General Dinámicos Estocásticos (DSGE, por sus siglas en inglés) confirman la teoría de crecimiento endógeno (Basu *et al.*, 2009; Dang, 2012 y Accolley, 2016). Los modelos propuestos en las tres investigaciones presentan la misma función de producción basada en la investigación de Lucas (1988). En términos generales, *shocks* positivos del capital humano, a través de la ley de movimiento de capital genera un efecto ingreso de los hogares y sobre el comportamiento del PIB

Por la literatura consultada previamente, se puede inferir que el desarrollo de condiciones necesarias en infraestructura para el sistema educativo conlleva beneficios en el largo plazo de habilidades adquiridas durante en procesos de aprendizaje, que a su vez genera una mayor formación de capital humano. En este sentido, el desarrollo en infraestructura educativa repercutiría positivamente en la dinámica del producto. Por ejemplo CAF (2016), indica que para la etapa inicial del proceso educativo...“*una buena infraestructura escolar, con espacios renovados, posibilita que niños y jóvenes que viven en sitios remotos puedan estudiar y, además, tiende a mejorar la asistencia e interés de los estudiantes y maestros por el aprendizaje*”. Esta premisa indica que las inversiones en infraestructura durante la etapa escolar tienen un rol predominante en solucionar el acceso de los estudiantes al sistema escolar y en mejorar su rendimiento.

Según CAF se debería cumplir los siguientes parámetros para que la inversión en infraestructura sea considerada de calidad en el sistema educativo:

- 1) Condiciones de comodidad para los estudiantes, docentes y administradores: espacios para los docentes y los alumnos, con temperatura adecuada, ventilación e iluminación adecuadas, con servicio de agua, electricidad e Internet, así como sanitarios y sus respectivos drenajes de aguas negras.
- 2) Espacios para el desarrollo de ensayos y prácticas como bibliotecas, laboratorios de ciencias naturales, de informática, física y química.
- 3) Espacios para el desarrollo del talento y del entretenimiento, del deporte y la cultura.

Daniel Rivera, representante de CAF en Ecuador indica que...“La mejora de las condiciones físicas de las escuelas tiene una relación tan estrecha con el aprendizaje como la que tienen

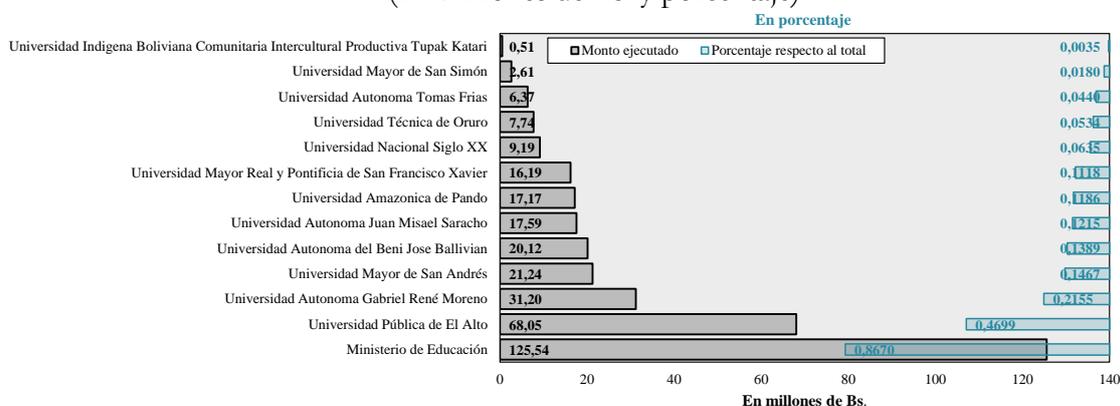
otros insumos educativos incluyendo el ambiente familiar, la motivación, los buenos maestros, bibliotecas, las tecnologías o los servicios para los estudiantes".

Asimismo, López (2019) argumenta que los beneficios de una estructura necesaria para una escuela coinciden con una relación positiva entre la calidad de la infraestructura educativa y un mayor aprendizaje de los estudiantes. Por lo que, una adecuada infraestructura tiene un efecto motivacional en el proceso de aprendizaje de los infantes.

III. Hechos estilizados

En 2021 la inversión pública alcanzó el 6,5% del PIB. A nivel sectorial, el financiamiento público a Universidades y al Ministerio de educación fue de 2,4% respecto a la inversión ejecutada; en cuanto al nivel de ejecución de recursos de las universidades, la Universidad Pública de El Alto y la Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno, ejecutaron Bs68,1 y Bs31,2 millones, respectivamente, posesionándose como las dos primeras universidades con mayores recursos públicos ejecutados. Por su parte, la Universidad Indígena Boliviana Comunitaria Intercultural Productiva Tupak Katari y la Universidad Mayor de San Simón tuvieron la ejecución más baja del sistema universitario (Gráfico 1).

Gráfico 1: EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DE UNIVERSIDADES Y DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN, GESTIÓN 2021
(En millones de Bs. y porcentaje)

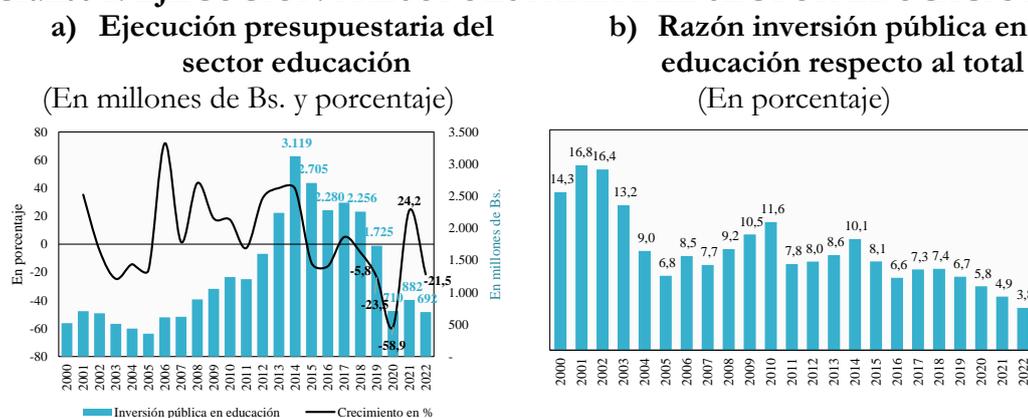


Fuente: Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo

Por otro lado, la ejecución más elevada de la inversión pública destinado a educación fue de Bs3.119 millones en 2014. Gestión caracterizado como un punto de inflexión ya que se caracterizó en las siguientes gestiones de contracciones sostenidas, con excepción en 2017 y 2021, presentando un crecimiento de 5,1% y 24,2%, respectivamente; no obstante, esta última cifra se debe por un año base de comparación muy bajo (2020, inicio de la crisis sanitaria COVID-19). En 2022, la ejecución llegó a Bs692 millones, incluso por debajo del nivel en 2020 (Bs710 millones, Gráfico 2,a). Por su parte, el comportamiento de la inversión pública en educación presenta una relación estrecha con la brecha del producto, el cual

también alcanza su mayor nivel en 2014 (PIB observado respecto al potencial, Apéndice 1), en adelante se registraría una disminución paulatina de la actividad económica, este hecho coincide con la desaceleración de la venta de hidrocarburos (gas natural) a Brasil y Argentina sea por un efecto precio y por cantidades.

