

Efectos macrofiscales de la creación de un Fondo Soberano con ingresos por recursos naturales en Bolivia: una aplicación del modelo de equilibrio general dinámico DIGNAR para Bolivia*

Diego Andrés Peñaranda Molina

Teddy Carlos Millán Ross**

Resumen:

En años recientes Bolivia experimentó una bonanza económica sin precedentes, impulsada sobre todo por los altos precios de los hidrocarburos. Este auge no fue suficiente para prevenir problemas fiscales como un creciente endeudamiento público y déficit primario. Este documento aplica el modelo de equilibrio general dinámico DIGNAR a la economía boliviana para simular el efecto que tendría la creación de un Fondo Soberano de Estabilización para manejar recursos extraordinarios por venta de gas natural sobre distintas variables macroeconómicas en Bolivia hasta 2033. Se encuentra que, tanto en un escenario realista como en uno pesimista, el déficit fiscal primario y la deuda total del Gobierno General crecen más lentamente con un fondo de estabilización más grande. Esto implica que, teniendo un reducido impacto negativo sobre el crecimiento de mediano plazo, la creación y mantención de un fondo soberano podría ayudar a tener un panorama fiscal más sólido.

Clasificación JEL: E60, E62, E69.

Palabras clave: Fondo soberano de estabilización, crecimiento económico, política fiscal.

* El contenido del presente documento es de responsabilidad de los autores y no compromete la opinión de Fundación ARU

** Agradecimientos a Wilson Jiménez y Joab Valdivia por sus comentarios, y a Carlos Pantoja por su colaboración. Comentarios y sugerencias son bienvenidos a: diego.penaranda.4@gmail.com y tmillanross@gmail.com

Abstract:

Bolivia experienced an unprecedented economic bonanza in recent years, driven mainly by high hydrocarbon prices. This boom was not enough to prevent fiscal challenges such as growing public indebtedness and primary deficits. This paper adapts the dynamic general equilibrium DIGNAR model to simulate the effect that the creation of a Sovereign Stabilization Fund to manage extraordinary resources from natural gas sales would have on different macroeconomic variables in Bolivia until 2033. It is found that, in both a realistic and a pessimistic scenario, the primary fiscal deficit and the total debt of the General Government grow more slowly under a larger stabilization fund. This implies that, while having a limited negative impact on medium-term growth, the creation and maintenance of a sovereign wealth fund would help to achieve a more solid fiscal outlook.

JEL Classification: E60, E62, E69.

Keywords: Sovereign Wealth Fund, economic growth, fiscal policy.

1. Introducción

Bolivia ha sido históricamente una nación caracterizada por su dependencia de la extracción y venta de recursos naturales. Durante la época colonial y gran parte del siglo XIX, la minería de plata (principalmente en Potosí) dominó la economía del país. La información disponible sugiere que la plata constituyó al menos dos terceras partes de las exportaciones bolivianas durante el siglo XIX. Esta concentración disminuyó durante la primera década del siglo XX, cuando las exportaciones de estaño y goma tendieron a ganar protagonismo sobre las de plata (Klein y Peres-Cajías (2014)). Luego, desde el inicio de la Primera Guerra Mundial hasta inicios de la década de 1970, el estaño se convirtió en el recurso más importante representando más de dos tercios del valor exportado total, con Bolivia posicionándose como uno de los principales productores mundiales.

A partir de 1970 las exportaciones de hidrocarburos empezaron a ganar protagonismo. La economía boliviana vivió su período de mayor diversificación exportadora en la década de 1990, mientras que desde inicios del siglo XXI la matriz económica boliviana se desplazó hacia la explotación de hidrocarburos, especialmente el gas natural. Éste ha explicado en promedio al menos el 40 % de las exportaciones totales bolivianas desde entonces (Peres-Cajías (2018)). Actualmente este recurso se ha convertido en el principal motor de la economía nacional, representando una significativa fuente de ingresos fiscales y exportaciones.

A futuro, el litio se perfila como el próximo recurso estratégico para el país. Con vastas reservas en el Salar de Uyuni, Bolivia tiene el potencial de convertirse en un actor clave en el mercado global de litio, indispensable para la

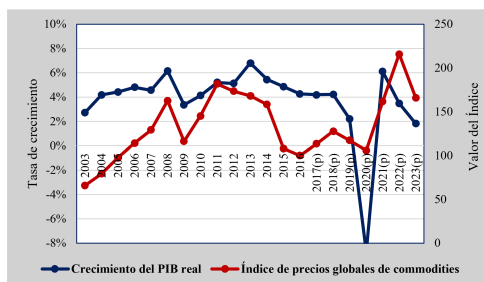
Efectos macrofiscales de la creación de un Fondo Soberano con ingresos por recursos naturales en Bolivia: una aplicación del modelo de equilibrio general dinámico DIGNAR para Bolivia

fabricación de baterías y tecnologías sostenibles. Esta continuidad en la dependencia de los recursos naturales subraya tanto las oportunidades como los desafíos que enfrenta Bolivia en su camino hacia el desarrollo económico sostenible.

Durante el último par de décadas Bolivia ha experimentado una situación económica favorable, manteniendo un promedio anual de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) real del 4,2 % entre 2000 y 2021 ¹. Según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), en términos absolutos el PIB a precios constantes en bolivianos de 1990 pasó de 22.3 miles de millones en 2000 a 50.9 miles de millones en 2023 ². La pobreza total y extrema también mostraron mejoras notables, en 2002 el porcentaje de la población boliviana que vivía en condiciones de pobreza era del 64 % y de pobreza extrema del 38,2 %. En 2021, ambas incidencias bajaron a 36,4 % y 11,1 %, respectivamente.

Una parte de estas mejoras se explica por el súper-ciclo de altos precios de commodities entre 2004 y 2014, en particular del gas natural y los minerales, que en conjunto representaron más del 80 % del valor exportado total de Bolivia. Esto se puede observar en la Figura 1, en la que el crecimiento del producto interno bruto (PIB) a precios constantes de Bolivia muestra una trayectoria similar a la de los precios internacionales de mercancías entre 2003 y 2023. En la bonanza del país también contribuyeron una política macroeconómica prudente y la utilización de los excedentes fiscales derivados de las exportaciones de gas natural para apuntalar la inversión pública, como principal dinamizador de la demanda interna (Fernández y cols. (2018)).

Figura 1: Relación entre el crecimiento real de Bolivia y el Índice de precios internacionales de *commodities*



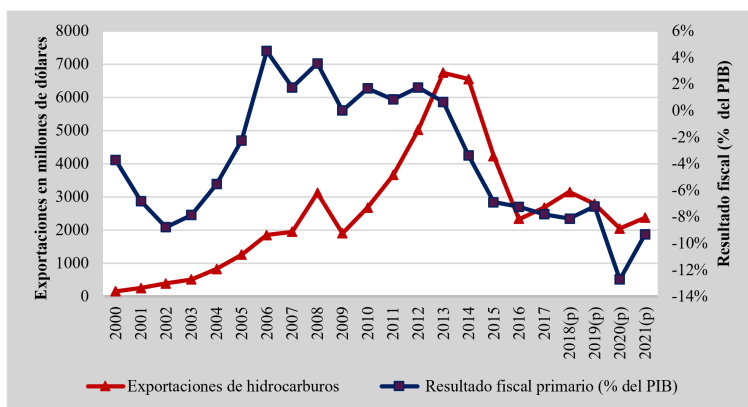
Fuente: Elaboración propia en base a datos del Fondo Monetario Internacional y de la Reserva Económica Federal (FRED).

¹ Según datos del Fondo Monetario Internacional, disponibles en <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2023/October>, accedidas en agosto de 2024.

² Datos tomados de <https://www.ine.gov.bo/index.php/estadisticas-economicas/pib-y-cuentas-nacionales/producto-interno-bruto-anual/producto-interno-bruto-anual-intro/1604585903838-66dc821ef33a>.

Como esta bonanza económica estuvo intrínsecamente ligada a la volatilidad de los precios de los recursos naturales, manteniendo una dependencia excesiva de los ingresos provenientes de la exportación de gas natural y otros recursos mineros, Bolivia estuvo expuesta a fluctuaciones del mercado global. En 2022 los ingresos por hidrocarburos representaron un tercio de los ingresos corrientes totales del Sector Público No Financiero (SPNF)³. En la Figura 2 se observa que el valor exportado de gas natural y el resultado fiscal del SPNF del país mostraron tendencias similares a partir de 2013. La caída en los precios internacionales de los hidrocarburos a partir de ese año y la reducción de las reservas de gas han exacerbado los problemas macroeconómicos y fiscales del país. Actualmente, Bolivia enfrenta desafíos macroeconómicos significativos, incluyendo un déficit fiscal creciente, una balanza de pagos deteriorada, deuda pública interna creciente y un agotamiento gradual de sus reservas internacionales.

Figura 2: Comportamiento del valor exportado de hidrocarburos bolivianos y el resultado fiscal primario en porcentaje del PIB



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Dossier de Estadísticas 33 de la Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas (UDAPE) y del Atlas de Complejidad Económica.

Este fenómeno no se da solamente en Bolivia. En general, las grandes oscilaciones de los ingresos relacionados con las materias primas a veces dan lugar a una orientación fiscal procíclica. Los hacedores de política fiscal tienden a aumentar el gasto durante los periodos de expansión (cuando los precios de las materias primas son elevados), mientras que se ven obligados a reducirlo cuando los precios de las materias primas y los ingresos disminuyen Ilzetzki y Végh (2008). Este comportamiento procíclico complica la gestión macroeconómica y provoca una considerable volatilidad de la producción que

³ En base a datos del Dossier de Estadísticas 33 de la Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas (UDAPE).

perjudica los resultados macroeconómicos en conjunto. Se ha demostrado en distintas ocasiones que una mayor volatilidad del gasto público está asociada a un menor crecimiento económico y puede actuar como mecanismo de transmisión de la «maldición de los recursos naturales» (Al-Sadiq y cols. (2023)).

Para los países exportadores de materias primas, una respuesta óptima de la política fiscal a las fluctuaciones de los precios de las materias primas es un comportamiento político contracíclico: ahorrar los aumentos de ingresos relacionados con las materias primas durante los auges y utilizar estos amortiguadores durante las recesiones (Dept. (2012)). ¿Cómo deberían los países exportadores de materias primas aislar sus economías de las perturbaciones negativas de la relación de intercambio inducidas por las grandes e impredecibles fluctuaciones de los precios de las materias primas? Desde un punto de vista teórico, una forma de proteger o desvincular el gasto público de la volatilidad de los ingresos procedentes de los recursos es mediante la creación de un fondo soberano de estabilización (Steigum (2012)). Un fondo soberano, o SWF (por su nombre en inglés, *Sovereign Wealth Fund*), es un fondo estatal creado con el propósito de administrar los ingresos extraordinarios provenientes de recursos naturales u otras fuentes. Estos fondos se invierten en una variedad de activos financieros para generar retornos a largo plazo y proporcionar un colchón financiero en tiempos de crisis económicas. Mantenemos la hipótesis de que en el caso de Bolivia, un SWF hubiera permitido acumular reservas durante los períodos de altos precios de los hidrocarburos, proporcionando recursos que podrían ser utilizados para estabilizar la economía durante las caídas de precios y mantener la inversión pública sin recurrir a endeudamiento excesivo.

Existen varios documentos en la literatura que intentan estimar los efectos de la creación de un fondo soberano de estabilización sobre indicadores macroeconómicos. Algunos de los que estudian los SWF y su relación con el déficit fiscal y la deuda pública, específicamente, son Zeufack y cols. (2016), Steigum (2012), Liang y cols. (2016), Van der Ploeg y Venables (2008) y Melina y cols. (2016).

Zeufack y cols. (2016) abordan el desafío de cómo gestionar los ingresos provenientes de recursos naturales en economías de bajos ingresos y con escasez de capital, utilizando un modelo de equilibrio general dinámico estocástico (DSGE) calibrado con datos de Uganda. Se exploran tres enfoques de política fiscal para manejar los excedentes de recursos: (1) invertir todos los ingresos en capital público, (2) ahorrar todos los ingresos en un fondo soberano, y (3) un enfoque de inversión sostenible que asigna un porcentaje constante de los ingresos a la inversión pública y el resto al ahorro. Los hallazgos sugieren que un aumento gradual de la inversión pública minimiza la volatilidad macroeconómica y que entre el 55 % y el 85 % de los ingresos por petróleo deberían ser invertidos, dependiendo de las preferencias de estabilidad del

formulador de políticas.

Liang y cols. (2016), por otro lado, investigan la relación entre el auge de recursos naturales, la estructura industrial y el crecimiento económico, centrándose en economías en desarrollo. Los autores argumentan que la estructura industrial inicial de un país es un factor crucial que determina si un auge de recursos se traduce en beneficios económicos o en la "maldición de los recursos". También utilizando un modelo DSGE, el estudio propone que los cambios en la estructura industrial provocados por un auge de recursos pueden generar un "bono industrial". Además, se hace una distinción entre el auge de recursos y el auge de precios, sugiriendo que la comprensión de estas dinámicas es esencial para formular políticas que maximicen los beneficios de los recursos naturales.

Finalmente, Melina y cols. (2016) examinan la sostenibilidad de la deuda, la inversión pública y la gestión de los recursos naturales en países en desarrollo a través del modelo DIGNAR, que permite evaluar los efectos macroeconómicos de diferentes escenarios de inversión y flujos de ingresos de recursos. Se enfoca en cómo estos países pueden gestionar sus ingresos de manera efectiva para fomentar el crecimiento económico y mantener la sostenibilidad de la deuda, considerando la eficiencia de la inversión y el retorno del capital público, así como la capacidad de absorción de la economía. Además, sugieren que, en lugar de simplemente ahorrar los ingresos de recursos en un fondo soberano, los países deberían considerar invertir estos ingresos en capital productivo para maximizar el crecimiento y la sostenibilidad de la deuda.

No se han encontrado (al conocimiento de los autores) documentos que pretendan medir el efecto de la creación de un fondo de estabilización sobre variables macroeconómicas y fiscales dentro de Bolivia, específicamente. Ese es el vacío principal que este documento pretende llenar.

Argumentamos que la ausencia de un mecanismo de estabilización como un SWF ha dejado a Bolivia vulnerable a las fluctuaciones del mercado internacional de recursos naturales. El objetivo de este documento es ganar conocimiento sobre si la creación de tal fondo contribuiría a una gestión fiscal más prudente y sostenible (en términos de déficit fiscal y deuda pública total). Durante los años de bonanza, los excedentes fiscales generados por los altos precios de los hidrocarburos podrían haberse canalizado al fondo, permitiendo que estos recursos se usaran en momentos de bajos precios para financiar programas sociales, infraestructura y otras prioridades sin comprometer la estabilidad macroeconómica.

El presente artículo explora los potenciales efectos de la creación de un fondo soberano para la economía boliviana actual mediante la aplicación del modelo de equilibrio general dinámico (DGE) construido por Melina y cols.

(2016) (llamado DIGNAR) para Bolivia. Se estiman los efectos sobre variables macroeconómicas clave, principalmente el crecimiento, el nivel de endeudamiento público y el resultado fiscal primario.

Entre los resultados del modelo DGE empleado muestran que, tanto en un escenario realista (con supuestos que capturan la situación boliviana actual) como en uno pesimista (en el que la producción y los precios del gas natural caen constantemente), el déficit fiscal primario y la deuda total del estado crecen más lentamente a medida que el fondo de estabilización es más grande. Esto implica que, teniendo un reducido impacto negativo sobre el crecimiento de mediano plazo, la creación y mantención de un fondo soberano puede ayudar a tener un panorama fiscal más sólido.

