

Ciclo económico y reforma tributaria en fases: experiencia de la economía Chilena¹

Ricardo Chávez

UAI

Carlos J. García²

ILADES- UAH

Resumen:

En este estudio el principal objetivo es analizar tanto cualitativamente como cuantitativamente el impacto de una reforma tributaria en fases, es decir, de un aumento progresivo en los impuestos en la economía Chilena. Nuestros resultados indican que esta estrategia fiscal debiera producir dos efectos: un efecto sustitución que impulsa a las empresas a adelantar inversión y con ello debiera aumentar el PIB y la inflación. La reacción del banco central debiera ser subir la tasa de interés. El otro efecto es negativo y consiste en un efecto riqueza que reduce el precio de las acciones y aumenta el tipo de cambio. En términos cuantitativos, un aumento de 1% de los impuestos debería producir, producto de la distorsión intertemporal, un aumento de 0.193% en el PIB dentro del primer año del anuncio. No obstante, pueden existir otros elementos de naturaleza muy heterogénea que pueden influenciar negativamente las expectativas de inversión y por tanto cancelar por completo este efecto de sustitución intertemporal, que dado las fases de la reforma sería la respuesta óptima de los agentes económicos. Entre estos elementos se tiene la claridad de la reforma por parte del gobierno, al grado de virulencia de las discusiones en el congreso y su influencia en las expectativas de los empresarios, la incertidumbre de nuevas alzas de impuestos, etc.

Keywords: Business Cycle, Fiscal Policy, Bayesian econometrics, DSGE models.

JEL: E32, E62, E37

Septiembre, 2014

¹ Se agraden los comentarios de Héctor Felipe Bravo a este estudio. Cualquier error es de nuestra exclusiva responsabilidad.
² Corresponding author. ILADES-Universidad Alberto Hurtado, Erasmo Escala 1835, Santiago, Chile. Tel: 56-2-8897366. Fax: 56-2-6920303. E-mail: cgarcia@uahurtado.cl

I. Introducción

Una de las principales características de la reforma tributaria Chilena 2014 es que se implementará en fases. ¿Cuál será el impacto macroeconómico de esta estrategia? Éste es el principal objetivo del estudio: analizar tanto cualitativamente como cuantitativamente el impacto de esta estrategia en el ciclo de la economía Chilena.

Al respecto la literatura internacional indica que medir los efectos en fases de una reforma tributaria es complejo. En efecto, la medición de nueva información o *news* puede producir serios problemas si usamos modelos econométricos estándar (modelos VAR o modelos de una ecuación) como lo demuestra Leeper, Walker y Yang (2011): los modelos estándares suponen que los shocks son decrecientes en el tiempo, sin embargo las *news* pueden que no decrezcan. A modo de ejemplo, una reforma tributaria que es avisada en t y que será efectiva en T períodos más, suponiendo un contexto de expectativas racionales, implicará que el stock de capital en T dependerá plenamente del shock o nueva información que ocurrió $T - t$ períodos atrás.

En este artículo evitamos esta crítica desarrollando un modelo estructural DSGE que es estimado por técnicas bayesianas. En relación a la estructura del modelo, éste considera diferentes sectores que representan en términos generales la economía chilena, incluida la producción de cobre, principal materia prima de exportación de Chile, que se supone integrada al resto de la economía a través de la demanda de insumos para la inversión de capital específico (Fuentes y García 2014). El modelo de este estudio es básicamente una extensión de García y González (2014), donde se sustituye el supuesto de impuestos *lump-sum* por impuestos al consumo, al trabajo y las utilidades. Además, se formaliza una regla fiscal de gasto que depende de los ingresos estructurales pero adicionando una recaudación fiscal proveniente de los impuestos antes mencionados y los aportes del cobre. En resumen, nos aseguramos que tanto el estado estacionario como la dinámica del modelo repliquen los resultados estándares para la economía chilena usando tanto modelos DSGE como VAR, incluida la carga tributaria histórica de la economía chilena.

Una vez chequeado el modelo, se realizan proyecciones condicionadas a la reforma tributaria en fases. En otras palabras, se supone que los agentes económicos saben con anticipación la evolución de los impuestos y por tanto pueden re optimizar sus planes de consumo, inversión, fijación de precios, salarios, producción, etc. Los resultados encontrados en este estudio son consistentes con estudios en otros países: la reforma tributaria en fases debiera producir dos efectos: uno sustitución que impulsa a las empresas a adelantar inversión y con ello debiera aumentar el PIB y la inflación. En

este contexto, la reacción del banco central debiera consistir en subir la tasa de interés. El otro efecto es un efecto riqueza que reduce el precio de las acciones y aumenta el tipo de cambio.

En términos cuantitativos, un aumento de 1% de los impuestos a los beneficios debería producir un aumento 0,193% del PIB dentro del primer año del anuncio.

Sin embargo, es importante aclarar que los efectos que medimos en este estudio son limitados y se restringe a sólo los efectos de corto plazo. Se omiten otros importantes efectos positivos (efectos riquezas) asociados a la mayor recaudación tributaria en la formación de capital humano (objetivo final de la reforma del 2014) y por tanto las ganancias de productividad en el largo plazo. Efectos mixtos ante un mayor gasto fiscal, generando un crowding-out a la inversión privada o generando las condiciones necesarias para atraer nuevos capital. Tampoco considera los efectos distributivos positivos de largo plazo del aumento de impuesto (Piketty, 2014).

Finalmente, reconociendo que una reforma tributaria va más allá del aumento futuro de los impuestos, en el estudio se introducen la posibilidad que otros elementos asociados a una reforma puedan producir un shock negativo en las expectativas de inversión. En términos reales un aumento de impuestos está asociado a elementos tan diversos como la claridad de la reforma por parte del gobierno, al grado de virulencia de las discusiones en el congreso y su influencia en las expectativas de los empresarios, la incertidumbre de nuevas alzas de impuestos, etc. En resumen, demostramos que si estos otros elementos están presentes, el efecto sustitución discutido en este estudio puede ser compensado por un empeoramiento de las expectativas que produce que la inversión caiga desde el mismo momento del anuncio de la reforma. En otras palabras, se compensa o interfiere el efecto sustitución, que sería una respuesta óptima suponiendo como dada la trayectoria de los impuestos, por un efecto negativo instantáneo en las expectativas.

Este artículo se organiza de la siguiente forma, en la Sección 2 se resume la literatura internacional y en Chile sobre reformas fiscales en fases. En la Sección 3 se presenta el modelo DSGE y los resultados en la Sección 4. Las conclusiones del estudio se presentan en la Sección 5.

II. Literatura³

Numerosos autores han analizado los efectos de cambios anticipados en los impuestos en la economía. No obstante, en la literatura ha surgido cierta tensión entre la evidencia econométrica estándar (modelos VAR por ejemplo o regresiones de una sola ecuación) y las predicciones de modelos con micro fundamentos (DSGE y RBC, por ejemplo). Cómo se explica más abajo, la principal dificultad consiste en poder identificar adecuadamente la información que se usará en un modelo econométrico para representar un cambio anticipado de los impuestos. Con todo, se desprende que aumentos futuros de impuestos están relacionados con efectos expansivos en el presente.

Auerbach (1989) analiza la posibilidad que cambios impositivos anticipados influyen el comportamiento de la inversión en un modelo micro fundado (Hayashi, 1982). Al respecto, él demuestra como un cambio impositivo anticipado influencia a la inversión por dos efectos contra puestos. Primero el deseo de suavizar la trayectoria de la inversión por la existencia de costos de ajustes convexos (o dificultad de cambiar los planes de inversión) hace que mientras más distante sea la fecha de implementación del cambio de política, el impacto de corto plazo del aumento futuro de impuesto es menor. Segundo, los cambios tributarios anticipados afectan el valor de la firma, así un aumento de impuesto a un horizonte prolongado puede aumentar el valor de nuevo capital por encima del antiguo aumentando la inversión.

No obstante la clara intuición del efecto de cambios anticipados sobre la economía, algunos trabajos empíricos no han encontrado que este efecto fuera importante o tuvieran el signo esperado por los autores. En efecto, Poterba (1988) analizó el efecto que tienen anuncios de cambio de impuestos a los ingresos sobre el consumo en los Estados Unidos. En este estudio se hacen regresiones entre el cambio en el consumo per cápita en términos reales contra su propio rezago y una variable que representa de noticias de cambio de impuestos (salarios y tasas de retornos). Su principal resultado es que los cambios anticipados de los impuestos no son significativos en explicar los cambios en el consumo.

Por otro lado, Blanchard y Perotti (2002) incluyen en la especificación de un modelo VAR una *dummy* para medir cambios esperados en los impuestos en los Estados Unidos. En específico, la *dummy* representa la reforma tributaria de 1975 pero adelantada en un trimestre. Ellos concluyen que mirando el coeficiente de esa *dummy* se tiene que una caída anticipada en un trimestre de los

³ No discutimos en este trabajo si es bueno o no avisar una reforma tributaria. Al respecto, Barro (1979) argumenta que los impuestos deben seguir un ruido blanco, es decir, deben ser no proyectables para evitar los cambios en asignación de recursos que provocan.

impuestos (a los ingresos) tiene efectos negativos sobre el PIB y por tanto no habría efectos anticipados sobre el PIB.

Sin embargo, la interpretación Blanchard y Perotti (2002) de sus resultados es controversial. En efecto, si se espera que los impuestos sean más bajos en el futuro, uno podría deducir que bajo ciertos supuestos los consumidores decidan restringir su gasto hoy para aprovechar los impuestos más bajo en el futuro. Por el contrario, en la interpretación de Blanchard y Perotti (2002) está implícito que estos autores esperan que el efecto riqueza sea superior al efecto intertemporal por cambios de precios relativos⁴. Así, en House y Shapiro (2006) usando un modelo neo clásico con expectativas racionales (RBC) para analizar la reforma tributaria del 2001 de ese país, ellos encuentran que el resultado negativo encontrado por Blanchard y Perotti (2002) es perfectamente factible en un modelo RBC en que los agentes incorporan nueva información (news).