Gráfico 2: EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA DEL SECTOR EDUCACIÓN

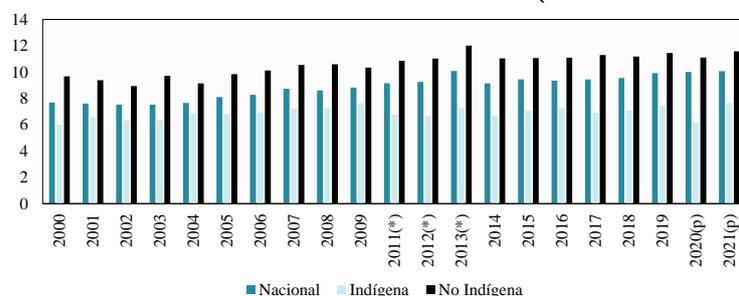


Fuente: Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo

De este modo, la razón inversión pública en educación respecto al total desde el 2000 muestra una clara disminución (Gráfico 2,b), comportamiento que podría explicarse a dos razones: i) los recursos programados en el Presupuesto General de la Nación (PGE) para el sector disminuyen en cada gestión o ii) que los recursos destinados y programados en el PGE no se ejecutan de manera eficiente, de cualquier manera existe una reducción de financiamiento al sector educación.

No obstante, y a pesar de este panorama por el cual atravesaría el sector educación (reducción de recursos públicos), los indicadores en educación presentarían resultados favorables. Por ejemplo los años promedio de estudio paso de 7,7 a 10,1, entre 2000 y 2021 (Gráfico 3).

Gráfico 3: AÑOS PROMEDIO DE ESTUDIO (POB. 15 AÑOS O MÁS)



Fuente: Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas

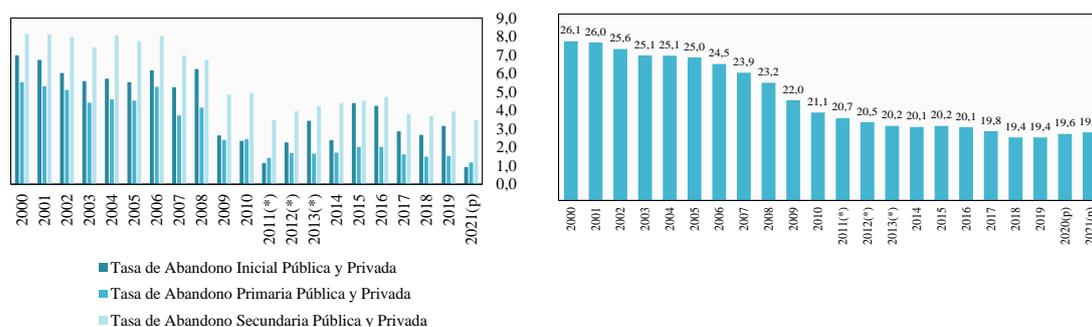
Nota: (*) Información recalculada con las bases de datos que contienen factores de expansión en base al Censo de Población y Vivienda 2012.

En el mismo sentido, las tasas de abandono escolar de nivel inicial, primaria y secundaria disminuyen a lo largo del tiempo, pero aún persiste un abandono escolar del nivel secundario

elevado respecto a los demás niveles (Gráfico 4,a). De igual manera, el número de alumnos por docente en el sector público, fue reduciendo, lo que podría significar que los docentes tienen mucho más cuidado en el momento la enseñanza, gracias a un ambiente reducido la educación debería llevarse de un modo más eficaz (Gráfico 4,b).

Gráfico 4: INDICADORES DEL SECTOR EDUCATIVO

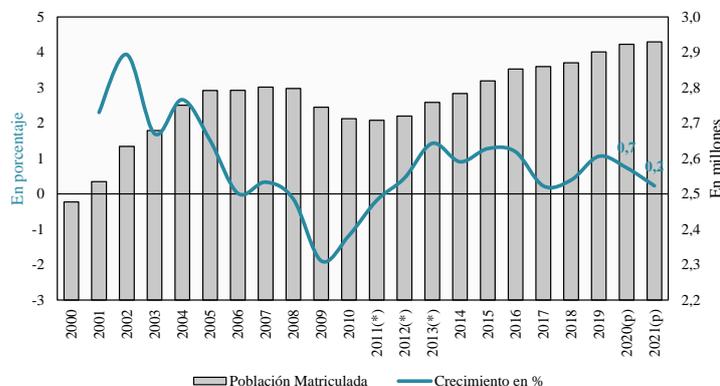
a) Tasa de abandono escolar b) Número de alumnos por docente, sector Público



Fuente: Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas
 Nota: (*) Información recalculada con las bases de datos que contienen factores de expansión en base al Censo de Población y Vivienda 2012.

En contraste, la matriculación de los estudiantes en 2020 y 2021 se desaceleraron en 0,7% y 0,2%, respectivamente. La explicación podría ser por un cambio en el patrón de comportamiento asociado a la crisis sanitaria del 2020 y la nueva “normalidad” de modalidades de educación virtual; sin embargo, el crecimiento aún se sitúa por encima de las gestiones de 2009, 2010 y 2011 (Gráfico 5). Para fortalecer el sector educativo el gobierno creó más de 18 mil ítems para maestros, además de transferencias condicionadas e incentivó la permanencia y conclusión escolar. Asimismo, se implementó el Programa Nacional de Post-alfabetización, lo que produjo que el analfabetismo fuera disminuyendo progresivamente, de un 13,3% en 2001 a un 3,1% en 2015.

Gráfico 5: POBLACIÓN MATRICULADA INICIAL, PRIMARIA Y SECUNDARIA EN ESTABLECIMIENTOS PÚBLICOS Y PRIVADOS



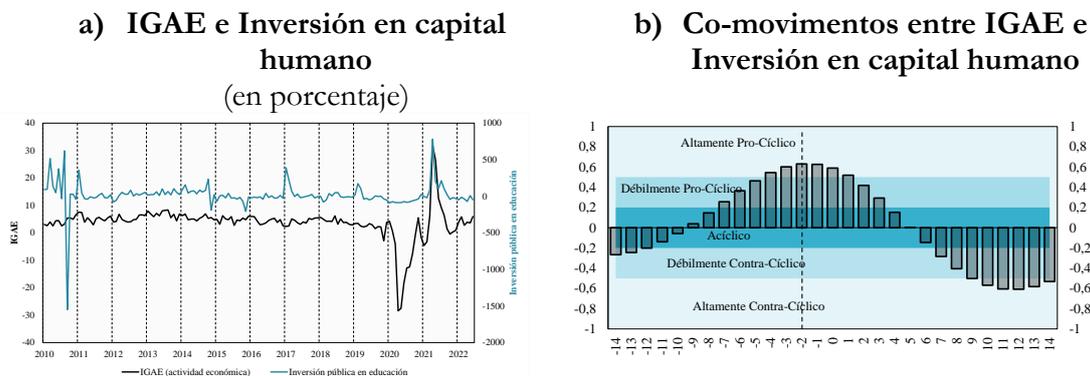
Fuente: Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas
 Nota: (*) Información recalculada con las bases de datos que contienen factores de expansión en base al Censo de Población y Vivienda 2012.

IV. Modelo

En esta sección se empleará un DSGE desarrollado por Valdivia y Valdivia (2019). La diferencia de la versión pasada será en la estimación econométrica, la cual hará uso de los datos de inversión pública destinada al sector de la educación como proxy de la inversión en capital humano. El modelo presenta características Nuevas Keynesianas, el cual describe una economía pequeña y abierta.

Asimismo, se caracterizó el efecto rezagado que presenta de la actividad económica (medida para este ejercicio por el Índice General de Actividad Económica, IGAE) respecto a la inversión en capital humano. Según las estimaciones estadísticas de co-movimientos³, la relación entre ambas variables es pro-cíclica; sin embargo, el IGAE es una variable rezagada a la inversión de capital humano, resultado que se explica por los retornos de la educación en el mediano plazo, ya que la maduración de este tipo de inversión se vería reflejado en habilidades cognitivas que se desarrollan en un tiempo posterior a una mejora en infraestructura (Gráfico 6).

GRÁFICO 6: ÍNDICE GENERAL DE ACTIVIDAD ECONÓMICA E INVERSIÓN EN CAPITAL HUMANO



Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo.

Nota: Los umbrales de los co-movimientos se obtuvieron en Argandoña *et al.* (1997).

