Estimación de los impactos en crecimiento económico de la reforma tributaria para la igualdad y la justicia social: análisis a través de un modelo de equilibrio general dinámico determinístico para Colombia

Por:
Sebastián Bernal Hernández

Palabras clave: *Modelos de equilibrio general, política fiscal, crecimiento económico, reforma tributaria.*
Keywords: *General equilibrium models, fiscal policy, economic growth, tax reform.*

JEL: *D58, O23, E62, F43.*

Estimación de los impactos en crecimiento económico de la reforma tributaria para la igualdad y la justicia social: análisis a través de un modelo de equilibrio general dinámico determinístico para Colombia

Estimating the economic growth impacts of the tax reform for equality and social justice: analysis through a deterministic dynamic general equilibrium model for Colombia.

Primera versión recibida el 9 de agosto del 2024; versión final aceptada el 15 de enero del 2025.

Coyuntura Económica.
Volumen LV, diciembre de 2025, pp 43-83.
Fedesarrollo, Bogotá – Colombia

Resumen

El presente trabajo actualiza el modelo de equilibrio general dinámico de Fedesarrollo[1] con el propósito de analizar los posibles impactos en crecimiento económico derivados de la reforma tributaria aprobada en 2022. El análisis considera únicamente las medidas orientadas a aumentar la carga tributaria de las personas jurídicas. Los resultados muestran que los impactos en crecimiento dependen del uso que se le dé al nuevo recaudo. Un uso exclusivo para incrementar la inversión en infraestructura pública podría aumentar el nivel de producción agregada en 0,035 puntos porcentuales (p.p.) durante 2023-2026. Por otro lado, destinarlo únicamente a mayor gasto corriente del gobierno o para financiar transferencias directas a los hogares No Ricardianos podría reducir el nivel de producción agregada en 0,057 p.p. y 0,092 p.p., respectivamente. A su vez, se realiza un ejercicio de robustez con el modelo de equilibrio general computable de Fedesarrollo. Con el uso de esta herramienta se confirma parte de los resultados estimados y se encuentra que el modelo dinámico captura de mejor forma el multiplicador de la inversión, ya que permite el modelamiento de procesos de acumulación de capital.

Abstract

This paper updates Fedesarrollo's dynamic general equilibrium model in order to analyze the possible impacts on economic growth derived from the tax reform approved in 2022. The analysis only considers tax measures aimed at increasing the tax burden on corporate entities. The results show that the growth impacts depend on the use of the new revenues. An exclusive use to increase investment in public infrastructure could increase the level of aggregate output by 0.035 percentage points (p.p.) during 2023-2026. On the other hand, using it solely for increased government current spending or to finance direct transfers to non-Ricard-

1 Se expresa un especial agradecimiento a Fedesarrollo por compartir los modelos de equilibrio general con los cuales se realizó el análisis del presente documento. El mismo, es una segunda versión del trabajo final requerido para obtener el grado de Máster en Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia. Esta versión incorpora comentarios realizados por un evaluador anónimo y actualiza algunas cifras del documento original.

ian households could reduce the level of aggregate output by 0.057 p.p. and 0.092 p.p., respectively. In turn, a robustness exercise is carried out using Fedesarrollo's computable general equilibrium model. With the use of this tool, part of the estimated results is confirmed, and it is found that the dynamic model captures the investment multiplier in a better way, as it allows the modelling of capital accumulation processes.

I. Introducción

Las reformas tributarias constituyen instrumentos de política económica concebidos para modificar el sistema tributario de un país. La importancia de este tipo de medidas radica en su capacidad para influir directamente en la recaudación de los ingresos fiscales, los cuales son esenciales para financiar la ejecución de programas sociales, la construcción de infraestructura pública y en general todas las políticas de gasto del gobierno. Además, las reformas tributarias también desempeñan un papel crucial en la promoción de la estabilidad económica y la equidad social, pues permiten redistribuir de una manera más eficiente la carga fiscal entre los agentes económicos, incentivar proyectos claves para el desarrollo productivo e imponer una mayor carga tributaria a la población con mayor capacidad de pago.

No obstante, es importante destacar que las reformas tributarias pueden producir diversos efectos en la economía. Por un lado, ajustes impositivos bien planificados y ejecutados pueden estimular la inversión, generar incentivos a la innovación y adopción de nuevas tecnologías y mejorar la competitividad del país en el escenario global. Por otro lado, medidas tributarias inadecuadas pueden originar distorsiones en los mercados o entre sectores económicos, desincentivar la inversión local y extranjera, y afectar negativamente la actividad económica. En consecuencia, el diseño de las reformas tributarias se convierte en un desafío para los responsables de la política económica, ya que se debe equilibrar la obtención de recursos para un mayor financiamiento gubernamental con la importancia de mantener un entorno propicio para el desarrollo económico sostenible.

Es bajo esta línea que se debe analizar la Ley de Reforma Tributaria para la Igualdad y la Justicia Social (Ley 2277 de 2022), la cual se aprobó en 2022 con el objetivo de obtener recursos suficientes para el fortalecimiento del sistema de protección social (MHCP, 2022). Dentro de las principales modificaciones al estatuto tributario, en materia de impuesto de renta a empresas se encuentra la implementación de una tasa mínima de tributación (15%), una sobretasa para la producción del petróleo y carbón (entre 5, 10 y 15 p.p.) y una sobretasa temporal al sector financiero (5 p.p.) y a las entidades generadoras de energía hidroeléctrica (3 p.p.). En materia de personas naturales, la reforma unifica ingresos en la renta líquida gravable y crea el impuesto permanente al patrimonio con tarifas marginales de 0,5%, 1% y 1,5%. En tributación indirecta, la reforma aumenta la tarifa del impuesto al carbono y establece un impuesto nacional al uso de productos plásticos y consumo de bebidas azucaradas y alimentos ultraprocesados.