El documento se estructura de la siguiente manera: la Sección 2 expone hechos relevantes sobre la economía boliviana; la tercera sección detalla el modelo de equilibrio general utilizado; en la cuarta detallan los datos utilizados; en la Sección 5 se explican los resultados y las conclusiones y recomendaciones se encuentran en la sexta parte.

2. Hechos estilizados

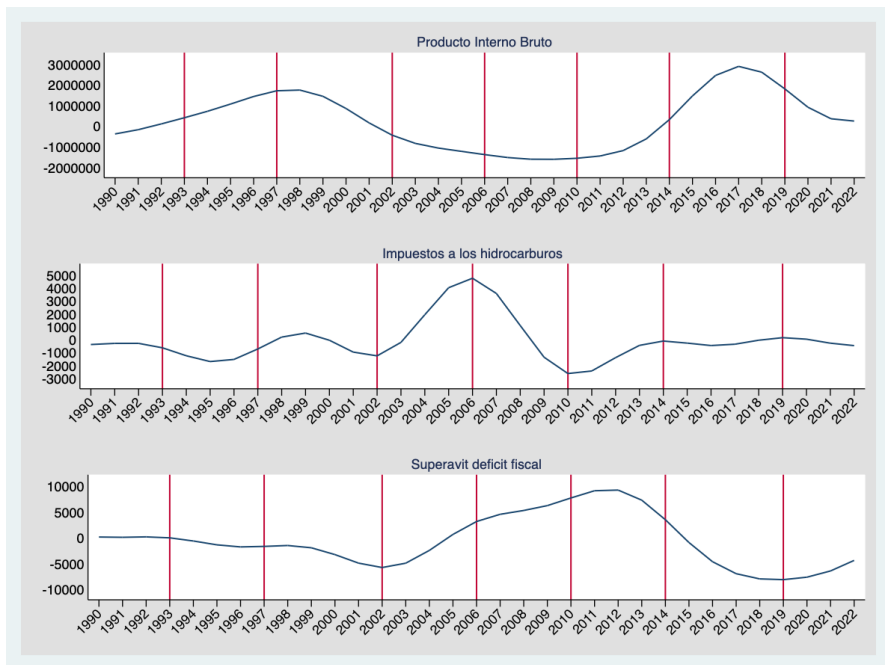
El crecimiento económico boliviano ha estado históricamente basado en las exportaciones de recursos naturales. La exportación de gas natural, específicamente, ha sido crucial para el crecimiento económico a través de la generación de ingresos públicos. Esto se puede evidenciar analizando el componente cíclico del PIB, de los ingresos por el Impuesto Directo a los Hidrocarburos (IDH) y el balance fiscal. Utilizando el filtro de Cristiano Fitzgard, se extrae el componente cíclico de las tres series (Figura 3), debido a que la diferencia del tamaño de las series complica el análisis correlacional.

Para poder analizar de mejor manera la existencia de co-movimientos las series se dividen en periodos determinados. En el primer periodo, entre 1993 y 1997 se encontró una relación contracíclica entre el PIB y el balance fiscal debido a las políticas del gobierno y a la caída en los ingresos por IDH, durante el segundo periodo entré 1997 y 2002 se vio una relación procíclica entre las tres series, el tercer periodo entré 2002 y 2006 se pudo observar una relación contracíclica entre el PIB y las dos series restantes.

Posteriormente, durante el periodo de auge por el incremento de los precios de los hidrocarburos (entre el 2006 y el 2014), existió una relación procíclica entre el IDH y el PIB, y una relación contracíclica entre el balance fiscal y el IDH entre el 2006 y 2010 y procíclica entre el 2010 y 2014, periodo de mayores ingresos por hidrocarburos. Lo cual muestra la importancia de los hidrocarburos para el crecimiento del PIB, tomando en cuenta que mayores ingresos por recursos naturales generan impacto positivos en el PIB los años

posteriores a su explotación, al tener una dinámica de tipo presa-depredador como muestra Zeufack y cols. (2016).

Figura 3: Componente cíclico de las series (en millones de bolivianos)



Fuente: Elaboración Propia en base al Dossier 33 de UDAPE utilizando el filtro de Cristiano Fitzgard

La Figura 3 además de mostrar la importancia de los ingresos por hidrocarburos, deja en evidencia la importancia de balance fiscal en épocas de auge y de recesión.

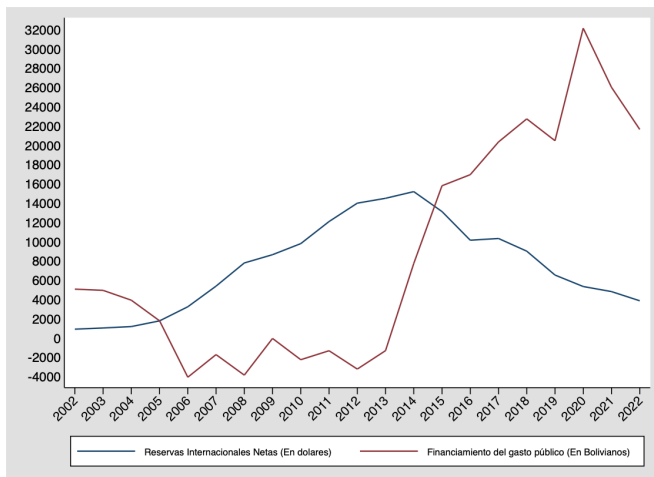
En el anexo 1 se muestran las cuentas del balance fiscal a través de las operaciones consolidadas del sector público no financiero, donde se puede evidenciar un nivel de deuda muy elevado equivalente a entre el 18 % y el 37 % de los ingresos fiscales entre el 2018 y el 2022, mostrando además una correlación negativa entre los ingresos por el IDH y el nivel de deuda. Además es relevante resaltar la importancia del IDH en los ingresos corrientes totales del Estado. En el anexo 1 se observa que en los últimos años la mayor proporción de los ingresos proviene de la recaudación por hidrocarburos (entre el 31,8 % y el 33,16 %).

Otra situación que se debe tomar en cuenta, son los ingresos generados por las exportaciones de hidrocarburos, los cuales generaron un incremento de las reservas internacionales, especialmente en el periodo de mayor auge

Efectos macrofiscales de la creación de un Fondo Soberano con ingresos por recursos naturales en Bolivia: una aplicación del modelo de equilibrio general dinámico DIGNAR para Bolivia

por el incremento del precio de los *comodities*. Sin embargo, como se observa en la Figura 4 la constante reducción de las reservas internacionales a partir del 2014 coincidió con el incremento del la financiamiento del gasto publico, a causa del incremento de la deuda pública que llegó 22.670 millones de bolivianos el 2018 y 32.075 millones de bolivianos el 2020.

Figura 4: Reservas Internacionales Netas y Financiamiento del gasto público



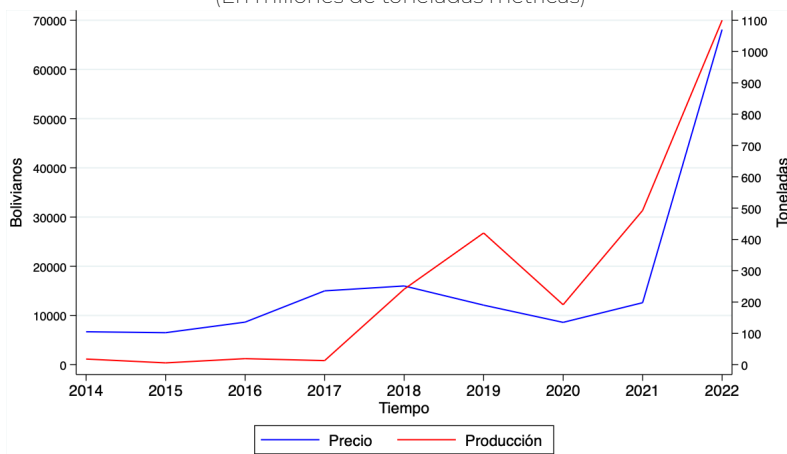
Fuente: Informe de administración de Reservas internacionales del Banco Central de Bolivia y Dossier 33 de UDAPE

Dado que los ingresos provenientes de los hidrocarburos están mostrando señales de estancamiento y considerando la necesidad de diversificar las fuentes de ingresos, la atención se está desplazando hacia otros recursos naturales, especialmente el litio. Bolivia posee una de las mayores reservas de litio del mundo, situadas en el Salar de Uyuni, con 21 millones de toneladas a mediados del 2023 según la Agencia Boliviana de Información (2023) lo cual abre nuevas perspectivas económicas para el país.

Si bien durante la década de 1970 se inició la extracción de litio, el 2008 se formó la empresa estatal Yacimientos de Litio Bolivianos (YLB) con el objetivo que poder administrar los ingresos derivados de este recurso natural. Desde entonces existió un incremento en tanto el precio como la cantidad extraída de carbonato de litio (Figura 5). Y según Medinaceli (2024) la explotación y comercialización del litio en Bolivia se percibe como una oportunidad significativa para mejorar las condiciones económicas y sociales futuras del país, similar al impacto positivo que tuvo la exportación de gas natural en el pasado. Se espera que la producción de litio genere regalías, impuestos y atraiga inversiones, contribuyendo al crecimiento del PIB y a la generación de empleo en el país. Además, existe la expectativa de que la explotación del litio pueda tener un impacto económico comparable al de la exportación de gas

natural en Bolivia hasta 2015, la cual representó más de la mitad del crecimiento económico del país.

Figura 5: Precio y producción de carbonato de litio Li_2CO_3
(En millones de toneladas métricas)



Fuente: Yacimientos de Litio Bolivianos (YLB)

Como se mencionó, una parte importante del crecimiento económico boliviano estuvo ligada a la extracción y venta de recursos naturales. Si bien éstos generaron mayor crecimiento económico en su momento, éste fue mayormente de corto plazo. Sin embargo, se pueden diseñar e implementar políticas públicas para aprovechar de manera más sostenible y duradera los ingresos por recursos naturales.

Sin embargo, la creación de la planta de litio del Salar de Uyuni se creó en diciembre del 2023 por lo que es muy reciente y los ingresos aun no son muy elevados en comparación a los generados por los hidrocarburos, que siguen siendo una fuente de ingresos muy importante como se muestra en el anexo 1.

Para administrar de manera prudente los ingresos extraordinarios por recursos naturales, muchos países en el mundo optaron por guardar una fracción de los ingresos en un Fondo Soberano de Riqueza. Éstos comúnmente son fundados con el objetivo de tener una reserva de ingresos para épocas de crisis, ahorrar para futuras generaciones y diversificar las fuentes de ingresos ante la volatilidad de los precios internacionales.

A continuación se detalla la estrategia utilizada para modelar la economía boliviana si se crea un fondo soberano de estabilización para manejar ingresos por recursos naturales.

3. El modelo

Para poder aproximar los efectos de la creación de un fondo soberano de estabilización en la economía boliviana se utiliza un modelo de equilibrio general dinámico con 3 sectores: bienes transables, bienes no transables e hidrocarburos. Este es una aplicación del modelo “Crecimiento de la Inversión en Deuda y Recursos Naturales” (o DIGNAR, por sus siglas en ingles) elaborado por Melina y cols. (2016) para Bolivia.

El modelo DIGNAR es un modelo tri-sectorial en términos reales de una pequeña economía abierta, que incluye múltiples tipos de deuda del sector público, distintas variables fiscales y de gasto, y un fondo de recursos. El país produce un bien transable y un bien no transable utilizando capital, mano de obra e infraestructura suministrada por el gobierno. Además, cuenta con recursos naturales cuya producción y precios se consideran exógenos. Dado que el horizonte temporal es de 10 años, el modelo omite el dinero y todas las rigideces nominales. El diseño del modelo se realiza por etapas, comenzando con la especificación de los hogares.

3.1. Hogares

Existen dos tipos de hogares que trabajan en el sector transable y no transable (como se observa en el anexo B.1), viven infinitamente y reparten su tiempo en ocio y trabajo. Una proporción de los hogares poseen empresas y tienen acceso a los mercados de capitales. Estos hogares se conocen como de optimizadores o ricardianos y maximizan su utilidad sujeta a una restricción presupuestaria que depende de sus ingresos y gastos. Sus ingresos provienen de su trabajo, el arrendamiento de capital, ingresos financieros (tanto por bonos domésticos como extranjeros) y de los ingresos de sus empresas. Utilizan sus ingresos para adquirir bienes de consumo, pagar sus deudas con el mercado financiero y adquirir más bonos, el proceso de optimización de este tipo de hogares se puede observar en el anexo B.1.1.

Por otra parte, existe otra proporción de hogares que tiene limitaciones financieras y no tienen acceso a los mercados financieros y de capitales, denominados no optimizadores, no ricardianos o *rule-of-thumb*. Por tanto, consumen todos sus ingresos disponibles en cada período. Estos hogares maximizan su función de utilidad (como se observa en el anexo B.1.2) únicamente en función a sus ingresos por trabajar y sus gastos en bienes de consumo.

3.2. Firmas

Como se observa en el anexo B.2 la economía consta de tres sectores productivos: (i) un sector de bienes no transables; (ii) un sector de bienes transables (excluyendo hidrocarburos); y (iii) un sector de hidrocarburos. Considerando

que los países en desarrollo ricos en recursos tienden a exportar la mayor parte de su producción de recursos, se asume, para simplificar, que todos los recursos son hidrocarbúricos y que son exportados.

Los bienes no transables, como se observa en el anexo B.2.1 son los bienes que no se pueden comercializar en el mercado internacional, por lo que únicamente se pueden transar en el mercado doméstico. Estos bienes se producen combinando la productividad o factor tecnológico, la mano de obra y el capital del sector no transable, además del capital público.

Por otra parte, los bienes transables son aquellos que se pueden comercializar en el mercado internacional, y de manera análoga al sector de bienes no transables, las empresas de este sector utilizan como factores de producción la productividad o factor tecnológico, la mano de obra del sector transable, capital del sector transable y capital público (Ver anexo B.2.2).

En el caso del sector de hidrocarburos, dado que a menudo la mayor parte de la producción de recursos naturales en los países en desarrollo ricos en recursos naturales es intensiva en capital, y gran parte de la inversión en el sector de los recursos naturales se financia con inversiones extranjeras directas en países de bajo ingreso, por tanto, la producción de hidrocarburos se simplifica en el modelo en el cual la producción de hidrocarburo sigue un proceso exógeno. (Para más detalles revisar el anexo B.2.3)

3.3. Gobierno

Para poder analizar y entender las decisiones del gobierno se debe revisar su restricción presupuestaria, que representa el equilibrio entre los ingresos fiscales y el gasto público como se observa en el anexo B.3. En términos de ingresos, estos provienen de impuestos al consumo, a la renta, al capital y a los hidrocarburos, además de ingresos derivados de deuda comercial externa e interna. En cuanto al gasto, se incluyen los pagos de intereses por ambas deudas y el gasto de gobierno.

El gasto de gobierno, o gasto público, comprende tanto el consumo público como la inversión pública. Al igual que el consumo privado, el gasto público también se divide en una canasta de bienes transables y no transables. Una vez que se tiene la canasta de compras de gobierno se procede a minimizar el gasto público total sujeto a dicha canasta, de modo que se obtengan las funciones de demanda pública para cada tipo de bien (Para una explicación detallada utilizando las ecuaciones del modelo véase el anexo B.3.1).