³ El análisis de co-movimientos surge de la correlación cruzada entre los componentes cíclicos de dos variables, definida como:

$$\rho_{ij,t\pm k} = \frac{\sum_{t=1}^n (y_{it} - \bar{y}_{it})(x_{i,t\pm k} - \bar{x}_{it})}{\sqrt{\sum_{t=1}^n (y_{it} - \bar{y}_{it})^2} \sqrt{\sum_{t=1}^n (x_{i,t\pm k} - \bar{x}_{it})^2}} = \frac{cov(X,Y)}{\sqrt{var(X)var(Y)}}$$

donde k indica los rezagos o adelantos de la variable $x_{i,t\pm k}$. Asimismo, los valores de \bar{y}_{it} y \bar{x}_{it} son las medias muestrales de y_{it} y x_{it} , respectivamente. Para Argandoña *et al.* (1997) los co-movimientos pueden ser clasificados como:

- $x_{i,t\pm k}$ es fuertemente pro cíclica si el máximo coeficiente de la de $\rho_{ij,t\pm k}$ es positivo y superior a 0,5
- $x_{i,t\pm k}$ es débilmente pro cíclica si el máximo coeficiente de la de $\rho_{ij,t\pm k}$ está entre 0,2 y 0,5
- $x_{i,t\pm k}$ es acíclica si el máximo coeficiente de la de $\rho_{ij,t\pm k}$ está entre -0,2 y 0,2
- $x_{i,t\pm k}$ es débilmente contra cíclica si el máximo coeficiente de la de $\rho_{ij,t\pm k}$ está entre -0,2 y -0,5
- $x_{i,t\pm k}$ es fuertemente contra cíclica si el máximo coeficiente de la de $\rho_{ij,t\pm k}$ es negativo y menor a -0,5

Función de producción

Un supuesto importante del modelo subyace que las empresas tienen un producto diferenciado con una misma tecnología. En la función de producción se incluye el capital humano “ K_t^h ” como lo considera con Basu y Gillman (2009)

$$Y_t(j) \equiv f(A_t, K_t^h, K_t, h_t^T, IM_t) = A_t (K_t^T)^{\alpha_1(j)} (K_t^h h_t^T)^{\alpha_2(j)} IM_t^{1-\alpha_1-\alpha_2(j)} \quad (1)$$

En esta función Cobb-Douglas el término K_t^h , es parte de la teoría del crecimiento endógeno incorporado por Lucas (1988). Sea K_t^h un factor productivo representa una mejora en la formación de escolaridad de la población, lo que conlleva a una acumulación del acervo de conocimientos (capital humano) lo que deriva en una mayor productividad en el largo plazo.

La ley de movimiento de capital se describe como:

$$K_{t+1}^h = (1 - \delta^h)K_t^h + I_t^h \varepsilon_t^h \quad (2)$$

donde “ K_t^h ” describe la acumulación de capital humano e I_t^h es la inversión del capital humano; esta último término será caracterizado como una variable observada, la inversión pública destinada a la educación.

Política fiscal

La política fiscal esta descrito por la restricción intertemporal, donde los impuestos y la deuda total son los que financian el gasto de gobierno, sea a corriente o de capital.

$$TAX_t + B_t + m_t = G_t + B_{t-1}R_{t-1} + m_{t-1} \quad (3)$$

donde TAX_t son los impuestos, B_t es la deuda total que percibe el gobierno, G_t es el gasto total del gobierno, $B_{t-1}R_{t-1}$ es el pago de la deuda contraída más los intereses y por último m_t representa el saldo de los balances reales (el último término se encuentra en línea con Leeper, 1991).

Se añadió ecuaciones de comportamiento: i) que describa la recaudación tributaria (\widetilde{TAX}_t) en función a la deuda (\widetilde{B}_{t-1}), y ii) el gasto total del gobierno (G_t) que estará en función al comportamiento de las desviaciones del PIB= y_t , en entorno a su estado estacionario (y^*).

$$\widetilde{TAX}_t = \rho^B * \widetilde{B}_{t-1} \quad (4)$$

$$G_t = (G_t)^{\rho^G} \left[\left(\frac{y_t}{y^*} \right) \right]^{1-\rho^G} \varepsilon_t^G \quad (5)$$

Firmas productores de bienes de capital

Las firmas productoras de bienes de capital ayuda a derivar un precio, este generalmente se asociado a la q de Tobin, este término ayuda a determinar el colateral de las empresas. Al considerar la depreciación del *stock* de capital, las empresas generan un reposición en inversión, llamada costos de ajuste al capital en línea con Hayashi (1982), Abel y Blanchard (1983), Shapiro (1986), entre otros. Por lo que, la firma presenta el siguiente problema de maximización:

$$\text{Max}_{\{I_t(j), K_{t+1}(j)\}} E_t \sum_{t=0}^{\infty} \Lambda_{t+i} [Z_t K_t - I_t]$$

La restricción en cualquier periodo esta descrito por: $K_{t+1,R} = (1 - \delta)K_{t,R} + f\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right)I_t$;

donde $f\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right) = 1 - \frac{\Psi}{2}\left(\frac{I_t}{I_{t-1}} - 1\right)^2$ representa los ajustes necesarios que realiza la firma para la reposición de capital, el parámetro Ψ representa el ajuste del costo ponderado y $\Lambda_{t+i} = \beta \frac{C_{t+1,R}^{-\theta}}{C_{t,R}^{-\theta}}$ la tasa de descuento estocástica del agente ricardiano. Las condiciones de primer orden son:

$$1 = q_t - \frac{3}{2}\Psi\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right)^2 q_t + 2\Psi\frac{I_t}{I_{t-1}}q_t - \frac{\Psi}{2}q_t \quad (6)$$

$$q_t = \Lambda_{t+1}Z_{t+1} + \Lambda_{t+1}q_{t+1}(1 - \delta) \quad (7)$$

Firmas productoras de bienes finales

Se asume que la agregación de una firma representativa competitiva se realiza a partir de una Elasticidad de Sustitución Constante (CES). El problema es descrito como: $\text{Max}_{\{Y_t(j)\}} p_t Y_t -$

$\int_0^1 p_t(j)Y_t(j) dj$. Bajo competencia monopolística la agregación de la tecnología se

representa a través de un agregador Dixit-Stiglitz (1977), $Y_t = \left\{ \int_0^1 [Y_t(j)]^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} dj \right\}^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}$.

Donde $Y_t(j)$ son las ventas de bienes de las empresas indexadas para cada $j \in [0,1]$ a una sola producción “ Y_t ”, el término ε es la elasticidad de sustitución de los bienes indexados, el término $\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} = \mu$, representa los márgenes de las ganancias (*mark up*) de las empresas.

Firma productora de bienes intermedios

La firma productora de bienes intermedios presenta cierto poder de mercado para fijar precios. Toma los precios de factores de producción y a partir de ello determina el trabajo y capital óptimo a partir de la minimización de costos.

$$\text{Min}_{\{h_t(j), K_t(j)\}} W_t h_t^T(j) + Z_t K_t^T(j)$$

sujeta a:

$$Y_t = f(A_t, K_t^h, K_t^T, h_t^T, IM_t)$$

Como los precios no se ajustan instantáneamente en cada periodo, existe una probabilidad “ $1 - \theta$ ” de definir los precios de los bienes para todos los periodos “ t ”. No obstante, existe una fracción de las firmas que no están dispuestas a cambiar de precio con θ de probabilidad. De esta manera, el problema dinámico para la firma en la maximización de beneficios para reajustar el precio será:

$$\text{Max}_{\{p_t(j)\}} E_t \sum_{t=0}^{\infty} \Omega_{t,t+i} \theta^i \{p_t(j) Y_{t+i}(j) - \varphi_{t+i} Y_{t+i}(j)\}$$

sujeta a: $Y_t(j) = \left[\frac{p_t^*}{p_t(j)} \right]^\varepsilon Y_t$. Asimismo, la agregación de precios tiene un comportamiento descrito por $\pi_t^{1-\varepsilon} = \theta + (1 - \theta) \left[\frac{p_t^*}{p_{t-1}} \right]^{1-\varepsilon}$ y $p_t = p_t^* + \pi_{t-1}$. Donde $\pi_t = \frac{p_t}{p_{t-1}}$, es la inflación y p_t^* es el precio que las firmas re-optimizan en cada período, en estado estacionario con inflación cero y suponiendo $p_{t-1} = p_t^* = p_t$, para todo "t".