Entre estos cambios, uno de los más importantes y positivos fue la eliminación o limitación de los tratamientos diferenciales y beneficios tributarios en el impuesto sobre la renta de personas jurídicas y naturales, promoviendo de esta manera una mejor redistribución de la carga fiscal. No obstante, algunos centros académicos y de investigación económica señalaron que los cambios implementados en la tributación de personas jurídicas podrían conllevar un incremento del costo de uso del capital, lo cual a su vez podría desincentivar la inversión y afectar el crecimiento económico (Fedesarrollo, 2022b).

Teniendo en cuenta el rol preponderante que tiene el gobierno al influir en la actividad económica mediante las políticas tributarias y el reto actual que tiene el país en materia de crecimiento económico, resulta crucial analizar el impacto potencial que la reforma tributaria podría tener en el desempeño de la economía. Un análisis integral debe abordar la evolución de variables clave como el crecimiento económico, el consumo y la inversión, a través del uso de herramientas o modelos que reflejen las interconexiones entre los diversos sectores productivos y agentes económicos.

Al respecto, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2023a) presentó en el Marco Fiscal de Mediano Plazo un ejercicio en donde estimaron los efectos de la reforma tributaria en el crecimiento económico.

Específicamente, el Ministerio encontró que la reforma tributaria de 2022 tendría un impacto marginal promedio en las tasas de crecimiento de 0,1 p.p. entre 2023 – 2034. Donde las distorsiones derivadas de las mayores cargas de tributación serían compensadas por los efectos positivos de mayores transferencias a los hogares de bajos ingresos, al tiempo que la inversión pública incrementaría la productividad total de los factores y con esto la inversión total de la economía.

Con esto en mente, el presente documento busca realizar una estimación alternativa de los efectos económicos de la reforma tributaria de 2022. Existen diversas metodologías que se podrían aplicar para resolver esta pregunta y en este trabajo se propone usar un modelo de equilibrio general dinámico determinístico adaptado a la economía colombiana como un medio para enriquecer el debate en torno a los posibles impactos. Cabe resaltar que, en la literatura económica, los modelos de equilibrio general han tenido diferentes usos en el análisis macroeconómico de la economía colombiana. Investigaciones como las de Arbeláez et al. (2021), Suescún & Steiner (2017), Rincón et al. (2017), entre otras, han empleado este tipo de modelos para llevar a cabo estudios relacionados con la política fiscal y la sostenibilidad de las finanzas públicas.

Siguiendo estos ejemplos, en el presente trabajo se propone actualizar los parámetros y el estado estacionario de un modelo de equilibrio general dinámico determinístico creado en 2017 por Fedesarrollo (Suescún & Steiner, 2017). A partir de la especificación del modelo, solo se consideran las medidas de la reforma que aumentan la carga tributaria de las personas jurídicas y se realizan simulaciones de crecimiento económico que reflejan los posibles usos que el gobierno le podría dar al recaudo de la reforma. De esta manera, se busca que el presente ejercicio sea de utilidad en un tiempo en donde el crecimiento económico de los próximos años es uno de los principales retos por asumir.

La estructura del documento se compone de siete secciones. La primera es la presente introducción. La segunda sección resume el marco teórico sobre el cual se fundamentan los modelos de equilibrio general y presenta algunos modelos macroeconómicos que son usados en la actualidad. En un tercer apartado se describe la metodología que se va a seguir para el cálculo de los impactos en crecimiento de la reforma tributaria. La sección cuatro presenta los resultados encontrados a partir de un modelo de equilibrio general dinámico. Entre tanto, la sección cinco propone un ejercicio de robustez a partir del uso de un modelo de equilibrio general computable, el cual captura de mejor manera la estructura sectorial de la economía, pero presenta la desventaja de no considerar decisiones intertemporales de los agentes. La sección seis propone algunas recomendaciones de política, mientras que la última sección resume las principales conclusiones.

II. Marco teórico

Los hacedores de política utilizan comúnmente modelos de equilibrio general como herramientas para orientar sus análisis y realizar investigaciones en el campo de la macroeconomía. Estos modelos toman como base las decisiones de los hogares, las empresas, el gobierno y otros agentes presentes en la economía con el propósito de representar un conjunto de mercados interrelacionados. A través de procesos de optimización, y bajo el uso de diversos supuestos, estos modelos convergen hacia equilibrios simultáneos.

Como lo señalan Suescún & Steiner (2017), los modelos de equilibrio general tienen sus orígenes en las ideas de flujo circular de Quesnay, y el análisis de interacciones simultáneas entre mercados de Walras. Con posteriores desarrollos teóricos de Keynes, Leontief, Arrow, Debreu, entre otros autores, los modelos han evolucionado y en la actualidad consisten en sistemas de ecuaciones que describen de manera integral equilibrios de oferta y demanda en los distintos mercados considerados.

Estos modelos se clasifican en dos categorías según el horizonte temporal en el cual los agentes toman sus

decisiones. Se puede hacer una distinción entre aquellos en los que los agentes optimizan dinámicamente (en varios períodos de tiempo) y aquellos en donde optimizan de manera estática (un solo periodo de tiempo).

A estos últimos se les conoce como modelos de equilibrio general computable (EGC). Según Rose A. (1995) estas herramientas tienen su origen con los modelos insumo-producto de Leontief (1951), que representan a la economía como un conjunto de industrias interrelacionadas con flujos de bienes y servicios entre sectores económicos. No obstante, por su estructura y diseño, los modelos EGC se enfocan en la asignación de recursos y la distribución de ingresos, en lugar de abordar explícitamente el crecimiento económico.