El resultado de Blanchard y Perotti (2002) también se ha encontrado en trabajos más recientes. Por ejemplo, Mertens y Ravn (2011) estiman un VAR con un conjunto de variables macroeconómicas endógenas más los cambios en los impuestos que son tratados como variables exógenas. Estos cambios son construidos en base a la información narrativa de Romer y Romer (2010) que permite identificar cada cambio exógeno en los impuestos en los Estados Unidos desde la Segunda Guerra Mundial. Los resultados de este estudio confirman que una reducción esperada en los impuestos produce una caída en el PIB, el consumo y la inversión.⁵

En un interesante estudio de Leeper, Walker y Yang (2011) se concluyen que las diferencias entre los estudios es el conjunto de información disponible por agentes y econométricos. Ellos demuestran que un VAR estimado por un econométrico no puede capturar las nuevas news sino sólo shocks estructurales decrecientes en el tiempo (old news). En cambio un shock de news no decrecerá para el horizonte relevante, por ejemplo si los impuestos suben en cuatro años más, entonces el capital de ese período será fuertemente explicado por un shock de cuatro años atrás, resultado que no puede ser explicado con los shocks de un VAR. Así un aviso de aumentos de impuestos esperado

⁴ Evans, Honkapohja y Mitra (2011) introducen aprendizaje adaptativo a un modelo RBC para estudiar los efectos de un cambio anticipado en los impuestos. En este contexto, los autores concluyen que en un modelo de aprendizaje el impacto de una reforma tributaria es aún más grande que en un modelo de expectativas racionales generándose oscilaciones en el regreso al equilibrio (olas de optimismo pesimismo). Básicamente estos ocurren en el modelo porque el efecto riqueza de cambios futuros de impuestos es mejor comprendido por los agentes que los efectos sobre los precios relativos y por tanto estos últimos cambios se distribuyen con el paso del tiempo. No obstante, este resultado no es consistente con los resultados encontrados en la literatura empírica y resumida en este estudio.

⁵ Hussain y Malik (2014) extiende este estudio separando entre caídas y aumentos de impuestos, aunque se concentran en solo cambios no esperados.

por su importancia puede dar como resultado una caída de la inversión (información pasada), no obstante la serie fue generada por un modelo donde la inversión sube (news).

Para el caso de Chile la literatura se ha concentrado en los efectos de largo plazo (efecto riqueza) y no en los efectos cíclicos de corto plazo (efectos sustitución). Larraín, Cerda y Bravo (2014) encuentran que el aumento del impuesto corporativo desde un 20% al 35% (25% + 10%) podría generar una caída de hasta un 1% en el crecimiento potencial anual, junto con una reducción del empleo, los salarios y la inversión. En el trabajo de Medina y Valdés (1998) presentan un estudio sobre sociedades anónimas abiertas en donde identifican que el efecto de los flujos de caja sobre la razón inversión sobre capital es positivo y significativo, de esa forma argumentan que con unas tasas de impuesto que afectan al flujo de caja de las empresas, éstas verán afectadas negativamente sus decisiones de inversión.

El argumento es reforzado con el estudio de Hsieh y Parker (2007) donde muestran que la reducción del impuesto a las utilidades retenidas de los años ochenta en Chile generó un fuerte impacto sobre la inversión. Lo mismo encuentra Vergara (2010) con una serie temporal más extensa desde 1975 hasta el 2003, estima que una reducción de impuestos corporativos aumenta la inversión, siendo la reforma de aquella época la causal de un incremento de la inversión de alrededor del 3% del PIB. Cerda y Larraín (2005) encuentran algo similar en tanto que ante un aumento del 10% de la tasa del impuesto corporativo, se da una reducción del ratio inversión sobre capital de entre un 0.2% y un 1%.

III. **Modelo**

En esta sección se presentan las modificaciones claves realizadas a un modelo estándar DSGE con impuestos *lump-sum* (ver por ejemplo García y González 2014) que se debieron hacer para poder introducir apropiadamente los impuestos en la economía chilena⁶.

Las modificaciones fueron de dos tipos: primero, se introducen diferentes tipos de impuestos en las restricciones y funciones objetivos de los agentes en el modelo. Segundo se modela en forma endógena la política fiscal en función de todos los ingresos tributarios. Al respecto, los impuestos y su estructura son una idealización del verdadero sistema de impuesto Chileno y de su complejidad, sin embargo captura esencialmente, la manera en que los diferentes agentes y sectores podrían responder a los impuestos. Con esto reducimos los impuestos a dos clases diferentes: recaudados del consumo (IVA) y de los ingresos (laborales y las utilidades a las empresas). Otros impuestos por sus

⁶ En el Anexo N° 1 se presenta el detalle todas las ecuaciones del modelo empleado.

bajos montos de recaudación son omitidos como el global complementario, tarifas, impuestos a productos específicos, etc.

La reforma tributaria 2014 que se implementará en la economía Chilena en los próximos años está mayoritariamente relacionada a incrementos en t_t^u (impuestos a los beneficios de las empresas) para el sector de bienes intermedios y no con aumentos de t_c , t_w ni t_t^u para el sector cobre. Sin embargo, necesitamos introducir estos impuestos para calibrar en forma apropiada la carga tributaria y así calcular apropiadamente el estado estacionario de la economía Chilena.

Así, las modificaciones al modelo DSGE estándar son las que se exponen a continuación.

Familias

En el modelo se suponen dos tipos de familias optimizadoras y restringidas, es decir, con y sin acceso al mercado de capitales. Este tipo de familias están sujetas a dos tipos de impuestos t_c y t_w , impuestos al consumo y a los ingresos del trabajo, respectivamente (ecuación (1)). Por tanto las familias maximizan su utilidad sujeto a una restricción presupuestaria que incluye los impuestos al consumo y al trabajo (ver anexo A.1). Los impuestos al consumo elevan su gasto y el impuesto a los ingresos reduce los ingresos provenientes del trabajo.

$$\underbrace{\underbrace{(1+t_c)P_t C_t^o(i)}_{\text{consumo}} + \underbrace{SX_t B_t^{o*}(i) + \frac{B_{t+1}^{o*}(i)}{R_t}}_{\text{pago de deuda}}}_{\text{Gastos}} \leq \underbrace{\underbrace{(1-t_w)W_t(i)L_t^o(i)}_{\text{trabajo}} + \underbrace{D_t^o}_{\text{dividendos}} + B_t^o(i)}_{\text{Ingresos}} + \underbrace{\frac{B_{t+1}^{o*}(i)}{\left(\Phi\left(\frac{B_{t+1}^{o*}}{PIB_t}\right)R_t^*\right)}}_{\text{deuda}} \quad (1)$$

Tanto los depósitos de los intermediarios y la deuda del gobierno son bonos de un período que pagan el retorno nominal R_t de t a $t+1$. B_{t+1} es la cantidad total de deuda de corto plazo que las familias adquieren, W_t es el salario real, D_t son dividendos, $\Phi\left(B_{t+1}^{o*} / PIB_t\right)$ es la prima por riesgo país, SX_t es el tipo de cambio nominal, B_{t+1}^{o*} son activos internacionales netos, R_t^* es la tasa de interés nominal externa.

Las familias restringidas están sujetas a la siguiente restricción presupuestaria (exenta de impuestos a los ingresos, ecuación 2).

$$\underbrace{(1+t_c)P_t C_t^R(i)}_{\text{consumo}} = \underbrace{W_t(i)L_t^R(i)}_{\text{ingresos laborales}} \quad (2)$$

Empresas

La producción de bienes intermedios y de cobre, la principal materia prima de exportación de la economía Chilena, se hace por empresas que demandan diferentes insumos en la economía: capital, trabajo, importaciones y energía. Sólo por motivos de simplicidad se supone que la producción de capital se realiza en forma separada de la producción de estos dos sectores. Se puede pensar que las empresas separan en plantas su producción, un tipo de planta produce bienes intermedios y otro tipo de planta produce bienes de capital para ese sector. De la misma forma, el sector cobre de la economía está separado por plantas que producen el cobre y otras plantas que producen el capital específico para este sector.

El equilibrio general de la economía funciona de esta manera, las empresas de bienes intermedios producen bienes para el consumo, el gasto del gobierno la inversión no cobre y cobre. En cambio el sector cobre produce sólo para el sector externo.

Suponemos que tanto las empresas que producen bienes intermedios en la economía como las empresas que producen cobre son empresas competitivas. Por tanto, los impuestos a los beneficios t_t^u de estas empresas no tienen efectos en la demandas por insumos ni tampoco efectos fiscales. Así los impuestos a las utilidades básicamente afectan a los fondos que quedan libre para la inversión en ambos sectores.