Resolviendo el problema de maximización se obtiene la curva de Phillips nueva keynesiana.

$$p_t(j) = \frac{\mu E_t \sum_{i=0}^{\infty} [(\beta\theta)^i c m g_{t+i} \phi_t C_{t+i}^{1-\vartheta} p_{t+i}^\varepsilon]}{E_t \sum_{i=0}^{\infty} [(\beta\theta)^i p_{t+i}^{\varepsilon-1} C_{t+i}^{1-\vartheta}]} \quad (8)$$

Log - linealizando la expresión anterior tenemos:

$$\widetilde{\pi}_t = \beta \widetilde{\pi}_{t+1} + \lambda^\pi \widetilde{c m g}_t + \varepsilon_t^\pi \quad (8')$$

El parámetro $\lambda^\pi = (1 - \theta)(1 - \theta\beta)/\theta$ mide el grado de rigidez en precios y el término ε_t^π representa la inflación por costos (*cost push inflation*). Del proceso de minimización de costos se obtiene el costo marginal real (MC_t), representada por⁴:

⁴ Para el desarrollo a detalle de la curva de Phillips Nueva Keynesiana ver Valdivia y Valdivia 2019.

$$MC_t = \frac{1}{A_t} [(W_t)^{\alpha_2} Z_t^{\alpha_1} r e r_t^{1-\alpha_1-\alpha_2}] \quad (9)$$

Por tanto, las demandas de factores se derivan de la condición de primer orden:

$$\frac{Z_t}{W_t} = \frac{K_t^h h_t^T}{K_t} \quad (10)$$

$$\frac{r e r_t}{W_t} = \frac{K_t^h h_t^T}{IM_t} \quad (11)$$

Rigideces en Salarios

Bajo el supuesto de competencia monopolística, los únicos agentes que pueden negociar el salario serán las familias ricardianas, dado que tienen acceso al mercado de capitales por tanto los salarios se definirán del siguiente problema de maximización:

$$\text{Max}_{\{W_t(j)\}} E_t \sum_{t=0}^{\infty} \Omega_{t,t+i} \theta_W^i \{W_t(j) Y_{t+i}(j) - \varphi_{t+i} Y_{t+i}(j)\}$$

sujeta a $Y_t(j) = \left[\frac{W_t}{W_t(j)} \right]^\varepsilon Y_t$. En el mismo sentido que la curva de Phillips existe una probabilidad “ θ_W^i ” en los salarios para su ajuste, esto quiere decir que los sindicatos tienen cierto poder “ $1 - \theta_W^i$ ” (probabilidad) sobre los salarios a no cambiar. Del problema planteado, se puede derivar la curva de Phillips nueva keynesiana en salarios.

$$W_t(j) = \frac{\mu E_t \sum_{i=0}^{\infty} [(\beta \theta_W)^i c m g_{t+i} \phi_t^W c_{t+i}^{1-\vartheta} W_{t+i}^\varepsilon]}{E_t \sum_{i=0}^{\infty} [(\beta \theta_W)^i W_{t+i}^{\varepsilon-1} c_{t+i}^{1-\vartheta}]} \quad (12)$$

Log - linealizando la expresión anterior tenemos:

$$\widetilde{\pi}_t^W = \beta \widetilde{\pi}_{t+1}^W + \lambda_W^\pi \widetilde{c m g}_t + \varepsilon_{t,W}^\pi \quad (12')$$

donde el parámetro $\lambda_W^\pi = (1 - \theta_W)(1 - \theta_W \beta) / \theta_W$ mide el grado de rigidez en salarios por los contratos establecidos entre las familias ricardianas y las firmas. El término $\varepsilon_{t,W}^\pi$ representa un shock a los salarios (generalmente asociado por una reforma en la política salarial de un país).

Hogares Ricardianos

En esta economía existen familias con acceso al crédito y el resto tiene restricciones al mercado de capitales lo que no permite que tenga un consumo óptimo a lo largo del tiempo. Para las familias optimizadoras se asumirá una función de utilidad instantánea de consumo de aversión relativa al riesgo constante (CRR), donde: $C_{t,R}$ es el consumo, $h_{t,R}$ es la oferta

laboral de los ricardianos y m_t la demanda por dinero en saldos reales por tanto la forma funcional de $u(c_{t,R}, h_{t,R}, m_t)$ es:

$$\text{Max}_{\{c_{t,R}, h_{t,R}, m_t, B_{t+1}\}} E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\varepsilon_t^c \left(\frac{C_{t,R}^{1-\vartheta} - 1}{1-\vartheta} \right) - \frac{h_{t,R}^{1+\nu} - 1}{1+\nu} + \theta^m \ln m_t \right]$$

La restricción en cada “ t ”, a la que la familia se enfrenta es:

$$p_t C_{t,R} + B_{t+1} + m_t + TAX + I_t = Z_t K_{t,R} + W_t h_{t,R} + (1 + R_{t-1}) B_t + m_{t-1}$$

Esta expresión indica que los hogares son dueños de capital K_t y obtienen una renta Z_t que les paga las empresas, perciben un salario W_t , demandan dinero en términos reales $m_t = (M_t/P_t)$ y perciben ingresos por bonos “ B_t ”. Estos hogares, pagan impuestos (TAX_t) al gobierno. Del problema de maximización de los hogares se obtiene la ecuación de Euler, la ecuación de decisión entre trabajo – ocio y la demanda por dinero en saldos reales.

$$\beta E_t \left\{ \left(\frac{\varepsilon_t^c c_{t,R}}{\varepsilon_{t+1}^c c_{t+1,R}} \right)^\vartheta (1 + R_t) \frac{p_t}{p_{t+1}} \right\} = 1 \quad (13)$$

$$h_{t,R}^\nu c_t^\vartheta = W_t/p_t \quad (14)$$

$$\theta^m \frac{1}{m_t} = c_{t,R}^\vartheta - \beta E_t c_{t+1,R}^\vartheta \quad (15)$$

Familias No Ricardianas

Las familias con restricción al crédito tienen un comportamiento con una función de utilidad estándar representada por $u(c_{t,NR}, h_{t,NR})$.

$$\text{Max}_{\{c_{t,NR}, h_{t,NR}\}} E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\log(C_{t,NR}) - \frac{h_{t,NR}^{1+\nu} - 1}{1+\nu} \right]$$

La restricción en cada “ t ”, a la que la familia se enfrenta es $p_t C_{t,NR} = W_t h_{t,NR}$. Y la solución del problema de maximización de las familias “*rule of thumb*”, debido a las restricciones de crédito su nivel de consumo está dado por su ingreso disponible, “ $n_{t,NR}^\nu c_{t,NR} = W_t/p_t$ ”,

La agregación de ambas familias será dada por:

$$C_t^T = \omega C_{t,R} + (1 - \omega) C_{t,NR} \quad (16)$$

$$K_t^T = \omega K_{t,R} \quad (17)$$

$$h_t^T = \omega h_{t,R} + (1 - \omega) h_{t,NR} \quad (18)$$

Donde ω es una ponderación para denotar el grado de influencia que tiene las familias sobre el consumo total de la economía C_t^T y la oferta total h_t^T .

Sector Externo

Las exportaciones dependen del tipo de cambio real. En línea con Schimitt-Grohe y Uribe (2003) la modelación del riesgo país está dado por el ratio deuda externa – PIB $\left(\frac{B_t}{Y_t}\right)$, y el parámetro calibrado (e) para garantizar la convergencia la estado estacionario toma el valor de 0,01⁵.

$$X_t = (rer_t)^\eta \quad (19)$$

$$risk_t = e \left(\frac{B_t}{Y_t} - \log \xi \right) \quad (20)$$

Por su parte, el parámetro (ξ), garantiza el ratio deuda – PIB en su estado estacionario.