En contraposición, los modelos dinámicos se caracterizan por la premisa de que los agentes económicos están presentes durante más de un periodo. Por tanto, los problemas de optimización ya no se circunscriben exclusivamente a un momento temporal, sino que consideran múltiples periodos. Este enfoque conlleva a que tanto consumidores como productores no solo tengan en cuenta su consumo y beneficio presente, sino el de periodos posteriores.

Slanicay, M. (2014) analiza la historia de los modelos dinámicos y menciona que su desarrollo inicia a partir del fracaso de los modelos macroeconométricos neo-Keynesianos de gran escala que fueron usados como herramientas de pronóstico durante las décadas de 1950 y 1960. El autor menciona que estos modelos fueron cuestionados producto de la llamada "Crítica de Lucas" (1976), en la cual el autor encontró que los parámetros de reglas de comportamiento, que no eran basados en fundamentos microeconómicos, en su mayoría carecían de carácter estructural. Es decir, que no representaban las preferencias y restricciones de los agentes económicos, sino que, en cambio, reflejaban las interacciones de los agentes bajo un régimen de política dado.

Como resultado de este nuevo enfoque teórico, la mayoría de los modelos de equilibrio general que se crearon posteriormente contaban con una estructura micro fundamentada con parámetros estructurales. Esto significó que la mayoría de las ecuaciones de los modelos provenían de procesos de optimización intertemporal por parte de agentes representativos que además contaban con la característica de tener expectativas racionales[2] (Rodríguez, 2011).

Dentro de los modelos predecesores a los modelos de equilibrio general con optimización dinámica, Suescún & Steiner (2017) señalan que el primero a tener en cuenta es el modelo Ramsey-Cass-Koopmans (Ramsey,1928), el cual planteó una caracterización sencilla del crecimiento económico a través de la acumulación de capital, el ahorro de los hogares y procesos de optimización dinámica. Los autores también mencionan que, posteriormente, Kydland y Prescott (1982) introdujeron el primer modelo de equilibrio general dinámico micro fundamentado, que estudiaba los ciclos económicos de la economía estadounidense y a partir del cual se desarrollaron numerosos trabajos posteriores.

Desde el artículo de Kydland y Prescott de 1982 los modelos, que ahora incorporan choques aleatorios exógenos y son conocidos como modelos de equilibrio general dinámico estocástico (EGDE), han evolucionado de tal forma que se pueden clasificar en dos grupos. El primero corresponde a los modelos de ciclo real de negocios (RBC por sus siglas en inglés), los cuales suponen escenarios de competencia perfecta y la existencia de precios y salarios flexibles. El principal resultado de estos modelos viene dado por el rol fundamental que juegan los choques tecnológicos al momento de explicar las fluctuaciones observadas en las variables económicas. Por otro lado, el segundo grupo emplea la teoría keynesiana en los modelos EGDE, en

2 Supuesto a partir del cual se asume que los agentes conocen la estructura de la economía en la que se encuentran, y que al considerar toda la información relevante pueden formar predicciones sobre alguna variable económica de interés sin que esta tenga algún tipo de sesgo (Muth,1961).

donde suponen escenarios de competencia imperfecta y la existencia de rigideces en los precios. Como resultado de estos nuevos supuestos, se encuentra la no neutralidad de la política monetaria en el corto plazo. En otras palabras, los cambios en la tasa de interés nominal no son compensados por cambios idénticos en la inflación (producto de las rigideces nominales), permitiendo que la tasa de interés real varíe en el tiempo y afecte variables como el consumo y la inversión (Slanicay, M., 2014).

Dentro de este último grupo de modelos existen varias metodologías para la incorporación de las rigideces en los precios, dentro de las más importantes destacan los trabajos de Calvo (1983) y Rotemberg (1982a, 1982b). En particular, el método de Calvo postula que los precios, establecidos por firmas en un entorno de competencia imperfecta, no pueden ser ajustados en todos los periodos. En consecuencia, las empresas determinan sus precios considerando su demanda actual y sus expectativas de inflación, incorporando así las expectativas racionales previamente mencionadas. Por otro lado, Rotemberg supone que los cambios de precios conllevan costos para las firmas (que se pueden interpretar como costos de menú), lo que produce que los precios se acomoden de manera gradual.

Como resultado de esta evolución de teorías, y según los planteamientos de Rodríguez (2011), los actuales modelos macroeconómicos están enmarcados en una corriente denominada la nueva síntesis neoclásica. Esta toma de los nuevos clásicos la teoría del equilibrio general y los fundamentos microeconómicos; y de los nuevos keynesianos las rigideces en precios y la competencia monopolística, usadas para explicar los efectos reales de la política monetaria. Es a partir de esta evolución que los modelos EGDE se han convertido paulatinamente en un estándar de la investigación en teoría macroeconómica.

Respecto al uso de los modelos, los EGDE representan actualmente grandes herramientas para el análisis macroeconómico. En Colombia la mayor parte de las investigaciones con modelos dinámicos se han realizado en el Banco de la República. Uno de los más importantes es el PATACON (González et al., 2011). Las particularidades de este modelo se pueden resumir en que considera una economía con: i) un conjunto de firmas en competencia monopolística que producen un bien doméstico homogéneo y que forman precios a la Calvo; ii) un conjunto de firmas que transforman este bien en bienes destinados a consumo, inversión, exportaciones o servicios de distribución, y iii) hogares que maximizan su utilidad con la posibilidad de tomar préstamos en un mercado de crédito.