La ecuación (3), expresada en términos reales a diferencia de las ecuaciones (1) y (2), muestra los beneficios por período de las empresas que el producen capital tanto para las empresas de bienes de capital como de cobre. Por lo tanto los beneficios brutos son $(Q_t^j - 1)I_t^j$ menos los impuestos $t_t^u Q_t^j I_t^j$ y los costos (cuadráticos) de ajuste de la inversión $f(I_t^j / I_{t-1}^j)I_t^j$.

$$\underbrace{(Q_t^j - 1)I_t^j}_{\text{beneficios brutos de invertir}} - \underbrace{t_t^u Q_t^j I_t^j}_{\text{impuestos}} - \underbrace{f\left(\frac{I_t^j}{I_{t-1}^j}\right)I_t^j}_{\text{costos de ajustes}} \quad j = \text{cobre, no cobre} \quad (3)$$

Gobierno

La regla fiscal establece que el gasto fiscal depende los ingresos estructurales IT , más un ajuste por exceso de deuda pública. En otras palabras si esta deuda es consistente con su valor de largo plazo B^{G^*} , entonces el valor del gasto fiscal es igual a los ingresos estructurales IT .

$$P_t G_t = \left(\frac{B_t^{G^*}}{B^{G^*}}\right)^{-\phi^G} IT \quad (4)$$

La restricción presupuestaria del gobierno, que incluye todos los ingresos de los impuestos más las transferencias del cobre $\gamma^{cu} SX_t P_t^{cu} QCU_t$ es:

$$\underbrace{\frac{B_t^G}{\text{pago deuda pública}} + \frac{P_t G_t}{\text{Gasto en bienes y servicios}}}_{\text{Gastos}} = \underbrace{tcP_t C_t + t_t^u P_t I_t + t_t^u P_t I_t^{cu} + twW_t N_t}_{\text{impuestos}} + \underbrace{\frac{B_{t+1}^G}{R_t}}_{\text{deuda pública}} + \underbrace{\gamma^{cu} SX_t P_t^{cu} QCU_t}_{\text{aporte Cobre}} \quad (5)$$

Donde B_t^G es la deuda del gobierno y γ^{cu} es el porcentaje del valor total de las exportaciones del cobre que son del gobierno.

Simulación de la reforma tributaria a distintos plazos

Una vez calibrado y estimado los parámetros del modelo (ver más abajo) se realizan proyecciones condicionales a diferentes trayectorias futuras en los impuestos a las utilidades para el sector productor de capital para el sector de bienes intermedios. Familias y empresas conocen con antelación estas trayectorias, y dada esta información, ellos deciden sus planes óptimos de consumo, producción, inversión, fijación de precios, salarios, etc. En esta simulación, ningún otro shock es permitido que ocurra en el futuro.

La simulación supone que una vez que las familias y empresas incorporan la nueva información (*news*) dentro de sus planes de optimización los impuestos de estado estacionario corresponden a las nuevas tasas de impuestos. En otras palabras, la economía debe transitar desde un equilibrio de corto plazo de bajos impuestos (situación actual) a un equilibrio de largo plazo de altos impuestos. Paradójicamente, la simulación que se hace en este estudio equivale a una caída de los impuestos, en los períodos previos (trimestre y años) al momento en que se concreta el aumento definitivo de impuestos (conocido por los agentes).

Demostración del efecto sustitución

De la ecuación (A.11) del anexo, que es la versión dinámica de la ecuación (3) se obtiene la condición de primer orden, que establece que se invierte hasta el punto que los beneficios netos de impuestos igualan a los costos marginales.

$$\underbrace{Q_t (1 - t_t^u)}_{\text{beneficio marginal}} = \underbrace{\left(1 + \underbrace{f(\Xi_t) + \Xi_t f'(\Xi_t) - \beta \Lambda_{t,t+1} \Xi_{t+1}^2 f'(\Xi_{t+1})}_{\text{costos de ajustes}} \right)}_{\text{costo marginal}}$$

Donde $\Xi_t = I_t / I_{t-1}$, $\beta\Lambda_{t,t+1}$ es la tasa estocástica de descuento y $f(\Xi_t)$ son los costos cuadráticos de invertir, que en estado estacionario cumple con $f(1) = f'(1) = 0$.

La condición de primer orden en estado estacionario es $Q = 1/(1-t^u)$, por tanto si los impuestos aumentan en forma permanente en el futuro, entonces el requerimiento del beneficio marginal necesario para igualar el costo marginal debe ser más alto. Este requerimiento más estricto hace que la inversión debe ser menor.

Si dividimos ambas condiciones de primer orden, la versión dinámica y la versión del estado estacionario tendremos:

$$\frac{Q_t}{Q} = \tilde{Q}_t = \frac{(1-t^u)}{(1-t_t^u)} (1 + f(\Xi_t) + \Xi_t f'(\Xi_t) - \beta\Lambda_{t,t+1} \Xi_{t+1}^2 f'(\Xi_{t+1}))$$

Un cambio permanente futuro de los impuestos significa que t^u sube pero t_t^u se mantienen constante. Entonces la razón $(1-t^u)/(1-t_t^u)$ debe caer. Si \tilde{Q}_t cae en la misma proporción, entonces los costos marginales se deben mantener constante y por tanto Ξ_{t+1} debe aumentar, lo que es una contradicción; el valor de estado estacionario de la inversión tiende a bajar y no a subir.

Entonces, \tilde{Q}_t debe caer en una proporción menor que $(1-t^u)/(1-t_t^u)$, para que ocurra esto los costos marginales debe subir, efecto que ocurre si y solo si Ξ_{t+1} cae, generando la sustitución marginal de la inversión.

Es importante comparar este procedimiento de solución con el implementado por Yang (2005). A diferencia de nuestro estudio, Yang (2005) supone que los shocks a los impuestos son transitorios. Por lo tanto, el estado estacionario del modelo no cambia y por ende no se transita desde una situación de bajos a altos impuestos. En otras palabras el efecto sustitución encontrado en nuestro estudio no está presente en el de Yang (2005) y por lo tanto en su modelo sólo tienen el efecto negativo de la riqueza, con lo cual un aumento de impuestos transitorio en su modelo hace caer la inversión en el momento en que se sabe que los impuestos subirán.

IV. Estimación y resultados del modelo DSGE

Estimaciones⁷

En términos generales, el modelo macro DSGE se estima con econometría bayesiana, por lo cual, se deben establecer *priors* sobre la distribución de los parámetros (valores *priors*) y luego a través de técnicas econométricas estándares (máxima verosimilitud) y réplicas (simulación) se obtienen las distribuciones de los posteriores o estimaciones finales. Los *priors* de los parámetros estimados fueron tomados de la literatura tradicional de modelos macros (ver García y González 2014)⁸. Para asegurarse de la calidad de las estimaciones, se realizan dos estimaciones independientes con un número alto de réplicas y se observa que en ambas la distribución de los parámetros converjan a valores similares (ver Anexo N° 2).

La estrategia de estimación y simulación del modelo macro consideró tres partes. Una primera parte, en que se calibran aquellos parámetros relacionados con el estado estacionario, una segunda parte, en que se estiman sólo los parámetros relacionados con la dinámica del modelo, es decir, cómo el modelo converge al estado estacionario después de un shock. Esta parte, dada que la muestra para la estimación es trimestral desde 2003.1 a 2013.4, y por tanto no hay cambios importantes en las tasas de impuesto, se supuso que todos los impuestos se mantenían constantes. Tercero, una vez estimado el modelo se supuso diferentes trayectorias futuras para los impuestos a las utilidades y se computaron las respuestas de las diferentes variables macroeconómicas.

En la calibración se replicó el estado estacionario o equilibrio de largo plazo de la economía Chilena, medido, por ejemplo, por la razones tales como consumo a PIB, inversión a PIB o gasto de gobierno a PIB, entre otras. En definitiva, la calibración del modelo DSGE produce el siguiente estado estacionario o equilibrio de largo plazo para la economía Chilena, que es coherente con la información que se dispone del Banco Central de Chile (ver Tabla 1)⁹.

Insertar: Tabla 1: Estado estacionario del modelo DSGE

Las estimaciones en detalle de los parámetros se presentan en el Anexo 2. La información de las estimaciones se resumen en los impulsos respuestas a shocks tradicionales (productividad,

⁷ Smets, F., Wouters, R., (2007) y Dejong, D., Dave, C., (2011).

⁸ Los posteriores resultantes fueron obtenidos usando el algoritmo de Metropolis-Hastings basado en una cadena de Markov de 20.000 réplicas para construir la distribución estimada de los parámetros (posteriores).

⁹ Los detalles de la calibración del sector minero se encuentran en Fuentes y García (2014).

monetario, fiscal, premio por riesgo, etc.) (Gráfico 1) y la descomposición de varianza al crecimiento trimestral del PIB (ver tabla 3). En general la conclusión es que los resultados son los esperados tanto en las formas de los impulsos respuestas, sus magnitudes y en la contribución al ciclo económico de Chile.

Insertar: Tabla 2: Descomposición de varianza del crecimiento del PIB modelo DSGE

Insertar: Gráfico 1: Impulso respuestas de variables claves a diferentes shocks modelo DSGE

Resultados

Una vez que estamos seguros que las estimaciones del modelo son razonables, en el sentido que los parámetros tanto estimados como calibrados simulan relativamente bien el estado estacionario y ciclo económico de la economía chilena, la siguiente etapa es hacer las proyecciones condicionales para medir el impacto de la reforma tributaria.

El Gráfico 2 muestra las respuestas de variables macroeconómicas considerando diferentes supuestos sobre el momento en que se hace efectivo el aumento de impuestos. Las variables macroeconómicas que analizamos son inflación, TPM, precio de las acciones, inversión privada no cobre, PIB y tipo de cambio real, todas las variables medidas como cambios porcentuales trimestrales excepto la TPM que ya es la tasa trimestral. A modo de ejemplo, el crecimiento del PIB trimestral reacciona muy diferente si el aumento es inmediato (PIB_obs_tu_impacto) si se posterga un año (PIB_obs_tu_un año), dos años (PIB_obs_tu_dos aos), etc. El principal supuesto del gráfico es que la tasa de impuestos permanece un 1% por debajo del nuevo valor de estado estacionario. Por ejemplo, si posterga por un año, entonces cada trimestre de ese año la tasa de impuesto estará un 1% por debajo.