Dentro de la condición de equilibrio del mercado de bienes es descrita por:

$$Y_t = C_t^T + I_t + G_t + X_t - IM_t \quad (21)$$

donde I_t representa a la inversión en la economía, G_t es el gasto total del gobierno (esa variable será la observable dentro el modelo), X_t las exportaciones y IM_t las importaciones.

Política monetaria

Regla de Poole

El Banco Central de Bolivia no tiene metas explícitas de inflación, es decir no fija una tasa de interés de política monetaria como en otras economías, adopta metas intermedias de crédito interno, controlando así la oferta monetaria. William Poole (1970), desarrolló una combinación de regla de política monetaria entre control de la oferta monetaria y fijación de la tasa de interés desde la óptica del modelo IS-LM en un contexto estocástico. Valdivia y Valdivia (2019) formalizan la Regla de Poole derivando los microfundamentos de la misma, la ecuación encontrada tiene similitudes con la adoptada por Keating y Lee (2012) para

⁵ La expresión del tipo de cambio real $rer_t = s_t p_t^* / p_t$, donde s_t , es el tipo de cambio nominal, p_t^* es el nivel de precios en el extranjero, p_t denota los precios domésticos y por último se supondrá la ley del precio único.

evaluar el rol del dinero en la Regla de Taylor, y Li y Liu (2017) que evalúan distintas reglas de política monetaria encontrando... “en el espíritu de Poole” una combinación de reglas⁶.

Por tanto, la siguiente regla en cantidades está en base a ambas investigaciones señaladas:

$$m_t = \left(\frac{\pi_{t+1}}{\pi^*}\right)^{\varphi_m^\pi} \left(\frac{y_t}{y^*}\right)^{\varphi_m^y} \left(\frac{i_t}{i^*}\right)^{\varphi_m^i} \phi_t^R \quad (22)$$

Algunos de los procesos auto-regresivos AR(1) en su forma log-lineal que no fueron descritos con anterioridad, tienen influencia en la dinámica del modelo y tienen efectos sobre todo en el sistema:

$$\phi_t^R = \rho^{shock} \phi_{t-1}^R + \varepsilon_t^R \quad \text{Shocks en la regla de Poole} \quad (23)$$

$$\phi_t^I = \rho^I \phi_{t-1}^I + \varepsilon_t^I \quad \text{Shocks en inversión} \quad (24)$$

$$A_t = \rho^A g_t^A + \varepsilon_t^A \quad \text{Shocks en innovación tecnológica} \quad (25)$$

Donde $\varepsilon_t^\pi, \varepsilon_t^R, \varepsilon_t^G, \varepsilon_t^A, \varepsilon_t^I, \varepsilon_t^{I^h}, \varepsilon_{t,W}^\pi$ son los procesos estocásticos i.i.d. $N(0, \vartheta^2)$.

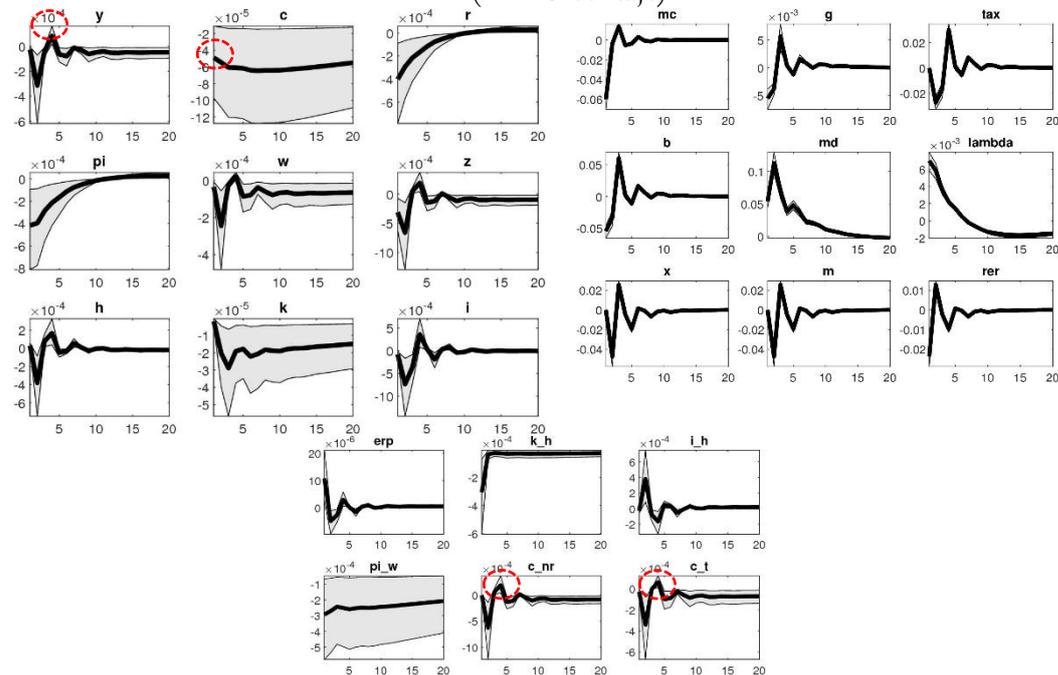
V. Resultados

Las Funciones impulso respuesta (FIR) muestran que los efectos de la inversión en capital humano, tienen un efecto rezagado positivo en el comportamiento del producto, tal como se evidenció en los co-movimientos estimado (Gráfico 6), el impacto en el cuarto periodo es 0,8% sobre el crecimiento del PIB, explicado por mayores recursos destinados a infraestructura en el sector de educación. Este *shock* genera un efecto sustitución en el consumo de los hogares ricardianos de 0,4% en el primer periodo y presenta persistencia a lo largo de la simulación realizada; sin embargo, el efecto agregado sobre el consumo total es de 0,6% desde el cuarto periodo, gracias a que los hogares no ricardianos tienen una respuesta positiva desde el tercer periodo (Gráfico 7).

⁶ En Valdivia y Valdivia (2019) se deriva la Regla de Poole a partir de la minimización de una función de pérdida cuadrática, es decir el banco central se preocupa por la brecha del producto y la desviación de la inflación respecto a un parámetro establecido.

GRÁFICO 7: FUNCIONES IMPULSO RESPUESTA, SHOCK EN INVERSIÓN EN CAPITAL HUMANO

(En Porcentaje)



Fuente: Elaboración propia

Por su parte, la estimación de las elasticidades asociado al capital físico y capital humano, son de 0,46% y 0,1%, respectivamente (Cuadro 1). Este resultado indica que ante una acumulación de capital humano se esperaría que el crecimiento del PIB sea de 0,1%.

CUADRO 1: DISTRIBUCIÓN PRIOR Y POSTERIOR DSGE

Parámetro	Distribución	Prior	D.E.	Post	10%	90%
		Mean		Mean		
α_1	beta	0,33	0,02	0,463	0,4627	0,4631
α_2	beta	0,2	0,02	0,0997	0,0942	0,1059
ρ^A	beta	0,5	0,1	0,0534	0,0472	0,0619
σ_A	invg	0,01	inf	0,5288	0,4809	0,5821
σ_{I_h}	Invg	0,01	inf	0,011	0,0022	0,0222

Fuente: Elaboración propia

VI. Conclusiones

Los recursos públicos destinados a proveer una infraestructura adecuada al sector educativo tienen efectos positivos en el proceso de enseñanza – aprendizaje, debido a las condiciones favorables que los estudiantes presentan en el proceso cognitivo en adquirir nuevos conocimientos. La literatura estudiada muestra que este elemento es de importancia para un crecimiento económico sostenido en el largo plazo.