Otro de los modelos reconocidos en el Banco de la República es el FISCO (Rincón et al., 2017), el cual aborda de manera más explícita el rol de las autoridades monetarias y fiscales. En el modelo, el banco central controla la tasa de interés con el objetivo de alcanzar la meta de inflación, mientras que el gobierno ajusta sus ingresos y gastos con el fin de cumplir un determinado balance fiscal estructural. Dentro de las principales características del modelo, se encuentra que este considera: i) rigideces nominales en precios y salarios (precios a la Rotemberg), ii) agentes con y sin acceso a los mercados financieros, iii) impuestos distorsionantes, y iv) un gobierno que hace gasto de inversión y de funcionamiento.

Finalmente, el modelo creado por Suescún y Steiner (2017) propone un modelo de equilibrio general dinámico aplicado a la economía colombiana, que, al no ser estocástico permite la posibilidad de simular política económica discrecional, a la vez que considera encadenamientos intersectoriales de la economía. Por el lado de la oferta, el modelo incluye tres sectores productivos: un sector transable no petrolero, un sector no transable, y un sector petrolero. Por el lado de la demanda, los consumidores tienen la posibilidad de acceder al crédito para financiar su consumo, mientras que el gobierno realiza gasto corriente y de inversión en infraestructura. Este último modelo servirá como instrumento principal para el análisis de los impactos que la reforma tributaria de 2022 podría tener en el crecimiento económico. La siguiente sección presenta-

rá brevemente este modelo y abordará la metodología que se usará para la estimación de los impactos.

III. Diseño metodológico

Como se mencionó previamente, los impactos de la reforma tributaria en el crecimiento económico se van a estimar a través del modelo de equilibrio general dinámico determinístico creado en 2017 por Fedesarrollo. Según Suescún & Steiner (2017), dicho modelo considera una economía que está habitada por: i) un continuum de familias heterogéneas Ricardianas y no-Ricadianas, donde las últimas poseen restricciones de acceso a crédito y no pagan ningún tipo de impuesto, ii) por firmas que operan en competencia perfecta en los mercados de factores y en ciertos mercados de bienes, y en competencia monopolística y con rigideces de precios a la Rotemberg en otros mercados de bienes; iii) por una autoridad monetaria que fija la tasa de interés siguiendo una regla de Taylor con ajuste gradual hacia la tasa de interés nominal de largo plazo; iv) y por un gobierno que realiza gasto corriente, invierte en infraestructura, realiza transferencias directas a los agentes Ricardianos y No Ricardianos, recauda impuestos, recibe dividendos por parte del sector petrolero y emite deuda. La especificación del modelo incluye también una regla fiscal que ajusta el gasto corriente según el nivel de deuda pública en el periodo actual respecto al nivel de largo plazo (ancla en deuda). No obstante, este mecanismo no se encuentra activo en este ejercicio, dado que se controla de manera discrecional tanto los ingresos como los gastos del gobierno (impactos a estimar).

El documento original presenta en mayor detalle las restricciones que tienen cada uno de los agentes de la economía, las características de los mercados de bienes y factores, las funciones de producción y agregación de los bienes, la formación de precios, las decisiones de política monetaria y fiscal, y las condiciones de equilibrio. Por limitaciones de espacio, el presente trabajo abordará únicamente la especificación del modelo que se encontraría influenciada por el choque de la reforma tributaria.

El primer componente del modelo que sería afectado por el choque de interés es la utilidad y restricción presupuestal de los agentes Ricardianos. Como se mencionó previamente, solo los agentes Ricardianos pagan impuestos, por lo que la reforma los afectaría únicamente a ellos. Según la especificación del modelo, la familia Ricardiana representativa recibe utilidad por el consumo de bienes ($\boldsymbol{C_t^O}$) y desutilidad ($\boldsymbol{\psi_i^O}$) por trabajar en cada uno de los sectores económicos ($\boldsymbol{h_{i,t}^O}$). Dentro de las preferencias, se incluye la persistencia de hábitos ($\boldsymbol{\zeta}$), lo cual asegura que el agente representativo obtiene utilidad de comparar el consumo de hoy con el consumo en el periodo anterior. Esto se puede observar de mejor manera con el problema de maximización de la familia Ricardiana:

$$MAX_{C_t^O} = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left\{ log\left(C_t^O - \gamma\zeta C_{t-1}^O - \frac{\gamma^t \sum_{i=1}^{3} \psi_i^O \, (h_{i,t}^O)^{1+\varepsilon}}{1+\varepsilon} \right) \right\}$$

$$Sujeto\ a\colon (1+\tau_{C,t})\, P_{C,t}\, C_t^O + (1+\tau_{I,t})\, P_{I,t}\, I_t^O + R_{t-1}^W S_t D_{t-1}^{*O} + B_t^O$$
$$= (1-\tau_{N,t})\, P_{C,t} \left(\sum_{i=1}^{3} W_{i,t} h_{i,t}^O \right) + (1-\tau_{K,t})\, P_{C,t} \left(\sum_{i=1}^{3} u_{i,t} k_{i,t-1}^O \right) - V_t^O + S_t D_t^{*O}$$
$$+ R_{t-1}\, B_{t-1}^O + T_t^O$$

Respecto a su restricción presupuestal, el agente Ricardiano emite deuda en moneda extranjera $\boldsymbol{D_t^{*O}}$ a una tasa de interés $\boldsymbol{R_t^W}$, compra bonos locales del gobierno $\boldsymbol{B_t^O}$ a una tasa $\boldsymbol{R_t}$ y ofrece trabajo en cada sector de la economía $\boldsymbol{h_{i,t}^O}$ a cambio de un salario real $\boldsymbol{W_{i,t}}$ que es gravado por el gobierno a una tasa impositiva $\boldsymbol{\tau_N}$. También, posee un stock de capital en cada sector $\boldsymbol{K_{i,t}}$, por el que recibe un retorno $\boldsymbol{u_{i,t}}$. Sobre este último rubro, el gobierno cobra el impuesto $\boldsymbol{\tau_K}$, el cual representa un impuesto a la renta del capital y es interpretado por los autores como el impuesto de renta a personas jurídicas. La familia Ricardiana también asigna bienes de inversión $\boldsymbol{I_{i,t}^O}$ a cada sector económico, paga impuestos sobre sus compras de bienes de consumo a la tasa $\boldsymbol{\tau_C}$ y sobre la compra de bienes de inversión a la tasa $\boldsymbol{\tau_I}$, recibe transferencias del sector público $\boldsymbol{T_t^O}$ y paga dividendos $\boldsymbol{V_t}$ al gobierno por ser este el propietario de buena parte de la actividad petrolera.