La principal conclusión es que suponiendo que las familias y empresas incorporan la nueva información o *news* dentro de sus planes óptimos es que el comportamiento entre un aumento inmediato vs un aumento que ocurre varios años después es completamente opuesto. En efecto, un aumento de 1% de los impuestos es contractivo, pero solo en el caso que el aumento de los impuestos sea inesperado e inmediato. Por el contrario, si la reforma es avisada como ocurre con la reforma del 2014, el efecto es claramente expansivo: aumenta la inversión, el PIB y la inflación. La tasa de interés (TPM) debe subir para frenar la inflación.

Sin embargo, el tipo de cambio real sube y el precio de las acciones cae como si las *news* fueran asociadas a un shock negativo. Esto es porque estos precios relativos son el resultado en el modelo del valor presente de la situación completa de la economía en el futuro. En efecto, si bien el aviso de una reforma tributaria produce una distribución a través del tiempo (efecto intertemporal) de los recursos hacia los períodos más recientes, ésta no deja de ser un shock negativo para la economía (efecto riqueza). Esto porque si consideramos todos los períodos, se tiene que mayoritariamente suben los impuestos a pesar de la tasa de descuento para penalizar los períodos más lejanos¹⁰.

Con objeto de cuantificar el ejercicio del Gráfico 2, se observa que el impacto es más fuerte en los primeros trimestres. Esto es independiente del horizonte en que se concretará el aumento final de impuestos. Al respecto, nuestros cálculos indican que en el primer año, descontando por el crecimiento trimestral de tendencia estimado por el modelo (1.3646%), el crecimiento trimestral adicional del PIB será en promedio de 0.193. En consecuencia, si en promedio los impuestos siempre están un 1% por debajo del estado estacionario en este primer año, entonces la elasticidad unitaria es de 0.193.

Es importante aclarar que los efectos que medimos en este estudio por un aumento de impuestos es un shock negativo son limitados al corto plazo. A modo de ejemplo, se omiten otros importantes efectos positivos (efectos riquezas) asociados a la inversión en capital humano (objetivo final de la reforma del 2014) y por tanto las ganancias de productividad en el largo plazo de los recursos recolectados por el Estado en la reforma. Tampoco considera los efectos distributivos de largo plazo del aumento de impuesto (Piketty, 2014).

Insertar: Gráfico 2: Proyecciones condicionales de un aumento (1%) de los impuestos a las utilidades modelo DSGE

Por último, el efecto negativo sobre la economía aparece de todas maneras y depende del horizonte en que los impuestos suben definitivamente. Mientras más lejos esté ese momento, más tardará en producirse el efecto contractivo del aumento de impuesto.

¹⁰ Por otro lado, puesto que el modelo se ha linealizado para poder ser estimado, se han omitidos los efectos negativos sobre el bienestar relacionados con la distorsión intertemporal que produce la reforma al ser las familias adversas al riesgo.

Caída de la actividad con aumentos futuros de impuestos

No obstante aún es posible que el efecto sustitución del aumento de impuesto produzca un efecto contemporáneo negativo. Una reforma tributaria va más allá del sólo aumento de impuestos. Si bien en términos “puros” la reforma tributaria del 2014 debiera ser expansiva como se demostró más arriba, en términos reales un aumento de impuestos está asociado a elementos tan diversos como la claridad de la reforma por parte del gobierno, al grado de virulencia de la discusiones en el congreso y su influencia, a las expectativas de los empresarios, la incertidumbre de nuevas alzas de impuestos, etc.

Sin duda que son muchos los elementos que puede producir un efecto negativo desde el mismo momento que se avisa la reforma tributaria y que podría sobrepasar el efecto expansivo del efecto intertemporal que hemos analizado más arriba. De hecho la economía chilena el 2014 en vez de experimentar un aumento de la inversión y el crecimiento del PIB está experimentando una fuerte desaceleración a septiembre del 2014. Esta desaceleración no se ha presentado como en otros episodios por un desmejoramiento del escenario externo (Banco Central de Chile, 2014) sino directamente por un empeoramiento de las expectativas de familias y empresas.

Al respecto suponemos para ilustrar el punto anterior que las expectativas de los productores de capital para los bienes intermedios son afectadas negativamente por una variable que es proporcional a los impuestos. En otras palabras, si bien la reforma tributaria produce una caída de los impuestos presentes respecto del futuro, los inversionistas para este sector esperan un peor escenario desde el mismo momento que se avisa la reforma.

El Gráfico 3 muestra que el efecto sustitución mencionados en la sección anterior puede ser más que compensado si las expectativas empeoran lo suficiente para que la inversión caiga del mismo momento del anuncio. En otras palabras, se compensa o interfiere el efecto sustitución, que sería una respuesta óptima dada la trayectoria de los impuestos y ausencia de otros elementos, por un efecto negativo instantáneo en las expectativas.

Insertar: Gráfico 3: Proyecciones condicionales de un aumento (1%) de los impuestos a las utilidades modelo DSGE con shock negativo sobre las expectativas de inversión.

Conclusiones

La reforma tributaria chilena del 2014 es un interesante experimento de política económica para medir los efectos macroeconómicos de un aumento muy paulatino (en fases), es decir, de varios años, de los impuestos a un sector específico de la economía.

Al respecto, en este estudio desarrollamos y estimamos un modelo estructural de equilibrio general para medir dicho impacto. Esto nos permite evitar la crítica de Leeper, Walker y Yang (2011) sobre los problemas de incorporar nueva información (*news*) en modelos econométricos estándar (regresiones de una sola ecuación o modelos VAR).

En resumen, la simulación de la reforma tributaria chilena del 2014 se hizo con una proyección condicionada del modelo. En otras palabras, se suponen trayectorias para los impuestos conocidas por las familias y empresas. Con esa información los agentes económicos cambian sus planes óptimos de consumo, inversión, fijación de precios, etc.

Nuestro principal resultado es que la reforma tributaria en fases debiera producir dos efectos: uno sustitución que impulsa a las empresas adelantar inversión y con ello debiera aumentar el PIB y la inflación. La reacción del banco central debiera consistir en subir la tasa de interés. El otro efecto es uno riqueza que es negativo y que reduce el precio de las acciones y aumenta el tipo de cambio. En definitiva, los resultados indican que un aumento avisado de los impuestos de 1%, produce un aumento de corto plazo del PIB de 0.193%.

No obstante estas estimaciones, se debe reconocer que una reforma tributaria va más allá del sólo aumento futuro de los impuestos. Esta incluye elementos tan heterogéneos como la claridad de la reforma por parte del gobierno, al grado de virulencia de la discusiones en el congreso y su influencia en a las expectativas de los empresarios, la incertidumbre de nuevas alzas de impuestos, etc. Demostramos que si estos otros elementos están presentes, el efecto sustitución discutido en este estudio puede ser más que compensado si las expectativas empeoran lo suficiente para que la inversión caiga del mismo momento del anuncio de la reforma.

Referencias

- Auerbach, A., (1989). "Tax reform and adjustment costs: the impact on investment and market value", *International Economic Review*, Vol. 30, No. 4, pp. 939-962.
- Barro, R: J. 1979. "On the Determination of the Public Debt." *Journal of Political Economy*, 87(5), pp. 940-971.
- Blanchard, O.; Perotti, R., (1999). "An empirical investigation of the dynamic effects of changes in government spending and taxes on output", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 117 (4), 1329-1368.
- Banco Central de Chile, (2014), Informe de Política Monetaria Junio 2014. Santiago. Chile.
- Cerda, R.; Larraín, F., (2005). "Inversión Privada e Impuestos Corporativos: Evidencia para Chile", *Cuadernos de Economía*, Instituto de Economía, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Céspedes, L. F.; Fornero, J., Galí, J., (2010). "Non-Ricardian Aspects of Fiscal Policy in Chile", °Conferencia Anual del Banco Central de Chile: "Política Fiscal y Desempeño Macroeconómico", 21 y 22 de Octubre, Banco Central de Chile.
- Christiano, L.; Eichenbaum, M., Evans, C., (2005). "Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy", *Journal of Political Economy*, Vol. 113(1), pp. 1-45.
- Dejong, D., Dave, C., (2011), *Structural Econometrics*, Second Edition, Princeton.
- Fuentes, F.; García, C.J., (2014). "Ciclo Económico y Minería del Cobre en Chile", Documento de trabajo, ILADES-UAH.
- Galí, J.; López-Salido, D., Vallés, J., (2007). "Understanding the Effects of Government spending on Consumption," *Journal of the European Economic Association*, Vol. 5, pp. 227-270.
- García, C.J., González, W., (2014), "Why Does Monetary Policy Respond to the Real Exchange Rate in Small Open Economies? A Bayesian Perspective," *Empirical Economics*, May.
- García, C.J., Restrepo, J., Tanner, E., (2011) "Fiscal Rules in a volatile world: a welfare-based approach," *Journal of Policy Modeling*, 33, 649-676.
- Gertler, M., Kiyotaki, N., (2010). "Financial Intermediation and Credit Policy in Business Cycle Analysis", en B. Friedman y M. Woodford, *Handbook of Monetary Economics*, Vol. 3A, North Holland, Amsterdam.
- Hayashi, F., (1982). "Tobin's Marginal Q and Average Q: A Neoclassical Interpretation", *Econometrica*, 50 (1), 213-224.
- Mitra, Kaushik & Evans, George W. & Honkapohja, Seppo, 2013. "Policy change and learning in the RBC model," *Journal of Economic Dynamics and Control*, Elsevier, vol. 37(10), pages 1947-1971.
- House, C.; Shapiro, M., (2006). "Phased-in tax cuts and economic activity", *American Economic Review*, 96 (4), 1835-1849.
- Hsieh, C.; Parker, J., (2007). "Taxes and Growth in a Financially Underdeveloped Country: Evidence from the Chilean Investment Boom", *Journal of LACEA Economía*.