Por otra parte, como se puede observar en el anexo B.3.2, la inversión pública se caracteriza por su ineficiencia y limitaciones en la capacidad de absorción. Melina y cols. (2016) sostiene que, a menudo, la alta productividad de la infraestructura puede coexistir con muy bajos rendimientos de la inver-

sión pública en los países en desarrollo, debido a ineficiencias en la inversión. Como resultado, el gasto en inversión pública no necesariamente aumenta el stock de capital productivo y, por ende, el crecimiento. Las limitaciones de la capacidad de absorción relacionadas con la capacidad técnica, el despilfarró y la fuga de recursos en el proceso de inversión, que afectan la selección, gestión e implementación de proyectos, pueden tener efectos negativos duraderos sobre el crecimiento.

Para reflejar estas ineficiencias y limitaciones, se asume que la inversión efectiva es una función de la tasa de crecimiento de la inversión pública en relación con su valor en estado estacionario. Para poder analizar los efectos de este fondo de estabilización se agregó una función que representa fondo de recursos en el modelo (ver anexo B.3.3), siguiendo la línea de (Melina y cols., 2016), donde una ganancia inesperada de recursos se define como ingresos por recursos que superan su nivel inicial de estado estacionario. En cada período, el fondo de recursos obtiene ingresos por el valor de los activos extranjeros y por los intereses a una tasa de interés real bruta constante.

Considerando que uno de los propósitos del modelo es analizar los efectos de invertir un recurso inesperado, las simulaciones presentadas en este documento se centran en dos enfoques de inversión: el enfoque de gasto sobre la marcha y el enfoque de inversión desvinculada. Estos enfoques se describen a continuación:

- Enfoque de gasto sobre la marcha (SAYG, por sus siglas en inglés): Con este enfoque, el fondo de recursos se mantiene en su nivel inicial y toda la ganancia inesperada se gasta en proyectos de inversión pública.
- Enfoque de inversión desvinculada: Con este enfoque, se especifica una trayectoria de ampliación de la inversión pública como una función de retardo de segundo orden.

Siguiendo a Melina y cols. (2016), dadas las trayectorias de la inversión pública, el endeudamiento concesional y las donaciones extranjeras, la manipulación de la restricción presupuestaria del gobierno permite plantear el fondo soberano como la diferencia entre las entradas y salidas fiscales como se observa en los anexos B.3.4 y B.3.5. De este modo, cubrir la brecha fiscal implica endeudamiento comercial interno y/o externo o ajustes en diversos instrumentos fiscales. Si el valor de los activos extranjeros es mayor que el límite inferior del fondo que el gobierno decide mantener, la brecha es cero; es decir, el fondo de recursos absorbe cualquier brecha fiscal y no se necesitan ajustes de política fiscal. Por otro lado, cuando el valor de los activos extranjeros es igual al límite inferior del fondo que el gobierno decide mantener, la brecha es mayor a cero y debe ser cubierta mediante ajustes fiscales (Para revisar el desarrollo matemático completo desarrollado por Melina y cols. (2016) revisar el anexo B)

4. Datos y calibración

En la calibración del modelo DIGNAR, se emplearon datos provenientes de diversas fuentes confiables para representar con precisión la economía boliviana. Los valores de los parámetros fueron obtenidos a partir de informes económicos, publicaciones académicas y datos estadísticos relevantes. Esta sección detalla el origen y la justificación de cada conjunto de parámetros utilizados en el modelo.

Para obtener los parámetros aplicables a países en vías de desarrollo, se emplearon los valores establecidos por Melina y cols. (2016). Este estudio proporciona un marco integral de parámetros económicos para economías emergentes, permitiendo una adaptación generalizada del modelo a contextos similares. Entre los parámetros clave proporcionados por Melina y cols. (2016) se encuentran las tasas de depreciación del capital en distintos sectores, las elasticidades de sustitución y la participación del ingreso laboral en sectores transables y no transables. Estos valores son fundamentales para captar las dinámicas de inversión y ajuste fiscal en países en vías de desarrollo, y su utilización asegura una base sólida para la modelización económica en estos contextos.

Para calibrar el modelo de manera precisa para Bolivia, se utilizaron datos específicos obtenidos de estudios y publicaciones relevantes sobre la economía boliviana. Gonzalez y cols. (2022) y Cerezo (2010) realizaron una calibración detallada para Bolivia, ajustando parámetros como la proporción de inversión pública y privada sobre el PIB, así como la participación de los hidrocarburos en el PIB. Esta calibración específica es crucial para reflejar las características económicas únicas de Bolivia, que incluyen su estructura económica basada en recursos naturales y su perfil de inversión. La exactitud de estos parámetros permite una representación fiel de la economía boliviana en el modelo DIGNAR.

Adicionalmente, los datos macroeconómicos sobre exportaciones e importaciones sobre el PIB, así como el consumo del gobierno, fueron extraídos de informes del Banco Mundial (2023). Esta información proporciona una visión amplia de la participación de las exportaciones e importaciones en la economía de Bolivia, así como del rol del gobierno en el PIB. La utilización de estos datos asegura que el modelo esté basado en información actualizada y precisa, lo cual es esencial para su validez y relevancia.

La tasa de interés real neta interna y otros indicadores financieros fueron obtenidos del Banco Central de Bolivia BCB (2022). Estos datos son fundamentales para modelar las condiciones financieras internas y la dinámica de la deuda en Bolivia. Además, se utilizaron datos de la Unidad de Análisis de Políticas Económicas UDAPE (2023) para obtener información sobre la participación de los hidrocarburos en el PIB y otras variables macroeconómicas

relevantes UDAPE (2023). La inclusión de estos datos específicos proporciona una base sólida para entender la dinámica económica de Bolivia y su dependencia de los recursos naturales.

Para completar el conjunto de parámetros necesarios para el modelo, se realizaron ciertos supuestos basados en la literatura existente y el contexto económico actual. Por ejemplo, se asumieron ciertos valores para la tasa de interés real neta en deuda concesional, el límite inferior del fondo de estabilización y la tasa de impuesto sobre el ingreso laboral. Estos supuestos permiten cerrar el modelo y proporcionar una base para los cálculos, aunque no se basan en datos empíricos directos. La inclusión de estos supuestos es común en la modelización económica y permite una mayor flexibilidad y adaptabilidad del modelo a distintos escenarios.

Algunos parámetros, como las elasticidades de ajuste de cartera y las tasas de ajuste fiscal, se ajustaron utilizando parámetros establecidos por estudios previos, como los realizados por Melina y cols. (2016) y Cerezo (2010). Estos ajustes son necesarios para modelar adecuadamente las respuestas del sistema económico a cambios en las políticas fiscales y monetarias. La precisión en la calibración de estos parámetros asegura que el modelo pueda capturar las complejidades y particularidades de la economía boliviana, así como su respuesta a distintas intervenciones políticas.

Cuadro 1: Parámetros y valores

Parámetro	Valor	Definición	Fuente
exp_{share}	34.41	Exportaciones sobre el PIB	(Banco Mundial, 2023)
imp_{share}	33.36	Importaciones sobre el PIB	(Banco Mundial, 2023)
g_{share}^C	16.03	Consumo del gobierno sobre el PIB	(Banco Mundial, 2023)
g_{share}^I	10	Inversión pública sobre el PIB	(Gonzalez y cols., 2022)
i_{share}	8	Inversión privada sobre el PIB	(Gonzalez y cols., 2022)
$y_{h,share}$	14.69	Hidrocarburos sobre el PIB	(UDAPE, 2006)
$g_{T,share}$	60	Participación de bienes transables en compras del gobierno	(Melina y cols., 2016)
$c_{T,share}$	60	Participación de bienes transables en consumo privado	(Melina y cols., 2016)
RF_{share}	16.28	Fondo de estabilización sobre el PIB	Supuesto
b_{share}	34.45	Deuda interna del gobierno sobre el PIB	(BCB, 2023b)
b_{share}^*	34.45	Deuda externa privada sobre el PIB	(BCB, 2023c)
d_{share}	50	Deuda concesional sobre el PIB	Supuesto
$d_{c,share}$	6.89	Deuda comercial externa del gobierno sobre el PIB	(BCB, 2023a)
g^T_{share}	0	Subvenciones sobre el PIB	Supuesto
$R - 1$	-1.83	Tasa de interés real neta interna	(BCB, 2022)
$R^{RF} - 1$	3.83	Tasa de interés real neta extranjera en ahorros	Supuesto
$R_d - 1$	0.001	Tasa de interés real neta en deuda concesional	Supuesto
$R^f - 1$	0.001	Tasa de interés real libre de riesgo neta	Supuesto
$R_{dc,0} - 1$	0.13	Tasa de interés real neta en deuda comercial externa	(BCB, 2022)
η_{dc}	1.4	Elasticidad del riesgo soberano	(Melina y cols., 2016)
α_N	45	Participación del ingreso laboral en el sector no transable	(Melina y cols., 2016)
α_T	60	Participación del ingreso laboral en el sector transable	(Melina y cols., 2016)
δ_N	10	Tasa de depreciación del capital en el sector no transable	(Melina y cols., 2016)
δ_T	10	Tasa de depreciación del capital en el sector transable	(Melina y cols., 2016)
ρ_{yT}	0	<i>Learning-by-doing</i> en el sector transable	(Melina y cols., 2016)
ρ_{zT}	0	Persistencia en la productividad total de factores en el sector transable	(Melina y cols., 2016)
κ_N	50	Costo de ajuste de inversión en el sector no transable	(Melina y cols., 2016)
κ_T	50	Costo de ajuste de inversión en el sector transable	(Melina y cols., 2016)
ψ	0.5	Inversa de la elasticidad del trabajo de Frisch	(Melina y cols., 2016)
σ	3	Inversa de la elasticidad intertemporal de sustitución	(Melina y cols., 2016)
ρ	1	Elasticidad de sustitución intratemporal del trabajo	(Melina y cols., 2016)
ω	40	Medida de optimizadores en la economía	(Melina y cols., 2016)
χ	1.01	Elasticidad de sustitución entre bienes transables/ho transables	(Cerezo, 2010)
η	5	Elasticidad de los costos de ajuste de cartera	(Melina y cols., 2016)
τ^L	0	Tasa de impuesto sobre el ingreso laboral	
τ^C	16.13	Tasa de impuesto al consumo	(UDAPE, 2023)
f_{floor}	0	Límite inferior para el fondo de estabilización	Supuesto
κ	1	Participación de ajuste por deuda comercial externa	(Melina y cols., 2016)
λ_1	0.25	Participación de ajuste por impuesto al consumo	(Melina y cols., 2016)
λ_2	0.25	Participación de ajuste fiscal por impuesto al trabajo	(Melina y cols., 2016)
ζ_3	0.1	Respuesta del impuesto al consumo a la deuda pública	(Melina y cols., 2016)

Continúa en la siguiente página

**Efectos macrofiscales de la creación de un Fondo Soberano con ingresos por recursos naturales en Bolivia:
una aplicación del modelo de equilibrio general dinámico DIGNAR para Bolivia**

Cuadro 1 – Continuación

Parámetro	Valor	Definición	Fuente
$R_{RK}^N - 1$	4.7	Tasa de retorno de capital en el sector no transable	(Melina y cols., 2016)
$R_{RK}^T - 1$	4.7	Tasa de retorno de capital en el sector transable	(Melina y cols., 2016)
σ_N	6	Elasticidad de sustitución entre bienes en el sector no transable	(Melina y cols., 2016)
σ_T	6	Elasticidad de sustitución entre bienes en el sector transable	(Melina y cols., 2016)
μ	0.05	Costos de producción del sector hidrocarburos	(Gonzalez y cols., 2022)
β	0.997	Descuento intertemporal	Supuesto
ϕ_I	0.01	Elasticidad del riesgo país a deuda/PIB	(Gonzalez y cols., 2022)
ρ_T	0.85	Persistencia del shock tecnológico en el sector transable	Supuesto
ρ_g	0.9	Persistencia del shock en el gasto gubernamental	Supuesto
ρ_e	0.8	Persistencia del shock en remesas	Supuesto
ρ_{yh}	0.95	Persistencia del shock en hidrocarburos	Supuesto
ρ_o	0.9	Persistencia del shock en términos de intercambio	Supuesto
$\rho_{\tau L}$	0.95	Persistencia del shock en el impuesto sobre el ingreso laboral	Supuesto
$\rho_{\tau C}$	0.95	Persistencia del shock en el impuesto al consumo	Supuesto
ρ_{gI}	0.95	Persistencia del shock en inversión pública	Supuesto
ρ_b	0.95	Persistencia del shock en bonos del gobierno	Supuesto
ρ_d	0.95	Persistencia del shock en deuda externa privada	Supuesto
$\rho_{g,T}$	0.9	Persistencia del shock en gasto transable	Supuesto
$\sigma_{\tau L}$	0.02	Desviación estándar del shock en el impuesto sobre el ingreso laboral	Supuesto
$\sigma_{\tau C}$	0.02	Desviación estándar del shock en el impuesto al consumo	Supuesto
σ_o	0.02	Desviación estándar del shock en términos de intercambio	Supuesto
σ_{yh}	0.02	Desviación estándar del shock en hidrocarburos	Supuesto
σ_{gI}	0.02	Desviación estándar del shock en inversión pública	Supuesto
σ_g	0.02	Desviación estándar del shock en consumo del gobierno	Supuesto
$\sigma_{g,T}$	0.02	Desviación estándar del shock en gasto transable	Supuesto
σ_d	0.02	Desviación estándar del shock en deuda externa privada	Supuesto
σ_b	0.02	Desviación estándar del shock en bonos del gobierno	Supuesto
σ_e	0.02	Desviación estándar del shock en remesas	Supuesto
γ	0.85	Persistencia en el shock de la tasa de crecimiento	Supuesto
σ_γ	0.01	Desviación estándar del shock en la tasa de crecimiento	Supuesto

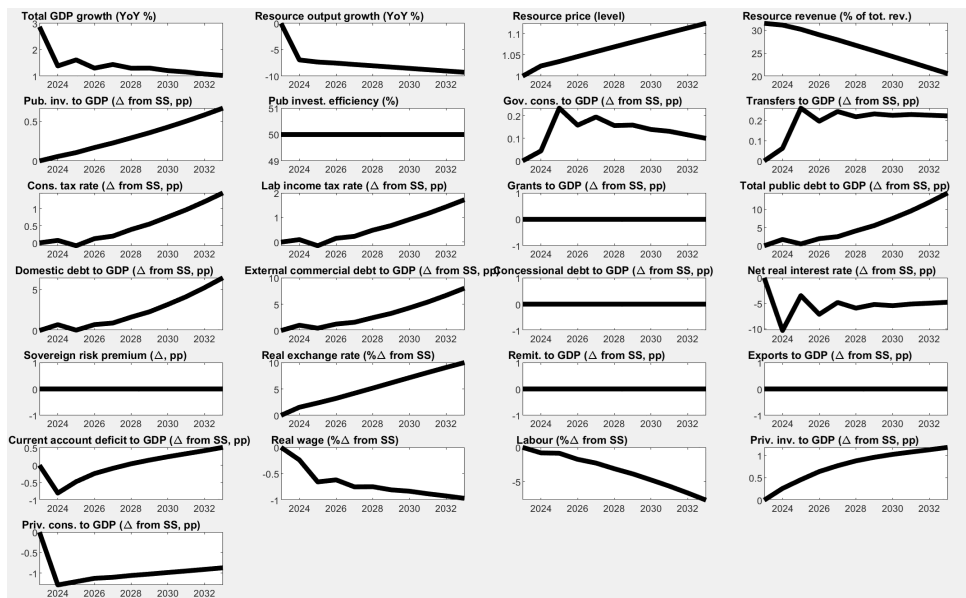
5. Resultados

5.1. Comparación modelo base sin y con fondo soberano de estabilización

El primer ejercicio llevado a cabo en este documento es la simulación del modelo DGE base en ausencia de un fondo soberano de estabilización. Esto se elabora utilizando los datos y parámetros detallados en la anterior sección.