Con esto en mente, es de esperar que la reforma afecte la restricción presupuestal de los agentes Ricardianos, ya que una mayor tasa impositiva en la renta al capital reduciría sus ingresos. A su vez, como consecuencia de un menor ingreso habría variaciones en el consumo y la inversión de los agentes Ricardianos, en donde el último término se vería afectado por un menor retorno del capital o un mayor costo relativo de la inversión.

A través de una menor inversión, la reforma tributaria también podría tener efectos en la producción agregada de la economía. Al respecto, la especificación del modelo plantea una función de producción Leontief, o función de producción de proporciones fijas[3] de tal manera que la producción bruta del sector *i* ($\boldsymbol{YY_{i,t}}$) está dada por :

$$YY_{i,t} = \min\left[\mathbb{A}_t A_i K_{G,t-1}^{\theta} K_{i,t-1}^{\alpha_i}\left(\gamma^t n_{i,t}\right)^{1-\alpha_i}, \frac{X_{1,i,t}}{\chi_{1i}}, \frac{X_{2,i,t}}{\chi_{2i}}, \frac{X_{3,i,t}}{\chi_{3i}}, \frac{M_{i,t}}{\chi_{Mi}}\right]$$

De acuerdo con la tecnología disponible $\boldsymbol{\mathbb{A}_t A_i}$ y un stock de capital público $\boldsymbol{K_G}$, el productor representativo de cada sector escoge capital privado ($\boldsymbol{K_{t-1}}$), trabajo ($\boldsymbol{n_t}$), insumos intermedios producidos domésticamente ($\boldsymbol{X_{1,t}, X_{2,t}, X_{3,t}}$), e insumos importados ($\boldsymbol{M_{i,t}}$), con el objetivo de minimizar costos. De ahí que una menor inversión privada pueda afectar la producción de cada uno de los sectores económicos en los periodos posteriores a la implementación de la reforma tributaria, pues una menor inversión en *t* implicaría un menor stock de capital disponible y por tanto un menor nivel de producción en *t+1*.

Entre tanto, el tercer componente del modelo que es afectado por el choque de interés son los ingresos del gobierno. Según la especificación del modelo, estos están compuestos por: el impuesto a la renta laboral $\boldsymbol{\tau_N}$, el impuesto a la renta de capital $\boldsymbol{\tau_K}$, los impuestos al consumo intermedio de bienes domésticos $\boldsymbol{\tau_i^X}$, los aranceles a las importaciones de bienes intermedios $\boldsymbol{\tau_i^{MX}}$, de consumo $\boldsymbol{\tau_C^{MX}}$ y de capital $\boldsymbol{\tau_I^{MX}}$, los impuestos a la inversión $\boldsymbol{\tau_I}$, los impuestos al consumo $\boldsymbol{\tau_C}$ y por los ingresos no tributarios que provienen del giro de dividendos del sector petrolero al gobierno $\boldsymbol{v_t}$. Por el lado del gasto, el gobierno puede destinar el nuevo recaudo para financiar una mayor inversión pública ($\boldsymbol{i_G}$), mayores transferencias a los hogares Ricardianos y no Ricardianos ($\boldsymbol{T_G}$) o un mayor gasto corriente ($\boldsymbol{g}$). Cada uno de estos usos del recaudo podría tener distintos efectos en la economía, esto se explicará en mayor detalle en la sección de resultados. La ecuación de necesidades de financiamiento (*F*) del gobierno muestra de mejor manera el balance entre ingresos y gastos, donde en este último rubro se incluye el pago de intereses de deuda interna ($\boldsymbol{b_G}$) y externa ($\boldsymbol{d_G^*}$).

3 Esto permite que la función de producción sea separable entre valor agregado (primer término en la función mínimo) e insumos (segundo término en la función mínimo).

$$F = g + i_G + \left(\frac{R^W}{\pi_C^*}\right) d_G^* + \left(\frac{R}{\pi_C}\right) b_G + T_G - \tau_C\,(1-\lambda) c^O - \tau_I\,(1-\lambda)\left(\sum_i i_i^O\right) - \tau_N\,(1-\lambda)\left(\sum_i w_i h_i^O\right) - \left(\sum_i \tau_i^{MX} m_i + \tau_C^M m_C + \tau_I^M m_I\right) - \sum_i \tau_i^X \sum_j pp_j\, x_{j,i} - \tau_k\,(1-\lambda)\left(\sum_i u_i k_i^O\right) - v\, u_3 (1-\lambda) k_3^O$$

Aunque no es un aspecto que se relacione directamente con la reforma tributaria, es importante tener presente que el modelo incorpora características de la economía colombiana, dado que la mayoría de sus parámetros fueron calibrados con la matriz de contabilidad social (MCS[4]) de 2010. Por esta razón, para el cálculo de los efectos en crecimiento se actualizarán los parámetros del modelo y las variables en su estado estacionario con la matriz de contabilidad social de 2017 (DANE, 2021), la cual es la última versión disponible al momento de realizar el presente documento. Por su parte, también se usará el recaudo de la reforma proyectado por el MHCP (2023a) para la estimación del choque en la tasa efectiva de tributación. Estos dos procesos se describen en mayor detalle a continuación.