- Hussain, S.; Malik, S., (2014). "Asymmetric Effects of Tax Changes", Working Paper (Submitted), disponible en <http://www.samreenmalik.net/research.html>.
- Larraín, F.; Cerda, R.; Bravo, J., (2014). "Reforma Tributaria: Impacto Económico y Propuesta Alternativa", Documento de Trabajo N°1, CLAPES-UC.
- Leeper, E.; Walker, T.; Yang, S., (2013). "Foresight and Information Flows", *Econometrica*, 81: 1115-1145.
- Medina, J.; Valdés, R., (1998). "Flujo de Flujo de Caja y Decisiones de Inversión en Chile: Evidencia de Sociedades Anónimas Abiertas", Cuadernos de Economía, Instituto de Economía, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Piketty, T., (2014). "Capital in the Twenty-First Century", Belknap Press.
- Poterba, J., (1998). "Are Consumers Forward Looking? Evidence from Fiscal Experiments", *American Economic Review*, vol. 78 (2), 413-418.
- Romer, C., Romer, D., (2010), "The Macroeconomic Effects of Tax Changes: Estimates Based on a New Measure of Fiscal Shocks", *American Economic Review* 100(3), 763-801.
- Schmitt-Grohé, S., Uribe, M. (2003). "Closing Small Open Economy Models." *Journal of International Economics* 61(1): 163–85.
- Smets, F., Wouters, R., (2007). "Shocks and Frictions in US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach", *American Economic Review*, Vol. 97(3), pp. 586-606.
- Yang, S. S., (2005), "Quantifying tax effects under policy foresight," *Journal of Monetary Economics*, vol 52, pp. 1557-1668.
- Vergara, R., (2010) "Taxation and private investment: evidence for Chile," *Applied Economics*, Taylor & Francis Journals, vol. 42(6), pages 717-725.

Anexo N° 1: Modelo DSGE

El modelo DSGE en términos generales está en las líneas propuestas por Christiano, Eichenbaum y Evans (2005), Galí et al (2007) y Smets y Wouters (2007). Sin embargo, incorpora además del petróleo y el cobre, la energía eléctrica como insumos productivos. Similares modelos para la economía chilena con énfasis en la política fiscal se encuentran en Céspedes et al (2010) y García et al (2011).

Hogares

Hay un continuo de familias de tamaño unitario, indexadas por $i \in [0,1]$. En el modelo existen dos tipos de familias: una fracción $(1-\lambda_c)$ son las familias Ricardianas que tienen acceso al mercado de capitales y una fracción λ_c son las familias restringidas, cuyos ingresos dependen únicamente de su salario laboral. Las preferencias de las familias Ricardianas están dadas por (A.1) donde C_t^o es el consumo y L_t^o es la oferta laboral de la familia:

$$\max_{\{C_t^o(i), L_t^o(i), B_t^o(i), B_t^{o*}(i)\}_{t=0}^{\infty}} E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\frac{(C_t^o(i) - hC_{t-1}^o(i))^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{L_t^o(i)^{1+\rho_L}}{1+\rho_L} \right) \quad (A1)$$

El coeficiente $\sigma > 0$ mide la aversión al riesgo y ρ_L mide la des-utilidad de trabajar, el inverso de este parámetro es también el inverso es la elasticidad de las horas trabajadas al salario real. h mide la formación de hábito para capturar la dinámica del consumo.

La restricción presupuestaria, explicada, en detalle en la Sección 3, de las familias no restringidas está dada por:

$$(1+t_c)P_t C_t^o(i) \leq (1-t_w)W_t(i)L_t^o(i) + B_t^o(i) - SX_t B_t^{o*}(i) + D_t^o - R_t^{-1} B_{t+1}^o(i) + \left(\Phi \left(\frac{B_{t+1}^{o*}}{PIB_t} \right) R_t^* \right)^{-1} B_{t+1}^{o*}(i) \quad (A2)$$

Las familias restringidas están sujetas a la siguiente restricción presupuestaria (exenta de impuestos a los ingresos):

$$(1+t_c)P_t C_t^R(i) = W_t(i)L_t^R(i) \quad (A3)$$

Intermediarios Financieros

Los intermediarios financieros prestan fondos S_{jt} obtenidos de las familias a las firmas no-financieras. Estos fondos provienen de la riqueza propia N_{jt} y los fondos obtenidos de las familias B_{jt} .

$$Q_t S_{jt} = N_{jt} + B_{jt} \quad (A4)$$

La riqueza financiera evoluciona por el spread entre la tasa de mercado R_{Ft+1} que tienen los productores de capital y la de política monetaria R_{t+1} , que también es la efectiva para las familias.

$$N_{jt+1} = (R_{Ft+1} - R_{t+1}) Q_t S_{jt} + R_{t+1} N_{jt} \quad (A5)$$

El objetivo del intermediario financiero es maximizar su riqueza esperada, dada por:

$$V_{jt} = \max_{\{N_{jt+i}\}_{i=0}^{\infty}} E_t \sum_{i=0}^{\infty} (1-\theta) \theta^i \beta^i \Lambda_{t,t+i} \left[(R_{Ft+i} - R_{t+i}) Q_{t+i} S_{jt+i} + R_{t+i} N_{jt+i} \right] \quad (A6)$$

Gertler y Kiyotaki, (2010) introducen riesgo moral al problema (A.6), demostrando que en términos agregados:

$$Q_t S_t = \phi_t N_t \quad (A7)$$

La ecuación (A7) indica que la disponibilidad total de crédito privado es la riqueza de los intermediarios multiplicada por un factor ϕ que indica el grado de aplacamiento de los intermediarios.

Firmas de Bienes Intermedios

Las firmas de bienes intermedios utilizan capital K_t , trabajo L_t , y bienes importados M_t para producir bienes intermedios Y_t . Al final del período t , las firmas productoras de bienes intermedios compran capital K_{t+1} para utilizarlo en la producción en el período siguiente. Después de finalizado el proceso productivo, las firmas tienen la opción de vender el capital. Para adquirir los recursos que financian la compra del capital, la firma entrega S_t derechos iguales al número de unidades de capital adquiridas K_{t+1} y el precio de cada derecho es Q_t . Esto es, $Q_t K_{t+1}$ es el valor del capital adquirido y $Q_t S_t$ es el valor de los derechos contra capital. Luego, se debe satisfacer:

$$Q_t K_{t+1} = Q_t S_t \quad (A8)$$

En cada tiempo t , la firma produce Y_t usando capital, trabajo, bienes importados. Sea A_t la productividad total de factores. Luego, la producción está dada por:

$$Y_t = A_t K_t^\beta L_t^\alpha M_t^{1-\alpha-\beta} \quad (A9)$$

Sea $P_{m,t+k}$ el precio del bien intermedio. Dado que la decisión de la firma está hecha al final de período t , el problema de maximización de la firma que produce bienes intermedios es:

$$\begin{aligned} \max_{\{K_{t+k}(j), L_{t+k}(j), M_{t+k}(j)\}_{k=0}^{\infty}} \sum_{k=0}^{\infty} \beta^k \Lambda_{t,t+k} E_t \left\{ (P_{m,t+k} Y_{t+k}(j) + (1-\delta) K_{t+k}(j) Q_{t+k}) (1-t_t^u) \right\} \\ - \sum_{k=0}^{\infty} \beta^k \Lambda_{t,t+k} E_t \left\{ (R_{f,t+k} Q_{t+k-1} K_{t+k}(j) + W_{t+k} L_{t+k}(j) + S X_{t+k} M_{t+k}(j)) (1-t_t^u) \right\} \end{aligned} \quad (A10)$$

Los impuestos a los beneficios t_t^u de estas empresas no tienen efectos en la demandas por insumos ni tampoco efectos fiscales por el supuesto de competencia perfecta en la producción de estos bienes que impone beneficios ceros.

Firmas Productoras de Capital

Las firmas productoras de capital compran capital de las firmas productoras de bienes intermedios, reparan el capital depreciado, y construyen nuevo capital con el capital reparado. Si definimos a I_t como la inversión, el problema de maximización de las firmas productoras de capital es:

$$\max_{\{I_t\}_{t=\tau}^{\infty}} \sum_{\tau=t}^{\infty} \beta^\tau \Lambda_{t,\tau} E_t \left\{ \left((Q_\tau - 1) I_\tau - t_\tau^u Q_\tau I_\tau - f\left(\frac{I_\tau}{I_{\tau-1}}\right) I_\tau \right) \right\} \quad (A11)$$

En otras palabras, la firma productora de bienes de capital obtiene una ganancia por invertir en cada período de $(Q_\tau - 1) I_\tau$ menos los costos de ajuste $f(I_\tau / I_{\tau-1})$. Por último t_τ^u son impuestos a las ganancias. La ley de movimiento del capital es dada por:

$$K_{t-1} = (1-\delta) K_t + I_t \quad (A12)$$

Firmas de Retail

El producto final Y_t se obtiene agregando (a través de una función CES) la producción de firmas intermedias. Suponemos que esto se hace por parte de otras firmas, que llamamos de retail y que simplemente empaacan la producción de bienes intermedios:

$$Y_t = \left(\int_0^1 Y_{jt}^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} df \right)^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad (\text{A13})$$

Como en Christiano, Eichenbaum y Evans (2005) las firmas de retail enfrentan precios à la Calvo e indexación parcial. Luego, el problema de maximización para una firma de retail j está dado por:

$$\begin{aligned} \max_{\{P_t^*(j)\}_{k=0}^{\infty}} \sum_{k=0}^{\infty} \theta^k E_t \left\{ \beta^k \Lambda_{t,t+k} Y_{t+k}(j) (P_t^*(j) \prod_{l=1}^k (\pi_{t+l-1}^k)^{\delta_D} - MC_{t+k}) \right\} \\ \text{s.a. } Y_{t+k}(j) \leq \left(\frac{P_t^*(j)}{P_{t+k}} \right)^{-\varepsilon_D} Y_{t+k} \end{aligned} \quad (\text{A14})$$

Donde MC_{t+k} son los costos marginales de la empresa de retail. En particular, en cada período una firma está dispuesta a ajustar sus precios con probabilidad $(1-\theta)$. Entre esos períodos, la firma está dispuesta a indexar parcialmente (es decir, $\delta_D \in [0,1]$) su precio a la tasa de inflación pasada. Con estos supuestos, el nivel de precios evoluciona de acuerdo a

$$P_t = \left((1-\theta) (P_t^*)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} + \theta (\pi_{t-1}^{\delta_D} P_{t-1})^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \right)^{1-\varepsilon} \quad (\text{A15})$$

Suponemos que el producto final que es usado por consumidores y firmas es una combinación entre Y_t e importaciones de petróleo para transporte $TOIL_t$.