Específicamente, para modelar la economía sin un fondo, se toman en cuenta cuatro parámetros: el valor total de los activos del fondo en porcentaje del PIB es fijado en 0.0012, la tasa de interés real neta anual que gana el fondo soberano por participar en mercados internacionales es 0.001, los costos de manejo del fondo (en porcentaje del valor total del mismo) son iguales a 0 y el valor mínimo del fondo es también igual a 0. Bajo estos supuestos, los resultados del modelo con predicciones desde 2024 hasta 2033 se muestran en la Figura 6.

Figura 6: Resultados globales del modelo base DGE sin fondo soberano



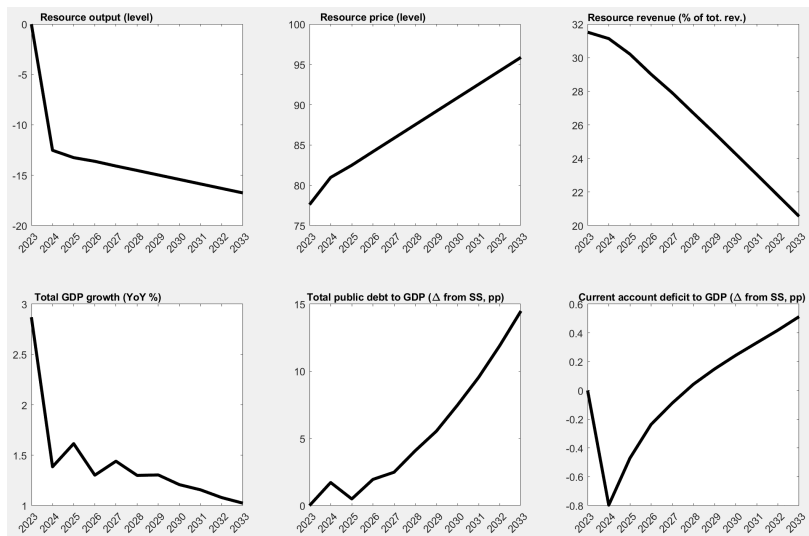
Fuente: Elaboración propia.

Nota: En este modelo se supone que todos los parámetros relacionados a instrumentos fiscales (inversión pública, gasto público, transferencias, tasas impositivas), balanza de pagos (remesas y exportaciones) y financiamiento en mercados internacionales (deuda concesional, préstamos sin intereses y riesgo soberano) se mantienen constantes a lo largo del periodo de simulación.

Efectos macrofiscales de la creación de un Fondo Soberano con ingresos por recursos naturales en Bolivia: una aplicación del modelo de equilibrio general dinámico DIGNAR para Bolivia

De todos estos resultados, resulta particularmente interesante analizar lo que sucede con seis variables particulares: la producción, precios e ingresos por recursos naturales (gas natural), el nivel de crecimiento de la economía, el nivel de deuda total (a nivel del Gobierno General) en porcentaje del PIB y el nivel de déficit en cuenta corriente en porcentaje del PIB. Estas seis variables se detallan en la Figura 7.

Figura 7: Resultados seleccionados del modelo base DGE sin fondo soberano



Fuente: Elaboración propia.

Como se detalla en la Sección 5, la predicción de la producción y precios de hidrocarburos (gas natural) hasta 2033 se basan en un modelo autorregresivo AR(1)⁴ utilizando sus valores históricos anuales desde 1995. Bajo estos supuestos, en la Figura 7 se observa que el nivel producido de gas natural tiende a disminuir en el tiempo. Esto conlleva que, si bien los precios del gas tienen una tendencia positiva, los ingresos totales por hidrocarburos (en porcentaje de los ingresos totales del SPNF) disminuyen gradualmente. De la mano de esto, el crecimiento del PIB real también disminuye a lo largo del tiempo. A esto le acompañan aumentos en los niveles de deuda y déficit corriente (ambas medidas en puntos porcentuales de variación con respecto de su valor de estado estacionario).

Para captar cuál sería el potencial efecto de contar con un fondo soberano de estabilización en la economía boliviana, se incluye dentro de este modelo

⁴ Se elabora sobre la primera diferencia de ambas series históricas para asegurar su estacionariedad. Se opta por un modelo AR(1) siguiendo a Melina et al. (2022).

base mediante los cuatro parámetros mencionados previamente. Se elaboran tres distintos modelos DGE que simulan un fondo soberano cada vez más grande: i) el primero (Modelo A) asume que se destinó la mitad de los ingresos por hidrocarburos del último año⁵ a tal fondo, lo que es equivalente a decir que el valor total de los activos del fondo en porcentaje del PIB nominal es igual a 4,9%; ii) el segundo (Modelo B) supone que se guardó un 10% de los ingresos del SPNF por hidrocarburos durante los últimos 10 años seguidos (de 2013 al 2022) y que cada año el monto acumulado ganó intereses, lo que conllevaría que el valor de los activos del fondo sea igual al 16,3% del PIB; iii) el tercero (Modelo C) asume que se guardó el 25% de los ingresos por hidrocarburos durante los últimos 10 años (de 2013 al 2022) y que cada año el monto total ganó intereses, lo que resulta en un fondo con valor equivalente a 34.4% del PIB. Estas variables y sus respectivos cambios se ven resumido en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Comparación de escenarios con y sin fondo soberano.

Definición	Escenario sin fondo	Escenario A	Escenario B	Escenario C
Valor de los activos totales del Fondo (en porcentaje del PIB)	0.00 %	4.90 %	16.28 %	34.40 %
Piso o valor mínimo del fondo soberano (en porcentaje del PIB)	0.00 %	2.45 %	8.14 %	17.20 %
Tasa de interés real neta extranjera anualizada obtenida por el fondo de estabilización	0.00 %	3.83 %	3.83 %	3.83 %
Costos de administración del fondo soberano (en % del fondo)	0.00 %	0.04 %	0.04 %	0.04 %

Para los tres modelos mencionados que sí incluyen un fondo, la tasa de interés real neta anual que gana ese fondo soberano por participar en mercados internacionales es 3.83% (tasa promedio que ganó el SWF de Noruega⁶ los últimos 25 años), los costos de manejo del fondo (en porcentaje del valor total del mismo) son iguales a 0.05% (el costo presentado por el mismo SWF

⁵ El primer año predicho por el modelo es 2024, por lo que el último año con datos es 2023. Sin embargo, por falta de información oficial, los ingresos del SPNF por hidrocarburos de 2022 son tomados como proxy de los ingresos de 2023.

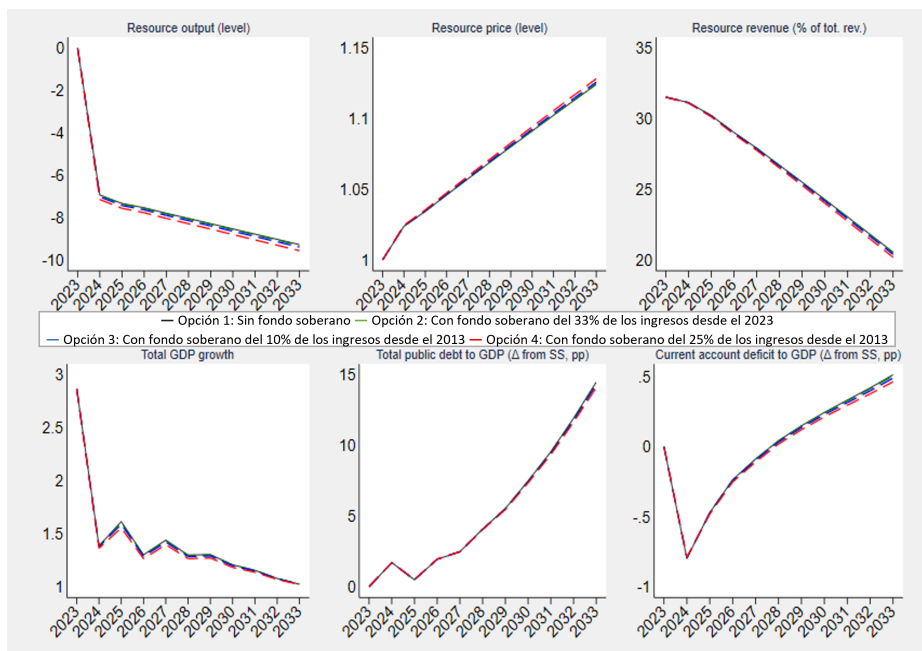
⁶ Llamado Fondo de Pensiones del Gobierno Global.

Efectos macrofiscales de la creación de un Fondo Soberano con ingresos por recursos naturales en Bolivia: una aplicación del modelo de equilibrio general dinámico DIGNAR para Bolivia

de Noruega) y el valor mínimo del fondo, es decir la porción que no puede ser utilizada en la política fiscal, es igual al 50 % del valor del fondo. Bajo estos supuestos, los resultados de todas las variables de los tres modelos desde 2024 hasta 2033 se encuentran en el Anexo 1 (Figuras 11, 12 y 13).

Los resultados de estos modelos son muy similares entre sí, y parecidos también a los del modelo base sin fondo de estabilización. En los cuatro modelos (sin fondo y las tres versiones del modelo con fondo) se observa que, pese a una tendencia creciente de los precios de recursos naturales, la producción e ingresos disminuyen. Además, se observa crecimiento de la deuda pública y del déficit en cuenta corriente como porcentaje del PIB. Sin embargo, para explicitar la diferencia entre los cuatro modelos resulta conveniente graficar las series temporales juntas (Figura 8).

Figura 8: Comparación de variables seleccionadas en modelos con y sin fondo soberano (modelo base, Modelo A, Modelo B y Modelo C)



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En todos los modelos se asume que todos los parámetros relacionados a instrumentos fiscales (inversión pública, gasto público, transferencias, tasas impositivas), balanza de pagos (remesas y exportaciones) y financiamiento en mercados internacionales (deuda concesional, préstamos sin intereses y riesgo soberano) se mantienen constantes a lo largo del periodo de simulación.

La Figura 8 revela diferencias sutiles pero importantes. Primero, la producción y el precio del gas natural tienen trayectorias distintas en función del valor adoptado del fondo simulado, pero al tratarse de variables exógenas al modelo, no pueden ser interpretados como cambios causados por el fondo. Los ingresos por hidrocarburos responden a la trayectoria de la producción, por lo que disminuyen en mayor medida cuando el fondo soberano es más grande. El crecimiento del PIB es similar en 2033 bajo los cuatro escenarios.

La deuda pública en porcentaje del PIB y el déficit fiscal sí cambian por un efecto directo de la introducción del fondo soberano. Si bien mantienen una clara tendencia positiva, ambas variables presentan valores más altos en modelo sin fondo que con fondo. Además, mientras más grande es el fondo simulado en el escenario, más notoria es la diferencia⁷. Al actuar como un “colchón” fiscal para cubrir necesidades de gasto del gobierno general cuando disminuyen los ingresos, el fondo se comporta como un puente entre los ingresos y los gastos fiscales y se reduce el déficit primario en el mediano plazo. Ante esta disminución del déficit, no es necesario recurrir a la misma cantidad de financiamiento interno y externo, por lo que disminuye la deuda en porcentaje del PIB. Siguiendo esta misma lógica, como la deuda es paulatinamente menor, el servicio de la deuda también disminuye y reduce el estrés fiscal que lleva a mayor déficit, creándose un círculo virtuoso.

5.2. Comparaciones del modelo en un escenario pesimista vs optimista

Como las predicciones elaboradas por estos dos modelos (con y sin fondo soberano) tienen un horizonte temporal de 10 años, es imposible escapar la incertidumbre acerca de lo que podría pasar durante este periodo. Tanto factores internos como externos pueden cambiar drásticamente, por lo que es útil pensar en posibles escenarios para la economía boliviana. A continuación, se presentan los resultados de dos posibles escenarios adicionales al visto previamente (que desde ahora llamaremos el realista): uno pesimista y uno optimista. Para simularlos se cambian los supuestos sobre dos variables fundamentales: la producción y los precios de los recursos naturales⁸. El escenario pesimista supone que tanto la producción como los precios del gas natural disminuyen en 2 % cada año, mientras que el optimista asume que ambas aumentarán en 2 % de forma anual durante todo el periodo de predicción.

La Figura 9 presenta una comparación entre el modelo base y los modelos A, B y C en el escenario optimista. A diferencia del modelo realista, con estos

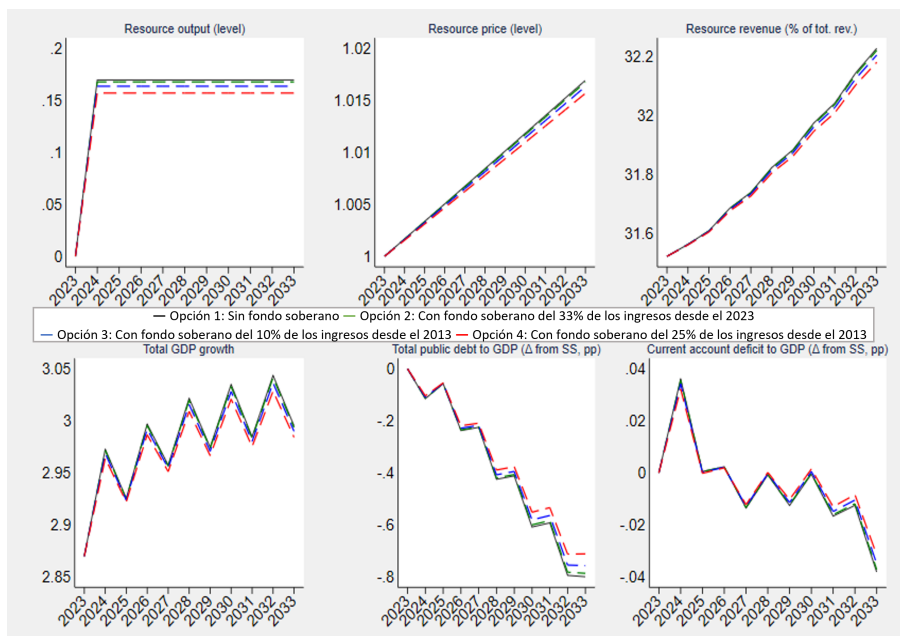
⁷ Realizando el mismo ejercicio pero simulando fondos más grandes (en porcentaje del PIB), la diferencia en la deuda y déficit fiscal con respecto del escenario sin fondo es aún mayor.

⁸ La producción se refiere a los cambios anuales en la producción total nacional de Gas Natural en millones de metros cúbicos (con información obtenida del INE), mientras que su precio es aproximado mediante el precio internacional del petróleo WTI (con información de St. Louis FRED).