En línea con Romer (1986), indica que la inversión en infraestructura puede estimular el crecimiento económico a largo plazo al crear nuevas oportunidades de negocios y aumentar la productividad de la economía. Análogamente los recursos destinados al según educación son de importancia como indica Becker (1993), la educación es una inversión en capital humano que tiene un retorno positivo a largo plazo.

Por otro lado, la evidencia empírica en Bolivia muestra que la inversión pública destinada al sector educación desde 2014 fue disminuyendo paulatinamente (con excepción de 2021, pero esa gestión se caracterizó por ser un año de rebote estadístico a causa de la crisis del COVID-19), en 2022 la contracción de recursos públicos fue de 21,5% llegando a los Bs692 millones, nivel muy similar a los registrados en 2007. La causa de la reducción se debe a los menores ingresos percibidos por la venta de gas natural a nuestros socios comerciales (Brasil y Argentina) y evidentemente a un nivel de producto que se sitúa por debajo del nivel potencial de economía.

Este contexto adverso, podría explicar la desaceleración en la matriculación estudiantil en 2020 y 2021, además de los efectos persistentes asociado al COVID-19 y la nueva “normalidad” de los agentes económicos post-pandemia.

En contraste, cabe señalar que desde el 2000 las tasas de abandono escolar de nivel inicial, primaria y secundaria disminuyen. En el mismo sentido, el número de alumnos por docente en el sector público fue reduciéndose lo que generaría un ambiente propicio para una educación eficaz. Además, los años de estudio a nivel nacional en promedio incrementaron de 7,7 a 10,1, entre 2000 y 2021. Estos indicadores son resultados de los avances favorables hacia el sector educativo respecto al incremental de los recursos monetarios provenientes del sector público hasta 2014.

Con el fin de encontrar efectos causales, la presente investigación empleo el modelo de Valdivia y Valdivia (2019), modificando los datos observados los cuales son las tasas de crecimiento del PIB, inversión total (formación bruta de capital fijo), inflación e inversión pública destinada al sector educación, esta última variable es entendida como proxy de la inversión en capital humano. Los resultados del modelo DSGE planteado se concluye efectos positivos de la inversión pública en el crecimiento del PIB (0,8%), explicado por un mayor consumo total de los hogares, derivado de los agentes no ricardianos. En efecto, el impacto de 4 periodos en adelante coincide con los co-comovimientos estimados (la actividad económica es una variable rezagada a la inversión pública en educación).

Estos hallazgos muestran que la reducción de la inversión pública en los últimos años tendrá consecuencias negativas en el futuro sobre la dinámica del PIB. Asumiendo efectos simétricos de las FIR, las pérdidas de recursos restringirán el crecimiento económico en la misma proporción (0,8%), lo que a su vez limitará el PIB que pueda alcanzar su nivel potencial en el mediano plazo.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso J. y Freire-Serén M. (2002) Infraestructuras Sociales: Su efecto sobre el crecimiento de la productividad de las CC.AA. españolas, Revista de Estudios Regionales N° 64 (2002), PP. 167-186

Accolley Delali (2016). "Physical and Human Capital over the Business Cycle", Working Paper.

Basu p., Gillman M & Pearlman J. (2009). "Inflation, Human Capital and Tobin's q". Centre For Dynamic Macroeconomic Analysis. Conference Papers.

Becker, G. S. (1993). Human capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education. University of Chicago Press.

CAF - Banco de Desarrollo de América Latina "La importancia de tener una buena infraestructura escolar. Recuperado de: <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2016/10/la-importancia-de-tener-una-buena-infraestructura-escolar/>

Cutanda, A. y J. Paricio (1992). "Crecimiento económico y desigualdades regionales: El impacto de la infraestructura". Papeles de Economía Española, 51: 83-101.

Deaton, A. (1992.). "Understanding Consumption", New York Oxford University Press.

Dang J., Gillman M. y Kejak M. (2012). "Real Business Cycle with Human Capital Investment Sector and Endogenous Growth: Persistence, Volatility and Labor Puzzles", Working Paper.

Deaton, A. (2005). "Franco Modigliani and the Life-Cycle Theory of Consumption, Princeton University.

De Gregorio J. (2007). *Macroeconomía: Teoría y Políticas*, Pearson Education, Santiago De Chile.

Dixit, A. & Stiglitz, J. (1975). "Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity", The Warwick Economics Research Paper Series, University of Warwick, Department of Economics.

Draper, M. y J. A. Herce (1994): "Infraestructuras y crecimiento: un panorama". Revista de Economía Aplicada, 6: 129-170.

Hausmann, R., Rodrik, D., & Velasco, A. (2005). "Growth Diagnostics". John F. Kennedy School of Government. Harvard University.

Kanniainen, J. (2001). Human capital and economic growth: A cross-country analysis. International Journal of Social Economics, 28(5), 491-505.

López J. “La mala infraestructura educativa reproduce la desigualdad”. Recuperado de: <https://cemees.org/2019/04/29/la-mala-infraestructura-educativa-reproduce-la-desigualdad/>.

Leeper Erick (1991), “Equilibria under ‘active’ and ‘passive’ monetary and fiscal policies. Journal of Monetary Economics 27 129-147.

Li B. & Liu Q. (2014).”Identifying Monetary Policy Behavior in China:A Bayesian DSGE Approach”, Working Paper.

Lucas Robert (1988), “On the Mechanics of Economic Development”, University of Chicago – Journal of Monetary Economics.

Mincer J. (1958). “Investment in Human Capital and Personal Income Distribution”, The Journal of Political Economy, Vol. 66, No.4 .

Mccandles, G. (2008). “The ABCs of RBCs an introduction to Dynamic Macroeconomic Models”, Harvard University Press.

Myrdal, G. (1957). Economic theory and underdeveloped regions. Routledge.

Modigliani, F. (1986). “Life Cycle, Individual Thrift and the Wealth of Nations”, American Economic Review.

Poole William (1970), “Optimal Choice of Monetary Policy Instruments in a simple Stochastic Macro Model”. The Quarterly Journal of Economics, Vol. 84, Nro 2.

Romer Paul (1986). “Increasing Returns and Long-Run Growth”, The Journal of Political Economy.

Sidrausky M. (1967). “Rational Choice and Patterns of Growth in a Monetary Economy”, The American Economic Review.

Schmitt-Grohe, S. & Uribe M. (2003). Closing small open economy models. Journal of International Economics, Vol. 61 No. 1.

Urquiola, M. (2000). *Educación Primaria Universal: Dónde Estamos en el 2000*. Ocho Cimas a la Vez. La Paz, Bolivia: UNDP.

Valdivia D. y Pérez D. (2013). *Dynamic Economic and coordination of fiscal – monetary policies in Latin America: evaluation through a DSGE model*. 11th Dynare Conference - National Bank of Belgium.

Valdivia D. y Pérez D. (2013). *Dynamic Economic and coordination of fiscal – monetary policies in Latin America: evaluation through a DSGE model*. 11th Dynare Conference - National Bank of Belgium.

Valdivia J. y Valdivia D. (2019). *Microfoundations of a monetary policy, Poole's rule*. Journal of Economics Bibliography.