Gobierno (ver Sección 3)

Política Monetaria

La política monetaria sigue una regla de Taylor que responde ante cambios en el producto, la inflación y el tipo de cambio.

$$R_t^* = \bar{R} \left(\left(\frac{\Pi_{t+1}}{\bar{\Pi}} \right)^{\phi_\pi} \left(\frac{PIB_t}{PIB} \right)^{\phi_y} \left(\frac{E_t}{\bar{E}} \right)^{\zeta_e^1} \left(\frac{E_t}{E_{t-1}} \right)^{\zeta_e^2} \right) e^{u_t^R} \quad (\text{A16})$$

$$R_t = (R_{t-1})^{\Omega_R} (R_t^*)^{1-\Omega_R} \quad (\text{A17})$$

Donde \bar{R} es la tasa natural, Π_t es la inflación total, $\bar{\Pi}$ es el objetivo inflacionario, PIB es el PIB potencial, E_t es el tipo de cambio real, \bar{E} es el tipo de cambio real de equilibrio y u_t^R es un shock monetario. En las estimaciones de las ecuaciones (A16) y (A17) se utilizó el PIB sin recursos naturales (es decir, sin sector cobre).

Exportaciones no mineras

En el modelo, se supone que las exportaciones X_t dependen del tipo de cambio real E_t , de la actividad económica internacional PIB_t^* y además, presenta cierto grado de inercia Ω . Luego,

$$X_t = (E_t)^{-\eta^*} PIB_t^* \quad (\text{A18})$$

$$X_t = (X_{t-1})^\Omega (X_t)^{1-\Omega} \quad (\text{A19})$$

Riesgo País

Además, como en Schmitt-Grohé y Uribe (2003), para cerrar el modelo se supone que el riesgo país depende de la deuda externa de la siguiente forma:

$$SX_t \left(\Phi \left(\frac{B_{t+1}^*}{PIB_t} \right) R_t^* \right)^{-1} \quad (A.20)$$

Sector Minero

Se supuso que la producción de cobre no es exógena. Por el contrario, se asume que la producción de cobre QCU_t depende del trabajo L_t^{CU} , el capital K_t^{CU} y la energía E_t .

$$QCU_t = A_t^{CU} L_t^{CU\tilde{\alpha}} K_t^{CU\tilde{\beta}} E_t^{1-\tilde{\alpha}-\tilde{\beta}} \quad (A.21)$$

Donde A_t^{CU} representa la disponibilidad del mineral. En términos logarítmicos se supone que esta variable sigue la siguiente forma:

$$a_t = \rho^{CU} a_{t-1} + \varepsilon_t^{EE} \quad (A.22)$$

La incorporación de estos tres insumos (L_t^{CU} , K_t^{CU} y E_t^{CU}) complejiza la modelación del modelo DSGE en varias dimensiones. Por lo tanto, se deben realizar una serie de supuestos para poder simplificar la mencionada modelación. Primero, se supuso que el sector minero usa un compuesto de energía, formado por combustible (petróleo) y energía eléctrica. Para ambos insumos, se considera que el sector minero es un tomador de precio.

$$E_t = OIL_t^\delta EE_t^{1-\delta} \quad (A.23)$$

Donde, OIL_t es el combustible y EE_t es la energía eléctrica. De este modo, dado un cierto nivel de producción, y por tanto de energía total (E_t), se pueden obtener por separado las demandas de combustible y de energía eléctrica en función de los respectivos precios. En términos logarítmicos se asume que el precio de la energía eléctrica sigue la siguiente forma:

$$p_t^{EE} = \rho^{EE} p_{t-1}^{EE} + \varepsilon_t^{EE} \quad (A.24)$$

También se supone por simplicidad que al final de cada período "t" las firmas productoras de cobre puede revender el capital comprado a las firmas productoras de bienes de capital. De esta manera la función objetivo de la empresa que produce cobre es:

$$\max_{\{K_{t+k}^{CU}, L_{t+k}^{CU}, E_{t+k}\}_{k=0}^{\infty}} \sum_{k=0}^{\infty} E_t \left\{ \beta^{t+k} \Lambda_{t,t+k} \left(P_{t+k}^{CU} A_{t+k}^{CU} L_{t+k}^{CU\tilde{\alpha}} K_{t+k}^{CU\tilde{\beta}} E_{t+k}^{1-\tilde{\alpha}-\tilde{\beta}} + (1-\delta^{CU}) K_{t+k}^{CU} Q_{t+k}^{CU} \right) (1-t_t^u) \right\} - \sum_{k=0}^{\infty} E_t \left\{ \beta^{t+k} \Lambda_{t,t+k} \left(R_{F,t+k} Q_{t+k-1}^{CU} K_{t+k}^{CU} + W_{t+k}^{CU} L_{t+k}^{CU} + P_{t+k}^E E_{t+k} \right) (1-t_t^u) \right\} \quad (A.25)$$

Donde $\beta^{t+k} \Lambda_{t,t+k}$ es el factor estocástico de descuento, δ^{CU} la tasa de depreciación, P_{t+k}^{CU} el precio del cobre, W_{t+k}^{CU} los salarios del sector, P_{t+k}^E el precio de la energía (un índice compuesto de los precios del petróleo y de la energía eléctrica), Q_{t+k}^{CU} el precio del capital, $R_{F,t+k}$ es el retorno del capital e t_t^u impuestos a las ganancias.

Por otro lado, las firmas productoras de capital compran el capital usado a las firmas productoras de bienes intermedios, reparan el capital depreciado, y construyen nuevo capital, donde I_t^{cu} es el nuevo capital creado. Luego, el problema de maximización de las firmas productoras de capital es:

$$\max_{\{I_{t+k}^{cu}\}_{k=0}^{\infty}} \sum_{k=0}^{\infty} E_t \left\{ \beta^{t+k} \Lambda_{t,t+k} \left((Q_{t+k}^{CU} - 1) I_{t+k}^{CU} - t_t^u Q_{t+k}^{CU} I_{t+k}^{CU} - f \left(\frac{I_{t+k}^{CU}}{I_{t+k-1}^{CU}} \right) I_{t+k}^{CU} \right) \right\} \quad (A.26)$$

Donde f es una función creciente que representa los costos de ajuste de la inversión y la ley de movimiento del capital

$$K_{t+k+1}^{CU} = (1 - \delta^{CU}) K_{t+k}^{CU} + I_{t+k}^{CU} \quad (\text{A.27})$$

Tercero, al igual que en el resto de la economía se asume que existe rigidez parcial de los salarios (a la Calvo, por ejemplo ver los detalles en García y González 2014). En otras palabras, los salarios van cambiando a través del tiempo en forma exógena por dos fuentes. La fracción de salarios que se reajusta directamente por cambios en los contratos (definida por xi_w_COBR) y, la otra fracción de salarios (definida por $index_w_COBRE$), que siguen vigentes pero que se reajustan según la inflación pasada.

De la modelación de los salarios, se puede derivar una oferta de trabajo. Así, con este supuesto sobre los salarios, más la ecuación de demanda de trabajo proveniente de (A.25), se obtiene el empleo y los salarios del sector minero. Sólo por motivos de simplicidad, se asume que la utilidad marginal del consumo las familias que trabajan en el sector minero es igual a la utilidad marginal del resto de las familias de la economía. Este supuesto es inocuo si se considera que el mercado laboral minero tiene efectos marginales en el mercado laboral agregado de la economía Chilena (ver Fuentes y García 2014).

Equilibrio General de la Economía.

En el presente artículo se asume que la inversión del sector minero I_t^{cu} se lleva a cabo en el mercado de bienes domésticos:

$$P_{m,t} Y_t = \underbrace{P_t C_t + P_t I_t + P_t G_t}_{\text{RESTO DE LA ECONOMÍA}} + \underbrace{P_t X_t}_{\text{SECTOR EXTERNO}} + \underbrace{P_t I_t^{cu}}_{\text{MINERÍA}} \quad (\text{A.28})$$

Por último, una vez agregadas cada una de las restricciones de las familias y las firmas, abstrayéndose de la producción de energía eléctrica para la minería, y considerando que el PIB minero (QCU_t) se exporta completamente, se obtiene la restricción total de la economía:

$$\underbrace{P_t C_t + P_t I_t + P_t G_t + P_t I_t^{cu}}_{\text{GASTO}} + \underbrace{P_t CAJ_t}_{\text{COSTOS DE AJUSTES INVERSIÓN}} \leq \underbrace{P_{m,t} Y_t}_{\text{PRODUCCIÓN BIENES INTERMEDIOS}} - \underbrace{SX_t M_t - SX_t P_t^{OIL} OIL_t - SX_t P_t^{OIL} OIL_t^{cu}}_{\text{IMPORTACIONES INSUMOS Y COMBUSTIBLES}} + \underbrace{SX_t \frac{B_{t+1}^*}{\tilde{R}_t^*} - S_t B_t^*}_{\text{CAMBIO EN LA DEUDA EXTERNA}} + \underbrace{\Gamma(SX_t P_t^{cu} QCU_t)}_{\text{INGRESOS DEL COBRE}} \quad (\text{A.30})$$

Donde SX_t es el tipo de cambio nominal, P_t^{OIL} el precio del petróleo, M_t las importaciones de insumos para la producción de bienes intermedios, B_t^* la deuda externa, \tilde{R}_t^* la tasa de interés externa ajustada por premio por riesgo, y CAJ_t son los costos de ajuste de la inversión (agregados).