Efectos macrofiscales de la creación de un Fondo Soberano con ingresos por recursos naturales en Bolivia: una aplicación del modelo de equilibrio general dinámico DIGNAR para Bolivia

supuestos más optimistas el crecimiento muestra una tendencia creciente (aunque oscilante) durante los siguientes 10 años, mientras que el déficit fiscal primario y la deuda total tienden a disminuir. No hay una diferencia clara entre modelos en el caso del déficit, mientras que se observa que la deuda y el déficit (ambos en porcentaje del PIB) disminuyen más rápido en el modelo sin fondo. Esto podría darse porque la producción de gas natural es más alta en el escenario sin fondo, aumentando también el producto total, haciendo que la deuda en términos relativos sea menor.

Figura 9: Comparación de variables seleccionadas en el escenario optimista - modelos con y sin fondo soberano (modelo base, Modelo A, Modelo B y Modelo C)



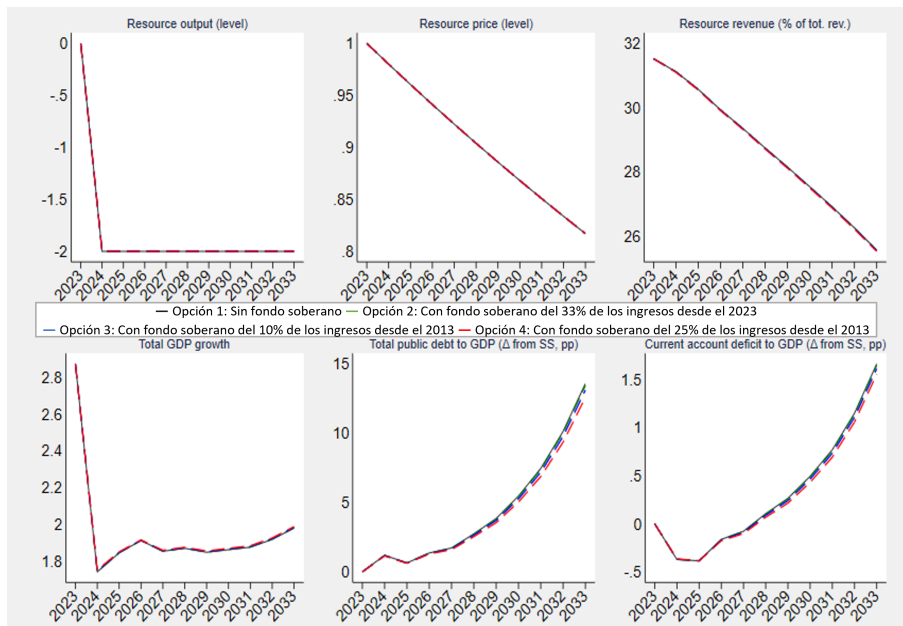
Fuente: Elaboración propia.

Nota: En todos los modelos se supone que todos los parámetros relacionados a instrumentos fiscales (inversión pública, gasto público, transferencias, tasas impositivas), balanza de pagos (remesas y exportaciones) y financiamiento en mercados internacionales (deuda concesional, préstamos sin intereses y riesgo soberano) se mantienen constantes a lo largo del periodo de simulación.

Por otra parte, la Figura 10 muestra los resultados de la comparación entre modelos (base, A, B y C) en un escenario pesimista. Después de una caída precipitada en el primer periodo, el crecimiento del PIB muestra una ligera recuperación hasta 2033. Al igual que en el modelo realista, tanto la deuda total como el déficit primario (ambos en porcentaje del PIB) aumentan me-

nos a medida que el fondo soberano sea más grande.

Figura 10: Comparación de variables seleccionadas en el escenario pesimista - modelos con y sin fondo soberano (modelo base, Modelo A, Modelo B y Modelo C)



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En todos los modelos se supone que todos los parámetros relacionados a instrumentos fiscales (inversión pública, gasto público, transferencias, tasas impositivas), balanza de pagos (remesas y exportaciones) y financiamiento en mercados internacionales (deuda concesional, préstamos sin intereses y riesgo soberano) se mantienen constantes a lo largo del periodo de simulación.

Este aumento más controlado no es explicado meramente por cambios en el PIB, como en el escenario optimista, ya que la producción de gas natural y crecimiento de la economía son iguales para todos los modelos. Es decir, se capta el efecto de mediano plazo que tiene un fondo soberano al actuar como un “colchón” financiero para el gobierno general que le permite mitigar parcialmente los efectos de que los ingresos sean menores que los gastos. Es decir, en un escenario pesimista, el crecimiento no se ve afectado por la inclusión de un fondo de estabilización pero las finanzas públicas sí se ven mejoradas marginalmente.

6. Conclusiones y recomendaciones

La histórica dependencia de Bolivia a la extracción y venta de recursos naturales ha sido una característica permanente de su economía. Desde su independencia, con la explotación de plata en Potosí, pasando por el auge del estaño en el siglo XX, hasta la más reciente explotación de hidrocarburos, la economía boliviana ha estado profundamente influenciada por sus recursos naturales. Esta dependencia ha permitido períodos de crecimiento económico significativo, pero también ha creado vulnerabilidades considerables debido a la volatilidad de los precios de los recursos naturales en el mercado global. La baja diversificación económica, que se mantiene hasta la actualidad, ha contribuido a que la economía boliviana sea altamente sensible a las fluctuaciones de los precios de los *commodities*, exacerbando los desafíos macroeconómicos y fiscales durante los períodos de crisis y bajos precios.

Durante las últimas dos décadas Bolivia experimentó una bonanza económica sin precedentes, impulsada sobre todo por los altos precios de los hidrocarburos y otros recursos naturales. Este auge económico resultó en una significativa reducción de la pobreza, un notable crecimiento del PIB y una expansión del gasto público en infraestructura y servicios sociales. Sin embargo, esta bonanza también creó una dependencia excesiva de los ingresos por exportación de recursos naturales, dejando a la economía vulnerable a las fluctuaciones de los precios internacionales.

Argumentamos que la creación de un fondo soberano de estabilización podría haber ofrecido una solución viable para mitigar estos desafíos. Un fondo estatal que administre los ingresos extraordinarios provenientes de recursos naturales, invirtiéndolos en activos financieros para generar retornos a largo plazo, permitiría acumular reservas durante los períodos de altos precios de los recursos naturales, proporcionando un colchón financiero que podría ser utilizado para estabilizar la economía durante los períodos de bajos precios.

Un fondo soberano de estabilización facilitaría la implementación de políticas económicas contracíclicas, esenciales para suavizar los ciclos económicos, reducir la volatilidad fiscal y fortalecer la resiliencia económica del país, proporcionando una base más sólida para el desarrollo sostenible. La literatura sobre el tema en el ámbito internacional es amplia, pero no existen documentos sobre las repercusiones de un posible fondo para Bolivia sobre sus variables macroeconómicas y fiscales. Es este vacío en la literatura que el presente documento intenta llenar.

Los resultados del modelo DGE empleado muestran que, tanto en un escenario realista (con supuestos que capturan la situación boliviana actual) como en uno pesimista (en el que la producción y los precios del gas natural caen constantemente), el déficit fiscal primario y la deuda total del estado cre-

cen más lentamente a medida que el fondo de estabilización es más grande. Esto implica que, teniendo un reducido impacto negativo sobre el crecimiento de mediano plazo, la creación y mantención de un fondo soberano puede ayudar a tener un panorama fiscal más sólido.

Las recomendaciones de política derivadas de estos resultados son dos: primero, que se debería crear un marco legal y económico para la creación de un fondo soberano de estabilización en Bolivia para gestionar los ingresos extraordinarios provenientes de sus recursos naturales. Este fondo proporcionaría una herramienta crucial para mitigar la volatilidad de los ingresos fiscales derivados de las fluctuaciones en los precios y la producción de recursos naturales. Al acumular ahorros durante los períodos de bonanza, el fondo permitiría al gobierno estabilizar el gasto público y mantener una política fiscal contracíclica, mejorando así la solidez y estabilidad fiscal del país a largo plazo.

Segundo, además de establecer un fondo soberano, el gobierno central boliviano debería considerar la inversión de una parte de los ingresos guardados en este fondo en capital productivo. Invertir en áreas como infraestructura, educación y salud no solo promovería el crecimiento económico, sino que también fortalecería la capacidad del país para generar ingresos futuros de manera sostenible. Esta estrategia permitiría aprovechar al máximo los beneficios de los recursos naturales, diversificando la economía y mejorando la resiliencia frente a las fluctuaciones de los precios de los commodities, asegurando un desarrollo económico más equilibrado y duradero. Sin embargo, la cantidad del fondo que pueda ser destinado a eso deberá ser cuidadosamente calibrado.

Las principales limitaciones del estudio son dos: en muchos casos se utilizaron datos no actualizados para la parametrización y calibración del modelo, lo que conlleva que no se reflejan perfectamente las condiciones de la economía boliviana actual. Además, entre los supuestos utilizados para los modelos que sí tienen un fondo de estabilización, se hace el cálculo del tamaño del fondo asumiendo que éste hubiese sido creado hace 10 años. Esto hubiese tenido un impacto sobre el resto de las variables macroeconómicas, y, ante la falta de un contrafactual válido, este efecto no es capturado dentro del modelo.

Referencias

- Adam, M. C., y Bevan, M. D. (2014). *Public investment, public finance, and growth: The impact of distortionary taxation, recurrent costs, and incomplete appropriability*. International Monetary Fund.
- Agencia Boliviana de Información. (2023). *Bolivia cuantifica 23 millones de toneladas de litio y se consolida como el mayor reservorio del mundo*. Descargado de <https://abi.bo/index.php/noticias/economia/39620-bolivia-cuantifica-23-millones-de-toneladas-de-litio-y-se-consolida-como-el-mayor-reservorio-del-mundo> (Accessed: 2024-07-17)
- Al-Sadiq, A., Al-Sadiq, M. A. J., y Gutiérrez, D. A. (2023). *Do sovereign wealth funds reduce fiscal policy pro-cyclicality? new evidence using a non-parametric approach*. International Monetary Fund.
- Banco Mundial. (2023). *Databank*. Descargado de <https://datos.bancomundial.org/indicador/> (Consultado el 20 de mayo de 2024)
- BCB. (2022). *Informe de política monetaria* (Inf. Téc.). Banco Central de Bolivia. Descargado de <https://www.bcb.gob.bo/webdocs/2011/05-mayo/mensual/59.pdf>
- BCB. (2023a, marzo). *Informe de la deuda pública externa*.
- BCB. (2023b, nov). *Informe semestral de deuda externa*. Descargado de https://www.bcb.gob.bo/webdocs/informes_deudaexterna/Informe%20semestral%20de%20deuda%20externa%203-11-2021.pdf
- BCB. (2023c, marzo). *Reporte de deuda externa privada*.
- Berg, A., Buffie, E. F., Pattillo, C., Portillo, R., Presbitero, A. F., y Zanna, L.-F. (2019). Some misconceptions about public investment efficiency and growth. *Economica*, 86(342), 409–430.
- Berg, M. A., Portillo, R., Buffie, M. E. F., Pattillo, M. C. A., y Zanna, L.-F. (2012). *Public investment, growth, and debt sustainability: Putting together the pieces*. International Monetary Fund.
- Cerezo, S. (2010). Un modelo de equilibrio general dinámico estocástico para el análisis de la política monetaria en Bolivia. *Revista de Análisis del Banco Central de Bolivia*, 13, 49.
- Christiano, L. J., Eichenbaum, M., y Evans, C. L. (2005). Nominal rigidities and the dynamic effects of a shock to monetary policy. *Journal of political Economy*, 113(1), 1–45.
- Dept., I. M. F. R. (2012). *World economic outlook, april 2012: Growth resuming, dangers remain*. International Monetary Fund.

- Fernández, B., Gantier, M., y Palmero, M. (2018). *Rent-seeking en un entorno de alta dependencia de recursos naturales: El caso de Bolivia* (Inf. Téc.). Development Research Working Paper Series.
- Gonzalez, A., Jafarov, M. E., Guzman, D. R., y Walker, C. (2022). *Fix vs. float: Evaluating the transition to a sustainable equilibrium in Bolivia*. International Monetary Fund.
- Ilzetzki, E., y Végh, C. A. (2008). *Procyclical fiscal policy in developing countries: Truth or fiction?* (Inf. Téc.). National Bureau of Economic Research.
- Klein, H. S., y Peres-Cajías, J. A. (2014). Bolivian oil and natural gas under state and private control, 1910-2010. *Bolivian Studies Journal*, 141-164.
- Krugman, P. (1987). The narrow moving band, the dutch disease, and the competitive consequences of Mrs. Thatcher: Notes on trade in the presence of dynamic scale economies. *Journal of Development Economics*, 27(1-2), 41-55.
- Liang, B., Lian, Y., y Ji, X. (2016). Resource boom, industrial structure and economic growth in a DSGE model. En *2016 5th International Conference on Social Science, Education and Humanities Research (SSEHR 2016)* (pp. 134-141).
- Ma, Z.-M., y Wang, J.-L. (2006). Dynamics of a predator-prey system with limited resources. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 319(1), 1-20. doi: 10.1016/j.jmaa.2006.01.014
- Matsuyama, K. (1992). Agricultural productivity, comparative advantage, and economic growth. *Journal of Economic Theory*, 58(2), 317-334.
- Medinaceli, M. (2024). *¿qué podemos esperar del litio? regalías, impuestos, inversión, exportaciones y crecimiento del PIB*. Descargado de https://www.mmedinaceli.com/wp-content/uploads/2024/06/Litio-1_OXFAM.pdf (Accessed: 2024-07-17)
- Melina, G., Yang, S.-C. S., y Zanna, L.-F. (2016). Debt sustainability, public investment, and natural resources in developing countries: The DIGNAR model. *Economic Modelling*, 52, 630-649.
- Peres-Cajías, J. (2018). La economía boliviana desde el muy largo plazo. ¿podemos repensar el rol de los recursos naturales? *Los desafíos del desarrollo productivo en el siglo XXI*, 247.
- Rioja, F. K. (2003). Filling potholes: macroeconomic effects of maintenance versus new investments in public infrastructure. *Journal of Public Economics*, 87(9-10), 2281-2304.
- Steigum, E. (2012). Sovereign wealth funds for macroeconomic purposes.

Efectos macrofiscales de la creación de un Fondo Soberano con ingresos por recursos naturales en Bolivia: una aplicación del modelo de equilibrio general dinámico DIGNAR para Bolivia

Torvik, R. (2001). Learning by doing and the dutch disease. *European economic review*, 45(2), 285–306.

Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas (UDAPE). (2023). *Uda-pe*. La Paz, Bolivia: Ministerio de Planificación del Desarrollo.

Van der Ploeg, R., y Venables, A. J. (2008). Harnessing windfall revenues in developing economies: Sovereign wealth funds and optimal tradeoffs between citizen dividends, public infrastructure and debt reduction.

Zeufack, A., Kopoin, A., Nganou, J.-P. N., Tchana, F. T., y Kemoe, L. (2016). Optimal allocation of natural resource surpluses in a dynamic macroeconomic framework: a dsge analysis with evidence from uganda. *World Bank Policy Research Working Paper*(7910).