A. Actualización de los parámetros del modelo y del estado estacionario

El objetivo de esta subsección es actualizar el Cuadro 1 del documento original y con esta información calibrar los nuevos parámetros y el estado estacionario del modelo. En otras palabras, se busca replicar la matriz insumo-producto (I-O) del documento original con la información más reciente de la MCS. Lo primero es recuperar cada uno de los rubros que aparecen en la matriz insumo-producto, para esto se normalizan los montos de tal forma que se presentan como un índice, en donde 100 es el valor del PIB nominal en 2017.

Por convención, los hogares incluyen a las instituciones sin fines de lucro que sirven a los hogares (ISFLSH), el ingreso mixto se agrega con la remuneración del factor trabajo (igual que en el documento original), el rubro de aranceles e IVA externo incluye los impuestos a las importaciones, a las exportaciones y el IVA externo[5], y el rubro de impuestos menos subvenciones corresponde al resto de impuestos sobre los productos menos el total de subvenciones.

De forma similar al documento original, se consideran tres sectores productivos, los cuales se agregan de la siguiente manera: el sector transable no petrolero (desde ahora sector 1) agrupa los códigos desde el A0101 hasta el 056 (nomenclatura de la MCS), excluyendo el 018, el cual corresponde al sector petrolero (desde ahora sector 3). Entre tanto, el sector no transable (desde ahora sector 2) considera desde los códigos 058 a 109, con lo que se cubren todos los sectores económicos. Los resultados del ejercicio se muestran en el Gráfico 1.

4 Una MCS es una representación de los flujos económicos entre sectores productivos y agentes institucionales. Se incluye información de los flujos de consumo intermedio entre sectores, la remuneración a los factores, la demanda final de bienes por parte de hogares, gobierno y empresas, los flujos de impuestos directos e indirectos, las transferencias entre instituciones, la inversión, el ahorro, entre otros rubros.

5 La matriz de contabilidad social no registra el IVA externo propiamente, este monto se aproximó a partir de la categoría de IVA no deducible y la proporción entre los elementos de la demanda interna de origen importado a precios básicos y la suma de los elementos de la demanda interna de origen importado y nacional a precios básicos.

Gráfico 1.
Matriz Insumo-Producto 2017

MATRIZ INSUMO-PRODUCTO 2017
(Estilizada y normalizada PIB = 100)

	INSUMOS				USOS FINALES						TOTAL USOS
					Gasto de Consumo Final			FBK	Exportaciones	TOTAL	
	Transable NO Petrolero	NO Transable	Petrolero	TOTAL	TOTAL	Hogares	Gobierno				
Transable NO Petrolero	14,9	9,0	1,3	25,2	16,3	15,9	0,4	2,2	8,6	27,0	52,2
NO Transable	7,7	33,7	1,4	42,9	57,2	42,8	14,4	15,6	2,9	75,7	118,6
Petrolero	1,0	0,3	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	3,6	5,0
Uso total de productos domésticos a precios básicos	**23,7**	**43,0**	**2,8**	**69,5**	**73,5**	**58,7**	**14,8**	**17,7**	**15,1**	**106,3**	**175,8**
Importaciones a precios basicos (CIF)	6,2	5,1	0,2	11,5	5,6	5,6	0,0	3,1	0,0	8,7	20,1
Aranceles + IVA externo	0,3	0,3	0,0	0,5	0,4	0,4	0,0	0,2	0,0	0,7	1,2
Impuestos - subvenciones sobre los productos	1,4	4,7	0,1	6,2	3,9	3,8	0,0	0,6	0,0	4,4	10,7
Total a precios de comprador	**31,5**	**53,1**	**3,1**	**87,7**	**83,4**	**68,5**	**14,9**	**21,6**	**15,1**	**120,1**	**207,8**
Remuneración del factor trabajo	11,7	41,8	0,3	53,8							
Remuneración del factor capital	9,0	23,8	1,6	34,3							
Valor agregado a precios básicos	**20,7**	**65,6**	**1,9**	**88,1**							
Total producción bruta a precios básicos	**52,2**	**118,6**	**5,0**	**175,8**							

PIB (1): ENFOQUE INGRESO

+Valor Agregado	88,1
Remuneración de los asalariados	53,8
Excedente bruto de explotación	34,3
+Impuestos menos subvenciones sobre los productos	11,9
=PIB Total	**100,0**

PIB (2): ENFOQUE GASTO

+Consumo hogares	68,5
+Consumo gobierno	14,9
+Formacion bruta de capital	21,6
+Exportaciones	15,1
-Importaciones	-20,1
=PIB Total	**100,0**

Fuente: Suescún & Steiner (2017) y cálculos propios.

Siguiendo la metodología planteada por el documento original, es necesario realizar algunas modificaciones para adecuar la matriz insumo producto al modelo de equilibrio general. En primer lugar, en el modelo se interpreta al sector gobierno como el Gobierno Nacional Central (GNC), lo que difiere con la contabilidad nacional, en donde el gobierno se define como el Gobierno General (GG). Por tanto, se debe reasignar hacia los agregados del sector privado la diferencia entre las cifras del GG y el GNC. Es decir, la matriz insumo-producto debe ser ajustada de tal forma que el gasto del Gobierno sea 14,2% del PIB, el gasto corriente del GNC en 2017, y no el 14,9% del PIB que representa el gasto del GG. La diferencia, para mantener constante el PIB por el lado de la demanda, es asignada al consumo final de los hogares.