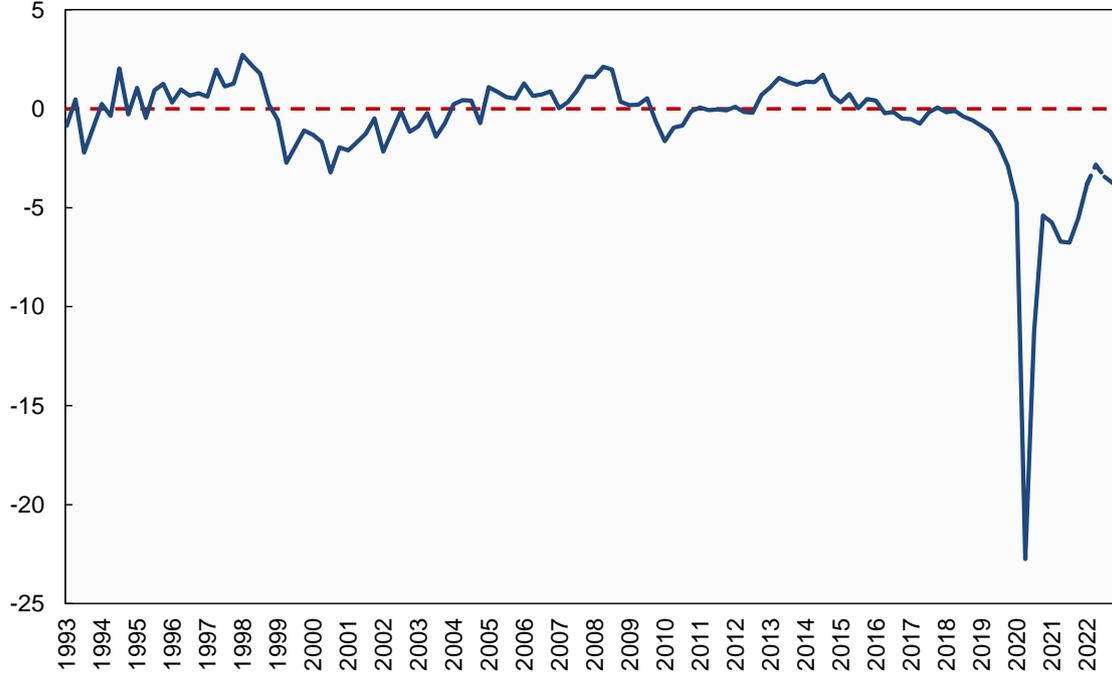
Wenlang Z. (2008). *China's monetary policy: Quantity versus price rules*. Journal of Macroeconomics – ELSEVIER.

Zhang W. (2009). China's monetary policy: Quantity versus price rules. Journal of Macroeconomics ELSEVIER.

APÉNDICES

Apéndice A

Gráfico A.1: BRECHA DEL PIB
(En porcentaje)



Nota: Elaboración propia.

Definición de equilibrio competitivo.

El equilibrio del modelo planteado es tomado por un proceso estocástico, con variables dadas:

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{t,R}, C_{t,NR}, C_t^T, h_{t,R}, h_{t,NR}, h_t^T, m_t, B_t, Z_t, K_{t,R}, I_t, TAX_t, p_t, Y_t, K_t^h, K_t^T, IM_t, \\ \pi_t, cmg_t, rer_t, G_t, X_t, risk_t, R_t, \phi_t^m, \phi_t^R, \phi_t^I, A_t \end{array} \right\}_t^\infty$$

Los procesos estocásticos del sistema planteado serán:

$$\left\{ \varepsilon_t^\pi, \varepsilon_t^R, \varepsilon_t^G, \varepsilon_t^A, \varepsilon_t^I, \varepsilon_t^{I^h}, \varepsilon_t^{\pi,W} \right\}_t^\infty$$

Ecuaciones Log-linealizadas del sistema:

$$\widetilde{c}_{t,R} = E_t \widetilde{c}_{t+1,R} - \frac{1}{\vartheta} (\widetilde{R}_t - E_t \widetilde{\pi}_{t+1}) + \varepsilon_t^C$$

$$v \widetilde{h}_{t,R} + \vartheta \widetilde{c}_t = \widetilde{W}_t - \widetilde{p}_t$$

$$(1 - \beta) m_t = -\vartheta \widetilde{c}_{t,R} + \beta \vartheta E_t \widetilde{c}_{t+1,R}$$

$$\widetilde{C}_t^T = \omega \widetilde{C}_{t,R} + (1 - \omega) \widetilde{C}_{t,NR}$$

$$\widetilde{h}_t^T = \omega \widetilde{h}_{t,R} + (1 - \omega) \widetilde{h}_{t,NR}$$

$$\widetilde{m}_t = \varphi^\pi \widetilde{\pi}_t + \varphi^y \widetilde{y}_t + \varphi_m^i \widetilde{i}_t + \widetilde{\phi}_t^R$$

$$\widetilde{TAX}_t = \rho^B \widetilde{B}_{t-1} + \phi_t^{T-B}$$

$$\widetilde{G}_t = \rho^G \widetilde{G}_{t-1} + (1 - \rho^G) \widetilde{y}_t + \varepsilon_t^G$$

$$\widetilde{TAX}_t + \widetilde{B}_t + \widetilde{m}_t = \widetilde{G}_t + \widetilde{B}_{t-1} \widetilde{R}_{t-1} + \widetilde{m}_{t-1}$$

$$\widetilde{risk}_t = e(\widetilde{B}_t - \widetilde{y}_t)$$

$$\widetilde{X}_t = \eta r \widetilde{e}r_t$$

$$\widetilde{K}_{t+1}^h = (1 - \delta^h) \widetilde{K}_t^h + \delta^h \widetilde{I}_t^h + \delta^h \varepsilon_t^h$$

$$\widetilde{K}_{t+1,R} = (1 - \delta) \widetilde{K}_{t,R} + \delta \widetilde{I}_t + \delta \widetilde{\phi}_t^I$$

$$\widetilde{q}_t = \Psi[\widetilde{I}_t - \widetilde{I}_{t-1}]$$

$$\widetilde{q}_t = \widetilde{\Lambda}_{t+1} + \beta(1 - \delta) \widetilde{q}_{t+1} + \widetilde{Z}_{t+1}[1 - \beta(1 - \delta)]$$

$$\widetilde{y}_t = \frac{C^T}{Y} \widetilde{C}_t^T + \frac{I}{Y} \widetilde{I}_t + \frac{G}{Y} \widetilde{G}_t + \frac{X}{Y} \widetilde{X}_t - \frac{IM}{Y} \widetilde{IM}_t$$

$$\widetilde{\pi}_t = \widetilde{p}_t - \widetilde{p}_{t-1}$$

$$\widetilde{\pi}_t^W = \beta \widetilde{\pi}_{t+1}^W + \lambda_W^\pi \widetilde{cmg}_t + \varepsilon_{t,W}^\pi$$

$$\widetilde{\pi}_t = \beta \widetilde{\pi}_{t+1} + \lambda^\pi \widetilde{cmg}_t + \varepsilon_t^\pi$$

$$\widetilde{Z}_t - \widetilde{W}_t = \widetilde{K}_t^h + \widetilde{h}_t^T - \widetilde{K}_t$$

$$r \widetilde{e}r_t - \widetilde{W}_t = \widetilde{K}_t^h + \widetilde{h}_t^T - \widetilde{IM}_t$$

$$\widetilde{y}_t = \widetilde{A}_t + \alpha_1 \widetilde{K}_t^T + \alpha_2 (\widetilde{K}_t^h + \widetilde{h}_t^T) + \alpha_2 \widetilde{IM}_t$$

$$\widetilde{cmg}_t = \alpha_2 \widetilde{W}_t + \alpha_1 \widetilde{Z}_t + \alpha_2 r \widetilde{e}r_t - \widetilde{A}_t$$

$$\begin{aligned} \widetilde{p}_t + \widetilde{C}_{t,R} + \widetilde{B}_{t+1} + \widetilde{m}_t + \widetilde{TAX}_t + \widetilde{I}_t \\ = \widetilde{Z}_t + \widetilde{K}_{t,R} + \widetilde{W}_t + \widetilde{h}_{t,R} + (1 + \widetilde{R}_{t-1}) \widetilde{B}_t + \widetilde{m}_{t-1} \end{aligned}$$

$$\widetilde{\phi}_t^m = \rho_{shock}^m \widetilde{\phi}_{t-1}^m + \varepsilon_t^m$$

$$\widetilde{\phi}_t^R = \rho^{R_{shock}} \widetilde{\phi}_{t-1}^R + \varepsilon_t^R$$

$$\widetilde{\phi}_t^I = \rho^I \widetilde{\phi}_{t-1}^I + \varepsilon_t^I$$

$$\widetilde{A}_t = \rho^A \widetilde{A}_{t-1}^A + \varepsilon_t^A$$

$$\widetilde{\phi}_t^{T.B} = \rho^{T.B} \widetilde{\phi}_{t-1}^{T.B} + \varepsilon_t^{T.B}$$

Por tanto, a través de la ecuación “ $\widetilde{\pi}_t^W = \beta \widetilde{\pi}_{t+1}^W + \lambda_W^\pi \widetilde{cmg}_t + \varepsilon_{t,W}^\pi$ ”, se podrá capturar los incrementos de los salarios sobre el consumo.

METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN

Se evaluó los parámetros del modelo con una metodología econométrica desde el punto de vista bayesiana para medir el efecto de los shocks planteados anteriormente en las variables observadas. El enfoque econométrico bayesiano aporta mucha más información a las decisiones bajo la incertidumbre, a diferencia de la econometría clásica “frecuentista”, este enfoque considera diferentes tipos información muchas veces subjetiva, que pueda tener sobre los parámetros a estimar antes de tomar en cuenta los datos. La estimación bayesiana puede ser vista como un puente entre la calibración y la estimación por máxima verosimilitud (MV).

El modelo estimado toma como referencia a Fernández-Villaverde y Rubio-Ramírez, 2004; Smets y Wouter, 2007. La estimación es basada en una función de verosimilitud generada por la solución de la versión log-linealizada del modelo. Se utilizan distribuciones prior de los parámetros de interés para proporcionar información adicional en la estimación. Todo el conjunto de ecuaciones linealizadas forma un sistema de ecuaciones lineales de expectativas racionales, el cual se puede escribir de la siguiente manera:

$$\Gamma_0(\vartheta) \mathbf{z}_t = \Gamma_1(\vartheta) \mathbf{z}_{t-1} + \Gamma_2(\vartheta) \boldsymbol{\varepsilon}_t + \Gamma_3(\vartheta) \boldsymbol{\Theta}_t$$

Donde \mathbf{z}_t es un vector que contiene las variables del modelo expresadas como desviaciones logarítmicas de sus estados estacionarios, $\boldsymbol{\varepsilon}_t$ es un vector que contiene ruido blanco de los shocks exógenos del modelo y $\boldsymbol{\Theta}_t$ es un vector que contiene las expectativas racionales de los errores de predicción. Las matrices Γ_1 son funciones no lineales de los parámetros estructurales contenidas en el vector ϑ . El vector \mathbf{z}_t contiene las variables endógenas del modelo y los shocks exógenos: $\varepsilon_t^{T.B}, \varepsilon_t^\pi, \varepsilon_t^R, \varepsilon_t^G, \varepsilon_t^A, \varepsilon_t^m, \varepsilon_t^I, \varepsilon_t^{I^h}, \varepsilon_{t,W}^\pi, \varepsilon_t^C$. La solución a este sistema puede ser expresado de la siguiente forma:

$$z_t = \Omega_z(\vartheta) z_{t-1} + \Omega_\varepsilon(\vartheta) \varepsilon_t + \Gamma_3(\vartheta) \Theta_t$$

Donde Ω_z y Ω_ε son funciones de los parámetros estructurales. Además, sea y_t un vector de las variables observadas, que se relaciona con las variables en el modelo a través de una ecuación de medición:

$$y_t = H z_t$$

Donde, H es una matriz que selecciona elementos de z_t , e y_t que comprende las siguientes variables observadas (la muestra comprende desde 2009m1 – 2022m6), el número de variables observadas deben ser igual o menor al número de variables de shocks en el modelo para evitar el problema de singularidad estocástica:

$$y_t = [Y_t, I_t, \pi_t, I_t^h]$$

Estas ecuaciones corresponden a la forma estado-espacio que representan a y_t . Si nosotros asumimos que el ruido blanco, ε_t esta normalmente distribuido, y utilizando el filtro de Kalman podemos calcular la función de verosimilitud condicional para los parámetros estructurales. Sea $p(\vartheta)$ la función de densidad prior de los parámetros estructurales y $L(\vartheta/Y^T)$, donde $Y^T = \{y_1, y_T\}$ contiene las variables observadas. La función de densidad posterior de los parámetros se calcula usando el teorema de Bayes:

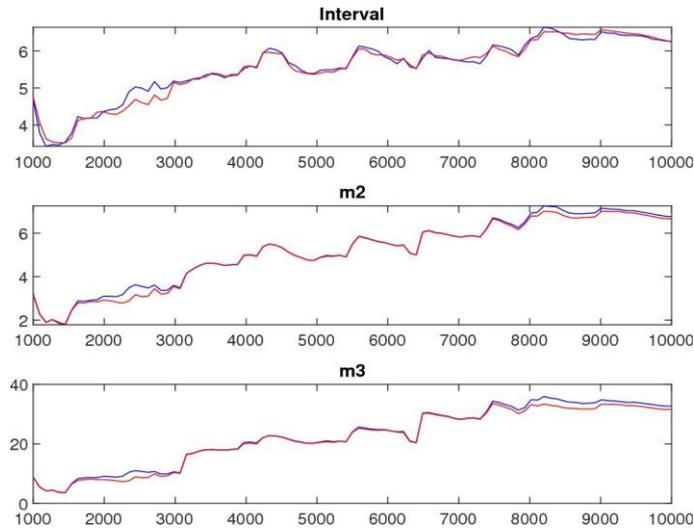
$$p(\vartheta/Y^T) = \frac{L(\vartheta/Y^T) p(\vartheta)}{\int L(\vartheta/Y^T) p(\vartheta) d\vartheta}$$

Dado que la función de verosimilitud condicional no tiene solución con una expresión analítica, se hizo el uso de métodos numéricos basados en el algoritmo de Metropolis-Hastings. Las estimaciones se obtuvieron con el programa Dynare.

Prios y Resultados

En las tablas siguientes se presentan los valores prior de los parámetros y shocks, que están en línea con la literatura internacional que incorpora creencias acerca de posibles rasgos de la densidad prior y comportamiento de las variables (Smets y Wouters, 2002 - 2007; Laxton y Pesenti, 2003).

Convergencia de la cadena de Markov de Monte Carlo



Variables del Modelo

C_t^T	Consumo total
$C_{t,R}$	Consumo de los hogares Ricardianos
$C_{t,NR}$	Consumo de los hogares No ricardianos
h_t^T	Oferta laboral Total
$h_{t,R}$	Oferta laboral de los hogares Ricardianos
$h_{t,NR}$	Oferta laboral de los hogares No Ricardianos
m_t	Demanda por dinero
B_t	Deuda
Z_t	Precio del capital – Productividad marginal del Capital
K_t^T	Capital Total
$K_{t,R}$	Capital Total de los agentes Ricardianos
K_t^h	Capital Humano Total
I_t	Inversión
TAX_t	Impuestos
p_t	Nivel de precios (IPC)
q_t	La q de Tobin
Y_t	Producto Interno Bruto
IM_t	Importaciones
X_t	Exportaciones
π_t	Inflación
cmg	Costo Marginal
rer_t	Tipo de cambio Real
G_t	Gasto del Gobierno
R_t	Tasa de interés nominal
A_t	Productividad total de Factores
$risk_t$	Riesgo País
ϕ_t^R	Shock en la regla de Poole
ϕ_t^I	Shock en la ley de movimiento del capital

Shocks del Modelo

ε_t^π	Costo inflacionario (Cost push inflation)
ε_t^R	Shock en la regla de Poole

ε_t^G	Shock en la regla Fiscal (Gasto)
ε_t^A	Shock de productividad
ε_t^I	Shock en la ley de movimiento del capital físico
$\varepsilon_t^{I^h}$	Shock en la ley de movimiento del capital humano
$\varepsilon_{t,W}^\pi$	Shocks en la Curva de Phillips en salarios