Anexos

A. Anexo 1: Operaciones consolidadas del sector público no financiero

Cuadro 3: Operaciones consolidadas del sector público no financiero
(En millones de bolivianos)

DETALLE	2018	2019	2020	2021	2022
INGRESOS TOTALES	107.691,5	107.056,3	85.491,6	99.728,6	117.727,5
INGRESOS CORRIENTES	107.056,5	106.769,0	85.375,2	99.598,3	117.588,9
INGRESOS TRIBUTARIOS	48.673,3	47.825,3	36.564,9	42.927,2	49.455,1
OTROS IMPUESTOS	3.259,0	2.585,3	2.551,0	2.509,9	2.277,5
HIDROCARBUROS	34.258,0	34.509,3	29.846,4	32.055,4	39.038,1
Mercado Interno	20.780,3	20.768,3	17.812,3	19.498,7	20.006,5
Mercado Externo	13.477,7	13.741,0	12.034,1	12.556,7	19.031,7
OTRAS EMPRESAS	8.475,8	8.385,1	5.337,8	10.158,9	11.843,6
Mercado Interno	6.640,5	6.170,2	3.873,5	6.420,6	7.608,5
Mercado Externo	1.835,2	2.214,9	1.464,3	3.738,4	4.235,1
OTROS INGRESOS CORRIENTES	12.390,4	13.464,0	11.075,1	11.946,8	14.974,5
INGRESOS DE CAPITAL	635,0	287,3	116,4	130,3	138,6
EGRESOS TOTALES	130.361,7	127.461,1	117.567,5	125.674,3	139.301,6
EGRESOS CORRIENTES	93.933,4	95.742,2	100.779,9	104.718,1	118.344,3
SERVICIOS PERSONALES	37.119,2	37.178,0	38.499,0	39.479,0	41.128,2
BIENES Y SERVICIOS	38.154,2	39.030,1	34.026,4	44.037,4	56.122,1
INTERESES DEUDA EXTERNA	2.194,9	2.542,1	2.439,0	2.204,6	2.724,1
INTERESES DEUDA INTERNA	353,5	102,7	326,0	1.156,2	1.868,5
OTROS EGRESOS CORRIENTES	16.111,5	16.889,3	25.489,6	17.840,8	16.501,4
EGRESOS DE CAPITAL	36.428,3	31.718,9	16.787,6	20.956,2	20.957,3
SUP (DÉF) CORRIENTE	13.123,2	11.026,8	-15.404,7	-5.119,7	-755,4
SUP (DÉF) GLOBAL	-22.670,2	-20.404,8	-32.075,9	-25.945,7	-21.574,1
FINANCIAMIENTO	22.670,2	20.404,8	32.075,9	25.945,7	21.574,1
CRÉDITO EXTERNO NETO	5.221,6	7.547,1	5.150,1	5.606,7	4.433,5
CRÉDITO INTERNO NETO	17.448,6	12.857,7	24.699,6	22.732,4	17.140,6
BANCO CENTRAL	12.001,3	9.639,6	23.952,9	11.047,5	7.481,8
OTROS	5.447,3	3.218,1	746,7	11.684,9	9.658,8
OTRO TIPO DE FINANCIAMIENTO	0,0	0,0	2.226,2	-2.393,4	0,0
SUP (DÉF) PRIMARIO	-20.121,8	-17.760,0	-29.311,0	-22.584,8	-16.981,4

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Dossier 33 de UDAPE

B. Anexo 2: Desarrollo del modelo

B.1. Hogares

Existen dos tipos de hogares infinitos: optimizadores o ricardianos, (ω) con acceso a mercados de capitales, y no optimizadores o rule-of-thumb, ($1 - \omega$) que consumen todo su ingreso y no tienen acceso a dichos mercados. Ambos consumen una canasta c_t^i de bienes transables $c_{T,t}^i$ y no transables $c_{N,t}^i$, con la siguiente canasta de consumo tipo CES.

$$c_t^i = \left[\varphi^{\frac{1}{\chi}} \left(c_{N,t}^i \right)^{\frac{\chi-1}{\chi}} + (1 - \varphi)^{\frac{1}{\chi}} \left(c_{T,t}^i \right)^{\frac{\chi-1}{\chi}} \right]^{\frac{\chi}{\chi-1}}, \quad \text{para todo } i = OPT, ROT \quad (1)$$

donde φ indica la elasticidad del bien no transable y $\chi > 0$ es la elasticidad intratemporal de sustitución.

El precio de consumo es numerario⁹, y $p_{N,t}$ representa el precio relativo de los bienes no transables, por otra parte s_t representa el precio de los bienes transables, por tanto, corresponde al tipo de cambio real.

Al minimizar los gastos totales de consumo:

$$c_{N,t}^i = \varphi p_{N,t}^{-\chi} c_t^i, \quad \forall i = OPT, ROT \quad (2)$$

Y

$$c_{T,t}^i = (1 - \varphi) s_t^{-\chi} c_t^i, \quad \forall i = OPT, ROT \quad (3)$$

El precio de consumo numerario es:

$$1 = [\varphi p_N^{1-\chi} + (1 - \varphi) s_t^{1-\chi}]^{\frac{1}{1-\chi}} \quad (4)$$

Ambos tipos de hogares ofrecen mano de obra ($L_{T,t}^i$ y $L_{N,t}^i$, $i = OPT, ROT$) a los sectores de bienes transables y no transables, indicados por los subíndices T y N , respectivamente. La mano de obra total L_t^i se representa por:

$$L_t^i = \left[\delta^{-\frac{1}{\rho}} \left(L_{N,t}^i \right)^{\frac{1+\rho}{\rho}} + (1 - \delta)^{-\frac{1}{\rho}} \left(L_{T,t}^i \right)^{\frac{1+\rho}{\rho}} \right]^{\frac{\rho}{1+\rho}}, \quad \text{para todo } i = OPT, ROT \quad (5)$$

donde δ es la proporción del trabajo en estado estacionario en el sector de bienes no transables, y $\rho > 0$ es la elasticidad intratemporal de sustitución, $w_{T,t}$ y $w_{N,t}$ las tasas salariales reales en cada sector, y w_t el índice de salarios reales. Al maximizar los ingresos laborales totales para cada sector:

$$L_{N,t}^i = \delta \left(\frac{w_{N,t}}{w_t} \right)^{\rho} L_t^i, \quad \text{para todo } i = OPT, ROT \quad (6)$$

⁹Se asumirá que tiene el valor de 1

y

$$L_{T,t}^i = (1 - \delta) \left(\frac{w_{T,t}}{w_t} \right)^\rho L_t^i, \quad \text{para todo } i = OPT, ROT \quad (7)$$

El índice de salarios reales es

$$w_t = [\delta w_{N,t}^{1+\rho} + (1 - \delta) w_{T,t}^{1+\rho}]^{\frac{1}{1+\rho}} \quad (8)$$

B.1.1. Hogares de optimización intertemporal

Un hogar representativo de optimización intertemporal maximiza su utilidad

$$E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t U(c_t^{OPT}, L_t^{OPT}) = E_t \left\{ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\frac{1}{1-\sigma} (c_t^{OPT})^{1-\sigma} - \frac{\kappa^{OPT}}{1+\psi} (L_t^{OPT})^{1+\psi} \right] \right\} \quad (9)$$

Sujeto a la siguiente restricción presupuestaria

$$\begin{aligned} (1 + \tau_t^C) c_t^{OPT} + b_t^{OPT} - s_t b_t^{OPT*} &= (1 - \tau_t^L) w_t L_t^{OPT} + R_{t-1} b_{t-1}^{OPT} - R_{t-1}^* s_t b_{t-1}^{OPT*} \\ + \Omega_{T,t} + \Omega_{N,t} + \vartheta^K \tau^K (r_{T,t}^K k_{T,t-1} + r_{N,t}^K k_{N,t-1}) &+ s_t r m_t^* + z_t - \mu k_{G,t-1} - \Theta_t^{OPT*} \end{aligned} \quad (10)$$

Donde $\beta \equiv [(1 + \rho)]^{-1}$ representa el factor de descuento subjetivo, y ρ es la tasa de preferencia temporal. σ es la inversa de la elasticidad intertemporal de sustitución del consumo, mientras que ψ es la inversa de la elasticidad intertemporal de sustitución de la oferta de trabajo. κ^{OPT} indica el peso de la desutilidad del trabajo, y τ_t^C y τ_t^L son las tasas impositivas sobre el consumo y las rentas del trabajo, respectivamente. Los hogares optimizadores intertemporales tienen acceso a bonos del Estado b_t^{OPT} que generan un tipo de interés real (bruto) R_t . También pueden pedir préstamos en el extranjero, de modo que b_t^{OPT*} representa la deuda con el resto del mundo, con una tasa de interés R_t^* . Estos hogares también reciben ganancias, $\Omega_{T,t}$ y $\Omega_{N,t}$, de las empresas en los sectores de bienes transables y no transables. El término $\vartheta^K \tau^K (r_{T,t}^K k_{T,t-1} + r_{N,t}^K k_{N,t-1})$ es una desgravación fiscal que reciben los hogares optimizadores sobre el impuesto al rendimiento del capital de las empresas. $r m_t^*$ denota remesas del exterior y z_t son transferencias gubernamentales. μ son las tarifas de usuario por los servicios del capital público $k_{G,t}$, y $\Theta_t^{OPT*} \equiv \frac{\eta}{2} (b_t^{OPT*} - b^{OPT*})^2$ representa los costos de ajuste de cartera asociados a los pasivos externos, donde η controla el grado de apertura de la cuenta de capital y b^{OPT*} es el valor inicial en estado estacionario de la deuda externa privada. Cabe mencionar que una variable sin un subíndice de tiempo se refiere a su valor en estado estacionario.

Sea λ el multiplicador de Lagrange asociado a la restricción presupuestaria. Las condiciones de primer orden con respecto a c_t^{OPT} , L_t^{OPT} , b_t^{OPT} y b_t^{OPT*} son:

$$\lambda_t \left(1 + \tau_t^C\right) = \left(c_t^{OPT}\right)^{-\sigma} \quad (11)$$

$$\kappa^{OPT} \left(L_t^{OPT}\right)^\psi = \lambda_t \left(1 - \tau_t^L\right) w_t \quad (12)$$

$$\lambda_t = \beta E_t \left(\lambda_{t+1} R_t\right) \quad (13)$$

Y

$$\lambda_t = \beta E_t \left[\frac{\lambda_{t+1} s_{t+1} R_t^*}{s_t - \eta (b_t^{OPT*} - b^{OPT*})} \right] \quad (14)$$

Suponemos que el sector privado paga una prima constante u sobre la tasa de interés que el gobierno paga por la deuda comercial externa $R_{dc,t}$, tal que:

$$R_t^* = R_{dc,t} + u \quad (15)$$

B.1.2. Hogares con no optimizadores

Los hogares no optimizadores tienen la siguiente función de utilidad:

$$U \left(c_t^{ROT}, L_t^{ROT}\right) = \frac{1}{1 - \sigma} \left(c_t^{ROT}\right)^{1 - \sigma} - \frac{\kappa^{ROT}}{1 + \psi} \left(L_t^{ROT}\right)^{1 + \psi} \quad (16)$$

Bajo la siguiente restricción presupuestaria:

$$\left(1 + \tau_t^C\right) c_t^{ROT} = \left(1 - \tau_t^L\right) w_t L_t^{ROT} + s_t r m_t^* + z_t - \mu k_{G,t-1} \quad (17)$$

Como resultado del proceso de maximización se obtiene:

$$L_t^{ROT} = \left[\frac{1}{\kappa^{ROT}} \frac{1 - \tau_t^L}{1 + \tau_t^C} \left(c_t^{ROT}\right)^{-\sigma} w_t \right]^{\frac{1}{\psi}} \quad (18)$$

B.1.3. Agregación

En el caso de dos tipos de hogares, el consumo agregado, la mano de obra, los bonos del Estado de propiedad privada y los pasivos externos se calculan de la siguiente manera.

$$c_t = \omega c_t^{OPT} + (1 - \omega) c_t^{ROT} \quad (19)$$

$$L_t = \omega L_t^{OPT} + (1 - \omega) L_t^{ROT} \quad (20)$$

Y

$$b_t = \omega b_t^{OPT}; \quad b_t^* = \omega b_t^{OPT*} \quad (21)$$

B.2. Firmas

La economía consta de tres sectores: (i) un sector de bienes no transables representado por N ; (ii) un sector de bienes transables (excluyendo recursos) representado por T ; y (iii) un sector de hidrocarburos representado por H . Se asume, que todos los recursos son exportados.

B.2.1. Sector de bienes no transables

Las empresas que producen bienes no transables generan una producción $y_{N,t}$ utilizando la siguiente tecnología tipo Cobb-Douglas:

$$y_{N,t} = z_N (k_{N,t-1})^{1-\alpha_N} (L_{N,t})^{\alpha_N} (k_{G,t-1})^{\alpha_G} \quad (22)$$

donde z_N representa la productividad total de los factores, $k_{N,t}$ denota el capital privado al final del período, $k_{G,t}$ es el capital público al final del período, α_N indica la participación del trabajo en la producción de bienes no transables, y α_G es la elasticidad del producto con respecto al capital público.

La evolución del capital instalado en el sector de bienes no transables ocurre de la siguiente manera:

$$k_{N,t} = (1 - \delta_N) k_{N,t-1} + \left[1 - \frac{\kappa_N}{2} \left(\frac{i_{N,t}}{i_{N,t-1}} - 1 \right)^2 \right] i_{N,t} \quad (23)$$

donde siguiendo a Christiano y cols. (2005) $i_{N,t}$ representa el gasto de inversión, δ_N es la tasa de depreciación del capital y κ_N es el parámetro del costo de ajuste de la inversión.

La empresa representativa de bienes no negociados maximiza sus beneficios descontados a lo largo de su vida ponderados por la utilidad marginal del consumo de los hogares optimizadores intertemporales λ_t . Estos beneficios están representados en la siguiente ecuación:

$$\Omega_{T,0} = E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \lambda_t \left[p_{N,t} y_{N,t} - w_{N,t} L_{N,t} - i_{N,t} - \tau^K r_{N,t}^K k_{N,t-1} \right] \quad (24)$$

donde $r_{N,t}^K = (1 - \alpha_N) p_{N,t} \frac{y_{N,t}}{k_{N,t-1}}$ es el rendimiento (bruto) del capital. Sea $\lambda_t q_{N,t}$ el multiplicador de Lagrange asociado a la ley de movimiento del capital, donde $q_{N,t}$ es el sector q de Tobin. Entonces, las condiciones de primer orden con respecto a $L_{N,t}$, $k_{N,t}$ e $i_{N,t}$ vienen dadas por

$$w_{N,t} = \alpha_N p_{N,t} \frac{y_{N,t}}{L_{N,t}} \quad (25)$$

$$q_{N,t} = E_t \left[\beta \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \left((1 - \delta_N) q_{N,t+1} + (1 - \tau^K) (1 - \alpha_N) p_{N,t+1} \frac{y_{N,t+1}}{k_{N,t}} \right) \right] \quad (26)$$

Y

$$\begin{aligned} \frac{1}{q_{N,t}} = & \left[1 - \frac{\kappa_N}{2} \left(\frac{i_{N,t}}{i_{N,t-1}} - 1 \right)^2 - \kappa_N \left(\frac{i_{N,t}}{i_{N,t-1}} - 1 \right) \frac{i_{N,t}}{i_{N,t-1}} \right] \\ & + E_t \left[\beta \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \kappa_N \frac{q_{N,t+1}}{q_{N,t}} \left(\frac{i_{N,t+1}}{i_{N,t}} - 1 \right) \left(\frac{i_{N,t+1}}{i_{N,t}} \right)^2 \right] \end{aligned} \quad (27)$$

B.2.2. Sector de bienes transables

De manera análoga al sector de bienes no transables, las empresas del sector de bienes transables producen productos con la siguiente tecnología.

$$y_{T,t} = z_{T,t} (k_{T,t-1})^{1-\alpha_N} (L_{T,t})^{\alpha_N} (k_{G,t-1})^{\alpha_G} \quad (28)$$

Para capturar los efectos comunes de la enfermedad holandesa asociados con el gasto de los ingresos por recursos, asumimos que la productividad total de los factores en este sector, $z_{T,t}$, está sujeta a externalidades de *Learning-by-doing*.

$$\frac{z_{T,t}}{z_T} = \left(\frac{z_{T,t-1}}{z_T} \right)^{\rho_{zT}} + \left(\frac{y_{T,t-1}}{y_T} \right)^{\rho_{yT}} \quad (29)$$

Siguiendo a Krugman (1987), Matsuyama (1992), Torvik (2001) y Adam y Bevan (2014) donde $\rho_{zT}, \rho_{yT} \in [0, 1]$ controlan la gravedad de la enfermedad holandesa. Esta especificación implica que no hay efectos permanentes del aprendizaje práctico sobre la producción o la productividad. Sin embargo, las desviaciones de la producción del sector comercializado con respecto a la tendencia implican efectos persistentes en la productividad.