En segundo lugar, algunas entradas de la matriz con valores pequeños (menores a 1% del PIB) se igualan a cero. Tal es el caso del uso como bien de inversión del petróleo (0,02% del PIB), los impuestos a las exportaciones (0,03% del PIB) y los impuestos sobre el gasto del gobierno (0,04% del PIB). En tercer lugar, otras entradas se igualan a cero para hacer la matriz insumo-producto consistente con la especificación del modelo. Específicamente, las exportaciones del sector no transable (2,9% del PIB), el gasto del gobierno en bienes transables (0,4% del PIB), la producción del sector petrolero que es usada por el sector no transable (0,3% del PIB), la producción del sector transable no petrolero que es usada por el sector petrolero (1,3% del PIB), las importaciones del sector petrolero (0,2% del PIB), los impuestos a las importaciones del sector petrolero (0,002% del PIB), y el consumo de los hogares (0,02% del PIB) y del gobierno (0,0004% del PIB) que proviene del sector petrolero (Suescún & Steiner, 2017).

Estos ajustes resultan en una matriz I-O desbalanceada, problema que se corrige con el método RAS (Stone, 1961; Stone y Brown, 1962). Específicamente, se usa la metodología *Bi-proportional Matrix Balancing RAS* (por su nombre en inglés), con lo que se rebalancea la matriz de contabilidad social y se fijan algunos valores como el consumo total del GNC (14,2% del PIB) y las transferencias interinstitucionales. La matriz rebalanceada aparece en el Gráfico 2, mientras que la matriz insumo producto adaptada al modelo aparece en el Gráfico 3.

Gráfico 2.
Matriz de Contabilidad Social 2017 rebalanceada

		Factores de producción		Transacciones nacionales			Impuestos y subvenciones			Act. económicas			Cuenta de capital	Resto de mundo	Total
		Remuneración del factor trabajo	Remuneración del factor capital	Empresas	Hogares	Gobierno	Aranceles + IVA externo	Impuestos ind - subvenciones sobre los productos	Impuestos directos	Transable NO Petrolero	NO Transable	Petrolero	Ahorro	Exportaciones y otras transacciones	
Factores de producción	Remuneración del factor trabajo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	11,727	41,636	0,439	0,000	0,148	53,950
	Remuneración del factor capital	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	8,887	23,275	2,174	0,000	0,000	34,337
Transacciones nacionales	Empresas	0,000	28,368	6,672	10,219	1,628	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,917	48,804
	Hogares	34,081	24,924	20,813	1,730	12,321	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,668	96,536
	Gobierno	0,000	0,906	2,900	5,601	9,652	1,203	10,658	6,857	0,000	0,000	0,000	0,000	0,294	38,072
Impuestos y subvenciones	Aranceles + IVA externo	0,000	0,000	0,000	0,437	0,000	0,000	0,000	0,000	0,274	0,277	0,000	0,215	0,000	1,203
	Impuestos ind - subvenciones sobre los productos	0,000	0,000	0,000	3,823	0,000	0,000	0,000	0,000	1,362	4,744	0,174	0,554	0,000	10,658
	Impuestos directos	0,000	0,000	4,372	2,484	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,857
Act. económicas	Transable NO Petrolero	0,000	0,000	0,000	15,467	0,000	0,000	0,000	0,000	14,747	8,790	0,000	2,087	11,125	52,216
	NO Transable	0,000	0,000	0,000	43,822	14,233	0,000	0,000	0,000	8,007	34,756	2,128	15,677	0,000	118,623
	Petrolero	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,895	0,000	0,059	0,000	4,021	4,975
Importaciones	Importaciones a precios básicos (CIF)	0,000	0,000	0,000	5,611	0,000	0,000	0,000	0,000	6,316	5,145	0,000	3,065	0,000	20,138
Cuenta de capital	Ahorro	0,000	0,000	10,496	7,018	-0,614	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,699	21,599
Resto de mundo	Otras transacciones	0,007	0,000	3,551	0,324	0,851	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,734
TOTAL		**34,088**	**54,199**	**48,804**	**96,536**	**38,072**	**1,203**	**10,658**	**6,857**	**52,216**	**118,623**	**4,975**	**21,599**	**24,871**	**512,702**

Fuente: DANE. Cálculos propios.

Nota: Los totales de filas y columnas no coinciden en la remuneración del trabajo y del capital porque en las filas el ingreso mixto se encuentra agregado con el factor trabajo, mientras que en las columnas el ingreso mixto se encuentra agregado con el factor capital (según la disponibilidad de la información en la MCS de 2017). Al sumar ambas remuneraciones los totales de filas y columnas coinciden.

Gráfico 3.
Matriz Insumo-Producto 2017 adaptada al modelo

MATRIZ INSUMO-PRODUCTO 2017 (Estilizada y normalizada PIB = 100)											
	INSUMOS				USOS FINALES						TOTAL USOS
	Transable NO Petrolero	NO Transable	Petrolero	TOTAL	Gasto de Consumo Final			FBK	Exportaciones	TOTAL	
					TOTAL	Hogares	Gobierno				
Transable NO Petrolero	14,7	8,8	0,0	23,5	15,5	15,5	0,0	2,1	11,1	28,7	52,2
NO Transable	8,0	34,8	2,1	44,9	58,1	43,8	14,2	15,7	0,0	73,7	118,6
Petrolero	0,9	0,0	0,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	4,0	5,0
Uso total de productos domésticos a precios básicos	**23,6**	**43,5**	**2,2**	**69,4**	**73,5**	**59,3**	**14,2**	**17,8**	**15,1**	**106,4**	**175,8**
Importaciones a precios basicos (CIF)	6,3	5,1	0,0	11,5	5,6	5,6	0,0	3,1	0,0	8,7	20,1
Aranceles + IVA externo	0,3	0,3	0,0	0,6	0,4	0,4	0,0	0,215	0,0	0,65	1,2
Impuestos - subvenciones sobre los productos	1,4	4,7	0,2	6,3	3,8	3,8	0,0	0,6	0,0	4,38	10,7
Total a precios de comprador	**31,6**	**53,7**	**2,4**	**87,7**	**83,4**	**69,2**	**14,2**	**21,6**	**15,1**	**120,1**	**207,8**
Remuneración del factor trabajo	11,7	41,6	0,4	53,8							
Remuneración del factor capital	8,9	23,3	2,2	34,3							
Valor agregado a precios básicos	**20,6**	**64,9**	**2,6**	**88,1**							
Total producción bruta a precios básicos	**52,2**	**118,6**	**5,0**	**175,8**							