En resumen, los gastos de la economía, incluidos los costos de ajustes de la inversión, se financian con la producción de bienes intermedios, neto de importaciones de los insumos para los bienes intermedios y combustibles (incluido la fracción para el cobre), más el cambio en el financiamiento externo (cambios en la deuda externa) y los ingresos del cobre (PIB cobre menos las remesas al exterior).

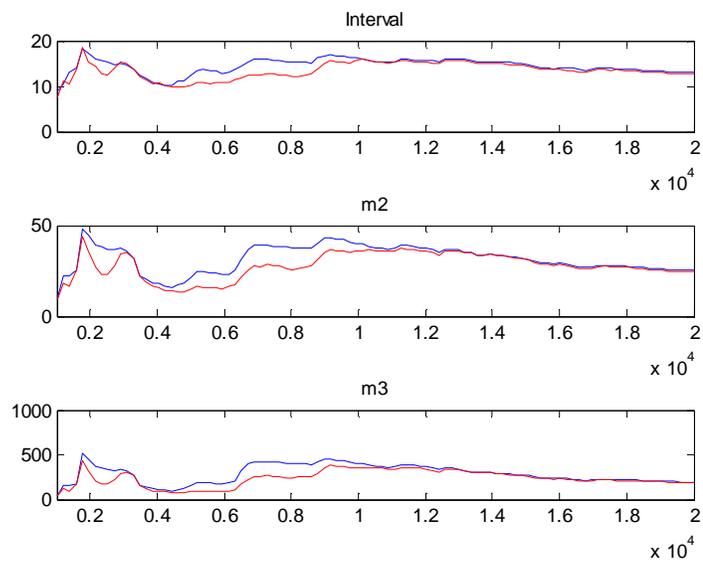
Ajustes en el modelo

Para mejorar el ajuste del modelo DSGE se supuso que existen rezagos en las respuestas de la demanda de todos los insumos en el sector de bienes intermedio y de cobre. De esta manera, la demanda por un insumo genérico j que se denomina $insumo_{j,t}$ ("log linealizada"), además de depender positivamente del nivel de producción $producción_t$, y negativamente del precio del insumo, expresado en términos reales, el cual se denomina $p_{j,t}$, también depende de un rezago $insumo_{j,t-1}$. Además los precios responden menos de lo esperado al ponderarse por un parámetro ζ_j . Todos estos parámetros de ajustes son estimados.

$$insumo_{j,t} = pmg_insumo_j (producción_t - \zeta_j p_{j,t}) + (1 - pmg_insumo_j) insumo_{j,t-1} \quad (\text{A.31})$$

Anexo N° 2 Convergencia y Parámetros Estimados del Modelo DSGE

Gráfico B.1: Convergencia y Estabilidad de los Parámetros



Fuente: Simulaciones realizadas por los autores en base al Modelo DSGE

Tabla B.1: Parámetros Estimados del Modelo DSGE

Parámetros	Prior	Posterior	Intervalo de Confianza 90%		Distribución Prior	Desviación Estándar
sigma	2	1.8766	1.7373	2.0136	gamma	0.1
h	0.3	0.2968	0.21	0.3895	beta	0.05
rho_L	1	1.0353	0.8744	1.1612	gamma	0.1
rho_G	0.9	0.9077	0.8227	0.9792	beta	0.05
rho_A	0.9	0.9336	0.9092	0.9598	beta	0.05
rho_Rstart	0.9	0.6717	0.5493	0.8028	beta	0.05
rho_Ystart	0.9	0.9748	0.9635	0.9868	beta	0.05
rho_Oil	0.9	0.8323	0.7465	0.9174	beta	0.05
rho_Pcu	0.9	0.825	0.7909	0.8606	beta	0.05
rho_GD	0.1	0.0118	0.0088	0.0149	beta	0.05
index	0.906	0.8448	0.7363	0.9652	beta	0.05
xi	0.804	0.8218	0.8107	0.8353	beta	0.01
index_w	0.9	0.6235	0.5568	0.6896	beta	0.05
xi_w	0.67	0.8942	0.8784	0.9134	beta	0.05
beta1	0.8	0.8016	0.7836	0.8179	gamma	0.01
beta2	0.1	0.0991	0.0979	0.1005	beta	0.001
rho_R	0.92	0.9208	0.9102	0.9307	beta	0.01
rho_inf	2	2.0146	1.7525	2.2231	beta	0.1
rho_y	0.5	0.5809	0.4498	0.7088	beta	0.1
rho_e1	0.3	0.1989	0.0853	0.3116	beta	0.2
rho_e2	0.3	0.0819	0.0017	0.1544	beta	0.2
rho_E	0.3	0.2994	0.2851	0.3127	beta	0.01
pmg_M	0.5	0.3922	0.3049	0.4654	beta	0.1
pmg_L	0.5	0.1915	0.1507	0.2316	beta	0.1
pmg_K	0.5	0.6195	0.5093	0.741	beta	0.1
theta_TOIL	0.5	0.5178	0.3459	0.6766	beta	0.1
theta_L	0.5	0.8047	0.7241	0.8707	beta	0.1
theta_K	0.5	0.4625	0.3336	0.5963	beta	0.1
theta_M	0.5	0.5076	0.3662	0.6356	beta	0.1
pmg_TOIL	0.1	0.0607	0.0073	0.1091	beta	0.05
pmg_G	0.5	0.5556	0.4854	0.6392	beta	0.05
trend_PIB	1.1	1.3646	1.2774	1.4461	gamma	0.1
trend_Oil	2.42	2.4395	2.2816	2.6006	gamma	0.1
trend_Pcu	3.28	3.2569	3.0918	3.3974	gamma	0.1
trend_PIBstar	1.22	1.1263	0.9592	1.2789	gamma	0.1
trend_L	0.71	0.6919	0.5481	0.8792	gamma	0.1
trend_E	0.5	0.0384	0	0.0798	unif	0.2887
constante_R	0.99	1.0034	0.8477	1.1531	gamma	0.1
constante_PI	0.75	0.7193	0.5938	0.8522	gamma	0.1
constante_Rstar	0.5	0.5151	0.0523	0.9556	unif	0.2887
rho_PEE	0.5	0.4865	0.328	0.6552	beta	0.1
pmg_EE_EN_COBRE	0.5	0.1912	0.1111	0.2631	beta	0.1
index_w_COBRE	0.9	0.862	0.7776	0.9706	beta	0.05
xi_w_COBRE	0.67	0.7531	0.7029	0.8031	beta	0.05
pmg_EN_COBRE	0.5	0.0791	0.0475	0.1077	beta	0.1
pmg_L_COBRE	0.5	0.0842	0.0475	0.1178	beta	0.1
pmg_K_COBRE	0.5	0.3821	0.2285	0.5171	beta	0.1
rho_A_COBRE	0.9	0.9098	0.8994	0.9228	beta	0.01
trend_PIB_COBRE	0.1	0.0923	0.0809	0.1045	gamma	0.01
trend_PEE	0.64	0.8246	0.6837	0.9845	gamma	0.1

Fuente: Los autores basado en el modelo DSGE

Tabla B.2: Desviaciones Estándar Shocks Estimados del Modelo DSGE

Desviaciones Estándar Shocks	Prior	Posterior	Intervalo de Confianza 90%		Distribución Prior	Desviación Estándar
Err_C	1.08	0.5519	0.389	0.7048	invg2	0.5
Err_E	3.56	5.4601	4.7806	6.2916	invg2	0.5
Err_G	1.72	1.0678	0.8881	1.243	invg2	0.5
Err_M	4.78	4.27	3.7507	4.7458	invg2	0.5
Err_Oil	16.07	16.1822	15.3928	16.8888	invg2	0.5
Err_Pcu	16.53	16.3023	15.6895	16.8746	invg2	0.5
Err_PIB	1.16	1.4517	0.8795	1.9341	invg2	0.5
Err_Q	9.76	9.5789	8.8894	10.2766	invg2	0.5
Err_W	0.87	0.4061	0.3355	0.4735	invg2	0.5
Err_X	5.03	5.0975	4.5526	5.5641	invg2	0.5
Err_Ystart	2.81	2.9322	2.4254	3.3922	invg2	0.5
Err_R	0.48	0.2109	0.1715	0.2494	invg2	0.5
Err_Pl	0.96	0.7725	0.6117	0.9301	invg2	0.5
Err_Rstart	0.89	0.987	0.7504	1.2126	invg2	0.5
Err_QCU	3.59	6.4548	5.7258	7.1903	invg2	0.5
Err_COBRE_I	6.46	6.5753	5.923	7.2549	invg2	0.5
Err_I	4.6	5.5809	4.9769	6.184	invg2	0.5
Err_L_COBRE	1.4	3.8363	3.2792	4.5158	invg2	0.5
Err_L	0.81	4.5113	3.9199	5.1108	invg2	0.5
Err_COBRE_W	0.9	0.6141	0.4829	0.732	invg2	0.5
Err_EE_COBRE	4.34	3.4846	2.9819	3.9289	invg2	0.5
Err_PEE	6.84	5.9887	5.4077	6.4926	invg2	0.5
Err_A	1.16	0.8507	0.6763	1.0146	invg2	0.5
Err_A_COBRE	3.59	4.626	3.479	5.5582	invg2	0.5