El capital privado en los sectores negociados se acumula de acuerdo con:

$$k_{T,t} = (1 - \delta_T) k_{T,t-1} + \left[1 - \frac{\kappa_T}{2} \left(\frac{i_{T,t}}{i_{T,t-1}} - 1 \right)^2 \right] i_{T,t} \quad (30)$$

Al igual que las empresas de bienes no negociados, una empresa de bienes negociados representativa maximiza las siguientes ganancias descontadas de por vida:

$$\Omega_{T,0} = E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \lambda_t \left[y_{T,t} - w_{T,t} L_{T,t} - i_{T,t} - \tau^K r_{T,t}^K k_{T,t-1} \right] \quad (31)$$

Las condiciones de primer orden con respecto a $L_{T,t}$, $k_{T,t}$ e $i_{T,t}$ vienen dadas por

$$w_{T,t} = \alpha s_t \frac{y_{T,t}}{L_{T,t}} \quad (32)$$

$$q_{T,t} = E_t \left[\beta \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \left((1 - \delta_T) q_{T,t+1} + (1 - \tau^K) (1 - \alpha_T) s_{t+1} \frac{y_{T,t+1}}{k_{T,t}} \right) \right] \quad (33)$$

Y

$$\begin{aligned} \frac{1}{q_{T,t}} = & \left[1 - \frac{\kappa_T}{2} \left(\frac{i_{T,t}}{i_{T,t-1}} - 1 \right)^2 - \kappa_T \left(\frac{i_{T,t}}{i_{T,t-1}} - 1 \right) \frac{i_{T,t}}{i_{T,t-1}} \right] \\ & + E_t \left[\beta \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \kappa_T \frac{q_{T,t+1}}{q_{T,t}} \left(\frac{i_{T,t+1}}{i_{T,t}} - 1 \right) \left(\frac{i_{T,t+1}}{i_{T,t}} \right)^2 \right] \end{aligned} \quad (34)$$

B.2.3. Sector de Hidrocarburos

Seguindo a Melina y cols. (2016) la producción de hidrocarburo sigue el siguiente proceso exógeno.

$$\frac{\tilde{y}_{H,t}}{\tilde{y}_H} = \left(\frac{\tilde{y}_{H,t-1}}{\tilde{y}_H} \right)^{\rho_{yH}} e^{(\varepsilon_t^{y^o})} \quad (35)$$

donde $\rho_{yH} \in (0, 1)$ es un coeficiente autorregresivo y $\varepsilon_t^{y^H} \sim \text{iid}\mathcal{N}(0, \sigma_{y^H}^2)$ es el shock de producción de recursos. Asumimos que la producción de recursos es pequeña en relación con la producción mundial; Por lo tanto, el precio internacional de los productos básicos (en relación con la canasta de consumo externo), $p_{H,t}$, esta dado y evoluciona a medida que

$$\frac{p_{H,t}^*}{p_H^*} = \left(\frac{p_{H,t-1}^*}{p_H^*} \right)^{\rho_{pH}} \exp\left(\varepsilon_t^{pH}\right) \quad (36)$$

donde $\rho_{pH} \in (0, 1)$ es un coeficiente autorregresivo y $\varepsilon_t^{pH} \sim \text{iid}\mathcal{N}(0, \sigma_{pH}^2)$ es el choque del precio del recurso. El PIB de los recursos en unidades de la canasta de consumo interno corresponde a

$$y_{H,t} = s_t p_{H,t}^* \tilde{y}_{H,t} \quad (37)$$

y, por lo tanto, el PIB real total y_t en esta economía puede definirse como

$$y_t = p_{N,t} y_{N,t} + s_t y_{T,t} + y_{H,t} \quad (38)$$

B.3. Gobierno

La restricción presupuestaria del gobierno viene dada por

$$\begin{aligned} & \tau_t^C c_t + \tau_t^L w_t L_t + (1 - \vartheta^K) \tau^K \left(r_{T,t}^K k_{T,t-1} + r_{N,t}^K k_{N,t-1} \right) + s_t gr_t^* \\ & \quad + \mu k_{G,t-1} + t_{H,t} + b_t + s_t d_t + s_t d_{c,t} + s_t R^{RF} f_{t-1}^* \\ & = p_t^G \left(g_t^C + g_t^I \right) + z_t + R_{t-1} b_{t-1} + s_t R_d d_{t-1} + s_t R_{dc,t-1} d_{c,t-1} + s_t f_t^* \end{aligned} \quad (39)$$

donde, además de los ingresos fiscales procedentes del consumo, las rentas del trabajo y las rentas del capital ($\tau_t^C c_t, \tau_t^L w_t L_t, y \sum_{j=T,N} (1 - \vartheta^K) \tau^K r_{j,t}^K k_{j,t-1}$) el gobierno también recibe subvenciones internacionales, gr_t^* , derechos de usuario, $\mu k_{G,t-1}$, y regalías relacionadas con los recursos, $t_{H,t}$. Seguindo a M. A. Berg y cols. (2012) La tarifa de usuario que se cobra sobre el capital público se calcula como una fracción f de los costos recurrentes: $\mu \equiv f p_t^G \delta_G$. Por otra parte, los ingresos procedentes de los recursos recaudados en cada período corresponden a:

$$t_t^H = \tau^H s_t p_{H,t}^* \tilde{y}_{H,t} \quad (40)$$

donde τ^H es una tasa de regalías constante que puede variar en el tiempo, si es necesario. El gobierno tiene tres instrumentos de deuda: la deuda externa concesionaria, d_t , la deuda comercial externa, $d_{c,t}$, y la deuda interna, b_t . Los

préstamos en condiciones favorables concedidos por los acreedores oficiales se consideran exógenos en el modelo y cobran un tipo de interés real constante (bruto) R_d . Por otra parte, las tasas de interés reales brutas pagadas por la deuda comercial externa incorporan una prima de riesgo que depende de las desviaciones de la relación entre la deuda pública externa total y el PIB con respecto a su estado estacionario inicial. Es decir

$$R_{dc,t-1} = R^f + v_{dc} \exp \left[\eta_{dc} \left(\frac{d_t + d_{c,t}}{y_t} - \frac{d + d_c}{y} \right) \right] \quad (41)$$

donde R^f es un tipo de interés mundial (constante) libre de riesgo, y_t es el PIB total y v_{dc} y η_{dc} son parámetros estructurales. A continuación, se describen las variables de gasto y el fondo de recursos que también aparecen en la restricción presupuestaria (39).

B.3.1. Compras del gobierno

Las compras públicas comprenden el consumo público (g_t^C) y la inversión pública (g_t^I). Al igual que el consumo privado, el gasto público, $g_t \equiv g_t^C + g_t^I$, es también un agregado CES de bienes transables internamente, $g_{T,t}$ y bienes nacionales no transables, $g_{N,t}$. Así

$$g_t = \left[\nu_t^{\frac{1}{\chi}} (g_{N,t})^{\frac{x-1}{x}} + (1 - \nu_t)^{\frac{1}{\chi}} (g_{T,t})^{\frac{x-1}{x}} \right]^{\frac{\chi}{\chi-1}} \quad (42)$$

donde ν_t es el peso que se da a los bienes no transables en las compras del gobierno. Suponemos que las compras públicas tienen la misma elasticidad intratemporal de sustitución $\chi > 0$ que la del consumo privado. Minimizando el gasto público total $p_t^G g_t = p_{N,t} g_{N,t} + s_t g_{T,t}$, sujeto a la canasta de consumo del gobierno (42), se obtienen las siguientes funciones de demanda pública para cada bien:

$$g_{N,t} = \nu_t \left(\frac{p_{N,t}}{p_t^G} \right)^{-\chi} g_t, \quad \forall j = N, T \quad (43)$$

Y

$$g_{T,t} = (1 - \nu_t) \left(\frac{s_t}{p_t^G} \right)^{-\chi} g_t, \quad \forall j = N, T \quad (44)$$

donde p_t^G es el índice de precios de consumo del gobierno en términos de unidades de la canasta de consumo, definido como

$$p_t^G = [\nu_t p_N^{1-\chi} + (1 - \nu_t) s_t^{1-\chi}]^{\frac{1}{1-\chi}} \quad (45)$$

Tenga en cuenta que ν_t varía en el tiempo. A medida que nos centramos en los efectos del gasto público adicional en forma de inversión pública, el peso que se da a los bienes no transables para el gasto público adicional, ν_g , puede diferir de su valor en estado estacionario, ν , es decir,

$$\nu_t = \frac{(p_t^G g) \nu + (p_t^G g_t - p_t^G g) \nu_g}{p_t^G g_t} \quad (46)$$

B.3.2. Eficiencia de la inversión pública, limitaciones de la capacidad de absorción y depreciación del capital público

La inversión pública se caracteriza por su ineficiencia y limitaciones de capacidad de absorción. Melina y cols. (2016) sostiene que a menudo la alta productividad de la infraestructura puede coexistir con muy bajos rendimientos de la inversión pública en los países en desarrollo, debido a las ineficiencias en la inversión. Como resultado, el gasto en inversión pública no necesariamente aumenta el stock de capital productivo y, por lo tanto, el crecimiento. Del mismo modo, las limitaciones de la capacidad de absorción relacionadas con la capacidad técnica y el despilfarro y la fuga de recursos en el proceso de inversión, que afectan a la selección, gestión e implementación de proyectos, pueden tener efectos negativos duraderos sobre el crecimiento.

Para reflejar estas ineficiencias y limitaciones, asumimos que la inversión efectiva \tilde{g}_t^I ($\tilde{\gamma}_t^{GI}$) es una función de la tasa de crecimiento de la inversión pública ($\bar{\gamma}_t^{GI}$) en relación con su valor en estado estacionario, y $\tilde{\gamma}_t^{GI} \equiv \frac{g_t^I}{\bar{g}^I} - 1$. Específicamente.

$$\tilde{g}_t^I = \left\{ \begin{array}{ll} \bar{\epsilon} \bar{g}_t^I, & \text{si } \tilde{\gamma}_t^{GI} \leq \gamma^{GI} \\ \bar{\epsilon}(1 + \bar{\gamma}_t^{GI})\bar{g}^I + \epsilon(\tilde{\gamma}_t^{GI})[1 + \bar{\gamma}_t^{GI} - \bar{\gamma}_t^{GI}]\bar{g}^I, & \text{si } \tilde{\gamma}_t^{GI} > \gamma^{GI} \end{array} \right\} \quad (47)$$

Dónde $\bar{\epsilon} \in [0, 1]$ representa la eficiencia en estado estacionario y $\epsilon(\tilde{\gamma}_t^{GI}) \in (0, 1]$ gobierna la eficiencia de la parte de la inversión pública que supere un umbral $\bar{\gamma}_t^{GI}$, en desviación porcentual del estado estacionario inicial. Suponemos que $\epsilon(\tilde{\gamma}_t^{GI})$ toma la siguiente especificación:

$$\epsilon(\tilde{\gamma}_t^{GI}) = \exp \left[-\zeta \epsilon (\tilde{\gamma}_t^{GI} - \bar{\gamma}_t^{GI}) \right] \bar{\epsilon} \quad (48)$$

En otras palabras, si la tasa de crecimiento del gasto de inversión pública desde el estado estacionario inicial supera $\bar{\gamma}_t^{GI}$, entonces la eficiencia de la inversión adicional disminuye, lo que refleja la presencia de limitaciones de capacidad de absorción. La gravedad de estas restricciones se rige por el parámetro $\zeta \in [0, \infty)$.

La ley de movimiento del capital público se describe como

$$k_{G,t} = (1 - \delta_{G,t}) k_{G,t-1} + \tilde{g}_t^I \quad (49)$$

donde siguiendo a Rioja (2003) $\delta_{G,t}$ es una tasa de depreciación del capital público variable en el tiempo. Dado que un mantenimiento insuficiente puede acortar la vida útil del capital existente, suponemos que la tasa de depreciación aumenta proporcionalmente a la medida en que la inversión efectiva no logra mantener el capital existente.

Por lo tanto

$$\delta_{G,t} = \left\{ \begin{array}{ll} \phi \delta_G \frac{\delta_G k_{G,t-1}}{\bar{g}_t^I}, & \text{si } \tilde{g}_t^I < \delta_G k_{G,t-1} \\ \rho_\delta \delta_{G,t-1} + (1 - \rho_\delta) \delta_G, & \text{if } \tilde{g}_t^I \geq \delta_G k_{G,t-1} \end{array} \right\} \quad (50)$$

donde $\delta_{G,t}$ es la tasa de depreciación en estado estacionario, $\theta \geq 0$ determina el grado en que el mantenimiento deficiente produce depreciación adicional, y $\rho_\delta \in [0, 1)$ controla su persistencia.

B.3.3. Los fondos de recursos

Introducimos un fondo de recursos en el modelo siguiendo la línea de (A. Berg y cols., 2019). Una ganancia inesperada de recursos se define como ingresos por recursos que están por encima de su nivel inicial de estado estacionario, es decir, $t_t^O - t^O$. Sea f_t^* el valor de los activos financieros extranjeros en un fondo de recursos. En cada período, el fondo de recursos obtiene ingresos por intereses $s_t(R^{rf} - 1)f_{t-1}^*$, con una tasa de interés real bruta constante R^{rf} . El fondo de recursos evoluciona según el proceso.

$$f_t^* - f^* = \text{máx} \left\{ f_{\text{floor}} - f^*, (f_{t-1}^* - f^*) + \frac{f_{\text{in},t}}{s_t} - \frac{f_{\text{out},t}}{s_t} \right\} \quad (51)$$

donde $f_{\text{in},t}$ representa la entrada fiscal total, $f_{\text{out},t}$ representa la salida fiscal total y f_{floor} es un límite inferior para el fondo que el gobierno decide mantener. Si no se requiere un ahorro mínimo en un fondo de recursos, el límite inferior se puede establecer en cero. En cada momento, si la entrada fiscal supera la salida fiscal, el valor del fondo de recursos aumenta.

En cambio, si el fondo de recursos está por encima del f_{floor} , cualquier salida fiscal que exceda la entrada fiscal es absorbida por un retiro del fondo. Cada vez que el f_{floor} de recursos naturales se consolida, la brecha fiscal se cubre mediante préstamos y/o aumentos de impuestos (sobre el consumo y los ingresos de los factores) o recortes en los gastos gubernamentales no relacionados con el capital (consumo y transferencias del gobierno).

Más adelante se define explícitamente $f_{\text{in},t}$ y $f_{\text{out},t}$ y se presenta el detalle del mecanismo para cerrar una brecha fiscal. Uno de los propósitos del modelo es analizar los efectos de invertir un recurso inesperado. Las simulaciones presentadas en este documento se centran en dos enfoques de inversión: el enfoque de gasto por uso y el enfoque de inversión desvinculada. Estos enfoques se formulan de la siguiente manera.

- Enfoque de gasto sobre la marcha (SAYG, por sus siglas en inglés). Con el gasto sobre la marcha, el fondo de recursos se mantiene en su nivel inicial ($f_t^* = f^*, \forall t$), y toda la ganancia inesperada se gasta en proyectos de inversión pública:

$$\frac{g_t^I}{g^I} = 1 + [1 + \exp(-k_1 t) - 2 \exp(-k_2 t)] g_{nss}^I \quad (52)$$

- Un enfoque de inversión desvinculado. Con la inversión desvinculada, una trayectoria de ampliación de la inversión pública se especifica como

una función de retardo de segundo orden,

$$\frac{g_t^I}{g^I} = 1 + [1 + \exp(-k_1 t) - 2 \exp(-k_2 t)] g_{n.s.s}^I \quad (53)$$

donde $g_{n.s.s}^I$ es el objetivo de ampliación de la inversión expresado como desviación porcentual del estado estacionario inicial, $k_1 > 0$ representa la velocidad de ajuste de la inversión pública al nuevo nivel, y $k_2 \geq k_1$ representa el grado de concentración anticipada de la inversión. En particular, si $k_1 = k_2 = 0$, la inversión pública se mantiene en su nivel original de estado estacionario, es decir, $g_t^I = g^I, \forall t$. Si en lugar de $k_1 \rightarrow \infty$, la inversión pública salta inmediatamente al nuevo nivel de estado estacionario. Por último, si $k_2 = k_1$, la inversión pública aumenta gradualmente y no se concentra en la fase inicial.

B.3.4. Brecha fiscal

Siguiendo a M. A. Berg y cols. (2012) dadas las trayectorias de la inversión pública, el endeudamiento concesional y las donaciones extranjeras, la manipulación algebraica de la restricción presupuestaria del gobierno (39) nos permite reescribirlo de la siguiente manera:

$$gap_t = f_{out,t} - f_{in,t} + s_t (f_t^* - f_{t-1}^*) \quad (54)$$

Donde

$$gap_t = \Delta b_t + s_t \Delta d_{c,t} + (\tau_t^C - \tau^C) c_t + (\tau_t^L - \tau^L) w_t L_t - p_t^G (g_t^C - g^C) - (z_t - z) \quad (55)$$

$$f_{in,t} = \tau^C c_t + \tau^L w_t L_t + (1 - \vartheta^K) \tau^K (r_{T,t}^K k_{T,t-1} + r_{N,t}^K k_{N,t-1}) + t_{H,t} + \mu k_{G,t-1} + s_t a_t^* + s_t gr_t^* + s_t (R^{RF} - 1) f_{t-1}^* + s_t \Delta d_t \quad (56)$$

Y

$$f_{out,t} = p_t^G g_t^I + p_t^C g^C + z + (s_t R_d - 1) d_{t-1} + (R_{dc,t-1} - 1) s_t d_{c,t-1} + (R_{t-1} - 1) b_{t-1} \quad (57)$$

La ecuación (55) dice que cubrir la brecha fiscal implica endeudamiento comercial interno y/o externo o ajustes en diversos instrumentos fiscales. Al combinar las ecuaciones (51) y (54), podemos ver que si $f_t^* > f_{floor}$, entonces la $gap_t = 0$; es decir, el fondo de recursos absorbe cualquier brecha fiscal y no se necesitan ajustes de política fiscal. Por otro lado, cuando $f_t^* = f_{floor}$, la brecha satisface la $gap_t > 0$ y debe ser cubierta por los ajustes fiscales que se explicarán a continuación.

B.3.5. Cubrir la brecha fiscal

La división del endeudamiento público entre deuda comercial interna y externa, para ayudar a cubrir la brecha, se produce de acuerdo con la siguiente regla simple:

$$\varkappa \Delta b_t = (1 - \varkappa) s_t \Delta d_{c,t} \quad (58)$$

donde $\varkappa \in [0, 1]$. Habida cuenta de los empréstitos y donaciones en condiciones favorables, esta norma se adapta a los casos límite de i) complementar este endeudamiento en condiciones favorables con empréstitos exclusivamente en los mercados internos ($\varkappa = 0$) y ii) complementar los empréstitos en condiciones favorables con la acumulación de más deuda comercial externa ($\varkappa = 1$).

Sin embargo, la sostenibilidad de la deuda requiere que, con el tiempo, aumenten los ingresos y/o se reduzcan los gastos para cubrir todo el déficit. Para calcular los valores estabilizadores de la deuda (objetivo) de (i) la tasa del impuesto al consumo, (ii) la tasa del impuesto a la renta del trabajo, (iii) el consumo del gobierno y (iv) las transferencias, se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$\tau_{\text{target},t}^C = \tau^C + \lambda_1 \frac{gap_t}{c_t} \quad (59)$$

$$\tau_{\text{target},t}^L = \tau^L + \lambda_2 \frac{gap_t}{w_t L_t} \quad (60)$$

$$g_{\text{target},t}^C = g + \lambda_3 \frac{gap_t}{p_t^G} \quad (61)$$

Y

$$z_{\text{target},t} = z + \lambda_4 gap_t \quad (62)$$

Donde $\lambda_i, i = 1, \dots, 4$ reparten la carga fiscal entre los diferentes instrumentos fiscales, satisfaciendo $\sum_{i=1}^4 \lambda_i = 1$. A continuación, se determinan los tipos impositivos y las partidas de gasto en función de las funciones de reacción de las políticas

$$\tau_t^C = \min \left\{ \tau_{\text{rule},t}^C, \tau_{\text{ceiling}}^C \right\} \quad (63)$$

$$\tau_t^L = \min \left\{ \tau_{\text{rule},t}^L, \tau_{\text{ceiling}}^L \right\} \quad (64)$$

$$\frac{g_t^C}{g^C} = \max \left\{ \frac{g_{\text{rule},t}^C}{g^C}, g_{\text{floor}}^C \right\} \quad (65)$$

Y

$$\frac{z_t}{z} = \max \left\{ \frac{z_{\text{rule},t}}{z}, z_{\text{floor}} \right\} \quad (66)$$

donde τ_{ceiling}^C y τ_{ceiling}^L son los niveles máximos de los tipos impositivos que pueden aplicarse, y g_{floor}^C y z_{floor} son desviaciones mínimas del consumo público y de la transferencia de sus valores iniciales en estado estacionario. Todos

estos límites máximos y mínimos se determinan de forma exógena y reflejan las limitaciones de ajuste de las políticas a las que pueden hacer frente los gobiernos. A su vez, $\tau_{rule,t}^C, \tau_{rule,t}^L$ y $g_{rule,t}^C$ se determinan con arreglo a las siguientes normas fiscales:

$$\tau_{rule,t}^C = \tau_{t-1}^C + \zeta_1 \left(\tau_{target,t}^C - \tau_{t-1}^C \right) + \zeta_2 (x_{t-1} - x), \quad \text{con } \zeta_1, \zeta_2 > 0 \quad (67)$$

$$\tau_{rule,t}^L = \tau_{t-1}^L + \zeta_3 \left(\tau_{target,t}^L - \tau_{t-1}^L \right) + \zeta_4 (x_{t-1} - x), \quad \text{con } \zeta_3, \zeta_4 > 0 \quad (68)$$

$$\frac{g_{rule,t}^C}{g^C} = \frac{g_{t-1}^C}{g^C} + \zeta_5 \frac{(g_{target,t}^C - g_{t-1}^C)}{g^C} - \zeta_6 (x_{t-1} - x), \quad \text{con } \zeta_5, \zeta_6 > 0 \quad (69)$$

Y

$$\frac{z_{rule,t}}{z} = \frac{z_{t-1}}{z} + \zeta_7 \frac{(z_{target,t} - z_{t-1})}{z} - \zeta_8 (x_{t-1} - x), \quad \text{with } \zeta_7, \zeta_8 > 0 \quad (70)$$

donde ζ controlan la velocidad de los ajustes fiscales, y $x_t \equiv \frac{b_t + s_t d_{c,t}}{y_t}$ es la suma de la deuda comercial interna y externa como porcentaje del PIB.

B.4. Identidades y condiciones de compensación del mercado

Para cerrar el modelo, se impone la condición de compensación del mercado de bienes y las condiciones de la balanza de pagos. La condición de compensación del mercado para los bienes no transables es

$$y_{N,t} = \varphi p_{N,t}^{-\chi} (c_t + i_{N,t} + i_{T,t}) + \nu_t \left(\frac{p_{N,t}}{p_t^G} \right)^{-\chi} g_t \quad (71)$$

La condición de la balanza de pagos corresponde a

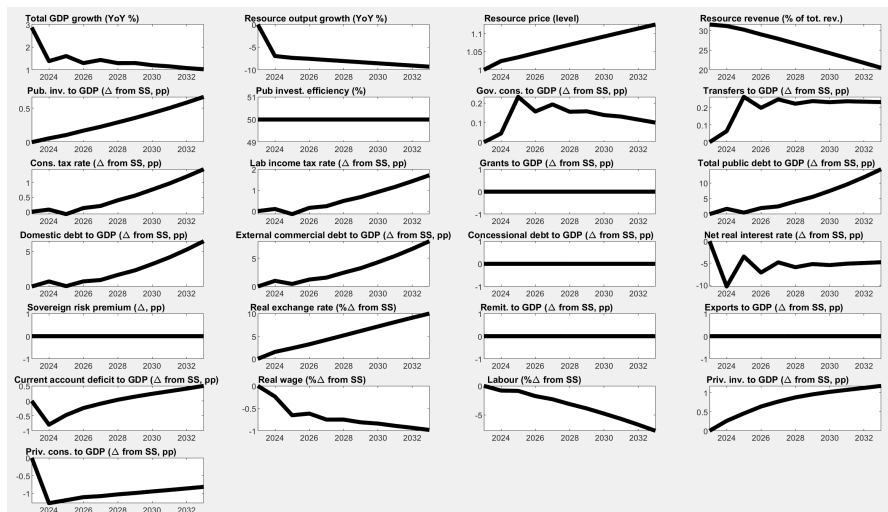
$$\frac{ca_t^d}{s_t} = gr_t^* - \Delta f_t^* + \Delta d_t + \Delta d_{c,t} + \Delta b_t^* \quad (72)$$

donde ca_t^d es el déficit por cuenta corriente

$$\begin{aligned} ca_t^d = & c_t + i_{N,t} + i_{T,t} + p_t^G g_t + \Theta_t^{OPT*} - y_t - s_t r m_t^* + (R_d - 1) s_t d_{t-1} \\ & + (R_{dc,t-1} - 1) s_t d_{c,t-1} + (R_{t-1}^* - 1) s_t b_{t-1}^* - \left(R^{RF} - 1 \right) s_t f_{t-1}^* \end{aligned} \quad (73)$$

B.5. Anexo 3: Resultados globales de los tres modelos DGE con fondo soberano

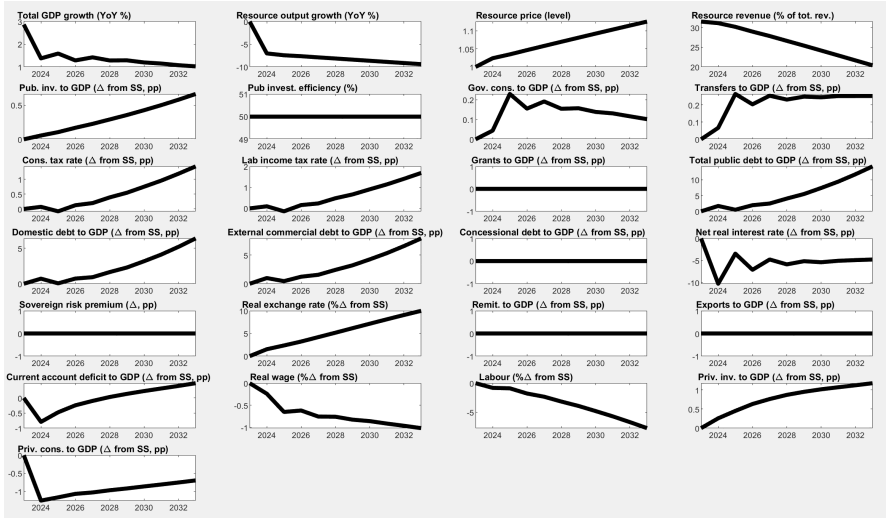
Figura 11: Resultados globales del primer modelo DGE con fondo soberano (Modelo A), fondo equivalente al 4,9 % del PIB



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En este modelo se supone que todos los parámetros relacionados a instrumentos fiscales (inversión pública, gasto público, transferencias, tasas impositivas), balanza de pagos (remesas y exportaciones) y financiamiento en mercados internacionales (deuda concesional, préstamos sin intereses y riesgo soberano) se mantienen constantes a lo largo del periodo de simulación.

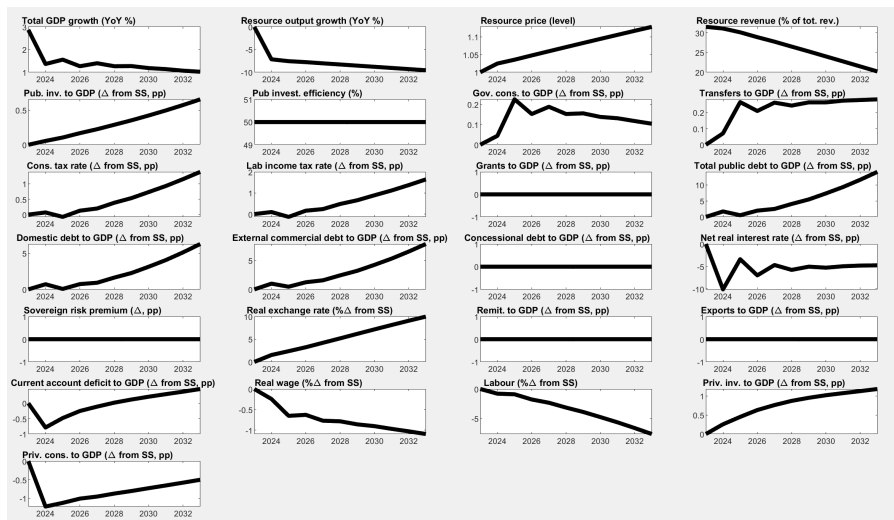
Figura 12: Resultados globales del primer modelo DGE con fondo soberano (Modelo B), fondo equivalente al 16,3 % del PIB



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En este modelo se supone que todos los parámetros relacionados a instrumentos fiscales (inversión pública, gasto público, transferencias, tasas impositivas), balanza de pagos (remesas y exportaciones) y financiamiento en mercados internacionales (deuda concesional, préstamos sin intereses y riesgo soberano) se mantienen constantes a lo largo del periodo de simulación.

Figura 13: Resultados globales del primer modelo DGE con fondo soberano (Modelo C), fondo equivalente al 34.4 % del PIB



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En este modelo se supone que todos los parámetros relacionados a instrumentos fiscales (inversión pública, gasto público, transferencias, tasas impositivas), balanza de pagos (remesas y exportaciones) y financiamiento en mercados internacionales (deuda concesional, préstamos sin intereses y riesgo soberano) se mantienen constantes a lo largo del periodo de simulación.