Fuente: Los autores basado en el modelo DSGE

Tablas, Figuras y Gráficos

Tablas y Figuras

Tabla 1: estado estacionario del modelo DSGE

Estado Estacionario	razón sobre PIB
Consumo	0.64
Inversión Intermedios	0.19
Inversión Cobre	0.06
Gasto de Gobierno	0.10
Exportaciones Intermedios	0.27
Importaciones Insumos	0.41
Importaciones Combustibles	0.03
PIB Cobre	0.17
Carga Tributaria	0.18

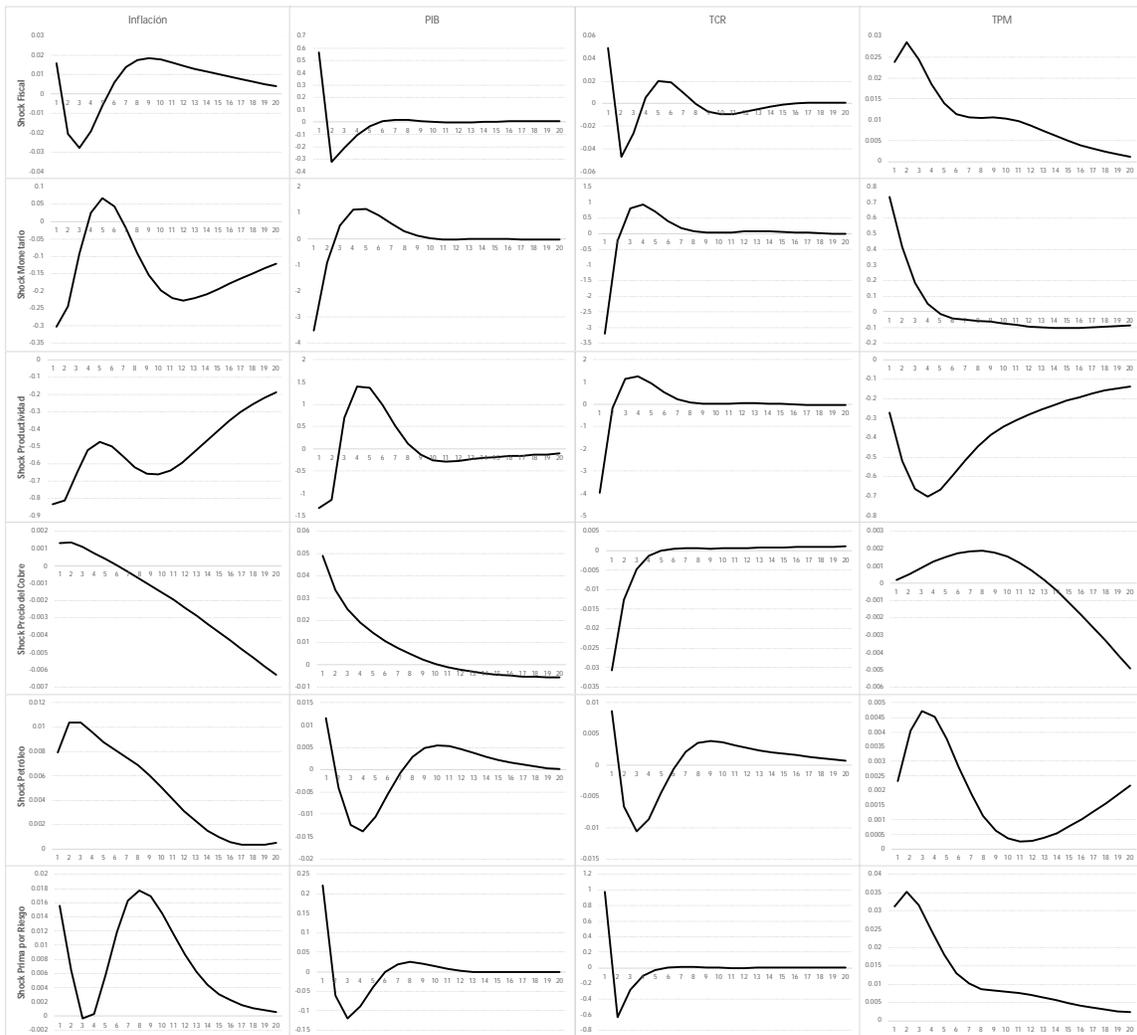
Fuente: cálculo de los autores en base al modelo macro DSGE.

Tabla 2: Descomposición de Varianza del Crecimiento del PIB

Crecimiento del PIB Shocks	Trimestres				
	1	4	8	16	20
Consumo	7.4%	15.7%	13.9%	13.6%	13.6%
TPM (Monetario)	5.6%	3.8%	3.7%	3.6%	3.6%
Gasto de Gobierno	3.8%	3.2%	2.7%	2.6%	2.6%
Premio por Riesgo	14.9%	12.8%	11.1%	10.9%	10.8%
Salarios	22.2%	17.2%	16.6%	16.4%	16.3%
Tasa de Interés Externa	1.1%	1.5%	1.6%	1.9%	1.9%
Pib Externo	1.8%	1.4%	1.6%	1.8%	1.9%
Precio Cobre	6.5%	6.9%	6.3%	6.3%	6.4%
Precio Petróleo	0.4%	0.8%	0.8%	1.0%	1.0%
Productividad	13.2%	23.3%	30.3%	30.9%	30.9%
Disponibilidad Cobre	1.6%	1.4%	1.2%	1.2%	1.2%
Otros	21.6%	12.2%	10.2%	9.9%	9.9%
Minero (precio cobre + disponibilidad)	8.1%	8.3%	7.5%	7.5%	7.6%
Factores Externos	24.7%	23.4%	21.5%	21.8%	21.9%

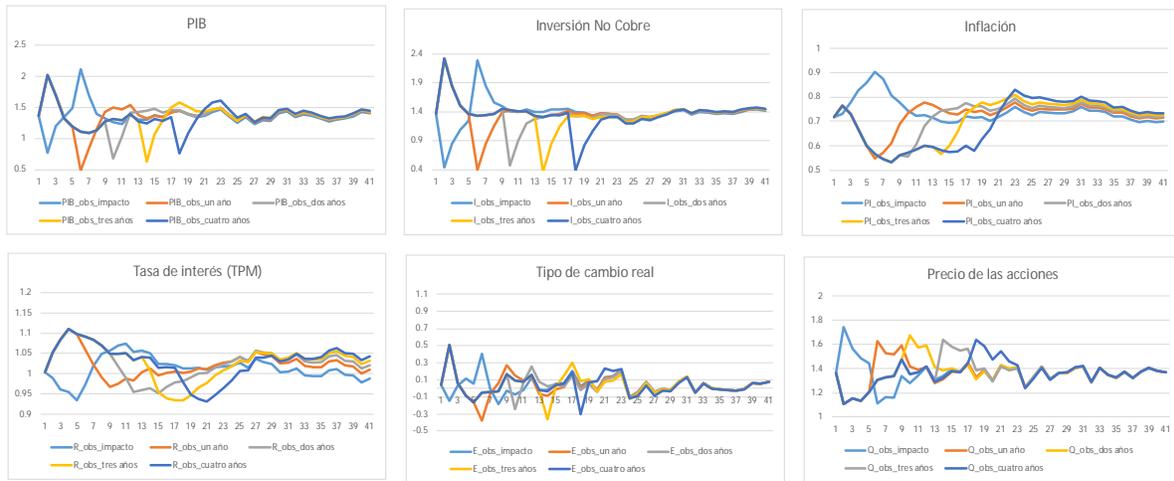
Fuente Los autores basados en el modelo DSGE

Gráfico 1: Impulso respuestas de variables claves a diferentes shocks modelo DSGE



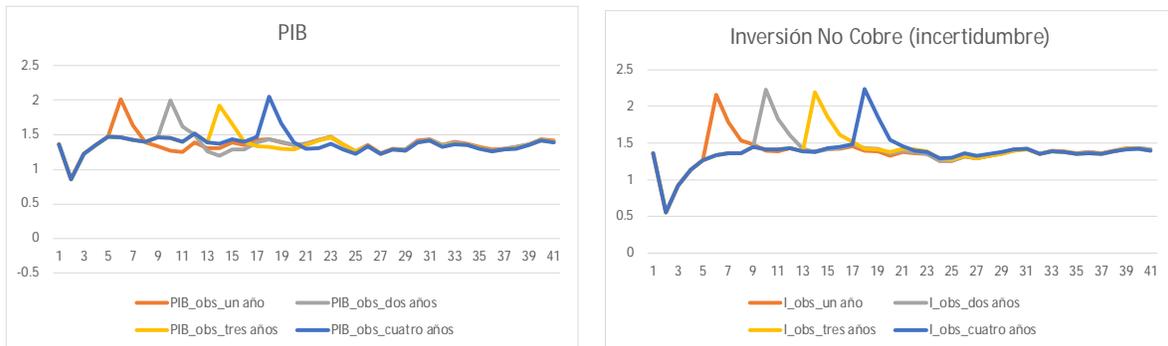
Fuente: Autores en base al modelo DSGE

Gráfico 2: Proyecciones condicionales de un aumento (1%) de los impuestos a las utilidades modelo DSGE



Fuente: Autores en base al modelo DSGE

Gráfico 3: Proyecciones condicionales de un aumento (1%) de los impuestos a las utilidades modelo DSGE con shock negativo sobre las expectativas de inversión.



Fuente: Autores en base al modelo DSGE