PIB (1): ENFOQUE INGRESO	
+Valor Agregado	88,1
Remuneración de los asalariados	53,8
Excedente bruto de explotación	34,3
+Impuestos menos subvenciones sobre los productos	11,9
=PIB Total	**100,0**

PIB (2): ENFOQUE GASTO	
+Consumo hogares	69,2
+Consumo gobierno	14,2
+Formacion bruta de capital	21,6
+Exportaciones	15,1
-Importaciones	-20,1
=PIB Total	**100,0**

Fuente: Suescún & Steiner (2017) y cálculos propios.

Con los valores de la matriz I-O ya actualizados, se procede a calibrar los parámetros del modelo y las variables del estado estacionario. Para esto se sigue la misma metodología y proceso descrito en el documento original, la cual consiste en usar las ecuaciones de estado estacionario del modelo y los rubros de la matriz insumo producto para la estimación de los nuevos parámetros y variables. En los parámetros se incluirán las tasas efectivas de tributación, que como tal son variables exógenas del modelo, pero que más adelante se usarán para la estimación de los choques. Los parámetros se presentan en el Cuadro 1.

En el presente trabajo se mostrará únicamente la manera en que son actualizados los parámetros y algunas variables del estado estacionario. Las ecuaciones a las que se hará referencia se encuentran en el anexo del documento. Para una mejor comprensión de los parámetros y variables que se mostrarán de aquí en adelante sugerimos al lector revisar el documento original del modelo (Suescún & Steiner, 2017).

Cuadro 1.
Parámetros actualizados del modelo

Descripción		**Valor**
α_1	Elasticidad del valor agregado del sector 1 con respecto al capital	0,4311
α_2	Elasticidad del valor agregado del sector 2 con respecto al capital	0,3586
α_3	Elasticidad del valor agregado del sector 3 con respecto al capital	0,8320
A_1	Parámetro de escala de la función de producción del sector 1	1,7456
A_2	Parámetro de escala de la función de producción del sector 2	1,3077
A_3	Parámetro de escala de la función de producción del sector 3	0,8548
A_C	Parámetro de escala de la función de producción del bien de consumo	1,0061
A_D	Parámetro de escala de la función de producción del bien doméstico	1,2000
A_E	Parámetro de escala de la función de agregación de exportaciones	1,7837
A_G	Parámetro de escala de la función de producción del bien consumo del gobierno	1,2000
A_I	Parámetro de escala de la función de producción del bien de inversión	1,0108
A_ρ	Parámetro de escala de la función de prima de riesgo	1,0734
A_X	Parámetro de escala de la función de demanda de exportaciones	11,1245
β	Factor subjetivo de descuento	0,9609
γ	Tasa bruta de crecimiento del PIB por persona en edad de trabajar (15-64 años)	1,0200
δ_1	Tasa de depreciación del capital en sector 1	0,0695
δ_2	Tasa de depreciación del capital en sector 2	0,0475
δ_3	Tasa de depreciación del capital en sector 3	0,1914

Continúa en la siguiente página.

Tabla 1. Parámetros actualizados del modelo *(Continuación)*

δ_G	Tasa de depreciación de la infraestructura	0,0351
dep	Relación deuda externa total a PIB	0,3236
dpp	Relación deuda pública externa e interna a PIB	0,4465
ε	Inverso de la elasticidad de la oferta de trabajo	1,4550
η_1	Parámetro que define el tamaño de costos de ajuste de la inversión en sector 1	4,0000
η_2	Parámetro que define el tamaño de costos de ajuste de la inversión en sector 2	4,0000
η_3	Parámetro que define el tamaño de costos de ajuste de la inversión en sector 3	4,0000
η_G	Parámetro que define costos de ajuste de la inversión en infraestructura	4,0000
θ	Elasticidad del valor agregado con respecto al capital público efectivo	0,0700
ι	Parámetro de política de la Regla de Taylor	1,6750
λ	Porcentaje de la población no-Ricardiana	0,6500
μ_C	Ponderación del insumo doméstico en la producción del bien de consumo	0,9181
μ_D	Ponderación del insumo transable en la producción del bien doméstico	0,3252
μ_E	Peso de exportaciones del bien de consumo en agregado de exportaciones	0,7345
μ_I	Ponderación del insumo doméstico en la producción del bien de inversión	0,8396
ξ_1	Costo de ajuste de precios en sector 1	1,0000
ξ_2	Costo de ajuste de precios en sector 2	1,0000
ξ_M	Costo de ajuste de precios en sector importador	1,0000
π_C	Tasa bruta de inflación de largo plazo de la canasta de bienes de consumo	1,0300
π^*_C	Tasa bruta de inflación externa	1,0181
ρ	Elasticidad del spread con respecto a la deuda externa total	0,4510
e	Parámetro de suavización en la regla monetaria	0,4340
σ	Parámetro de ajuste de gasto en la regla fiscal	0,0200
ς	Valor absoluto de la elasticidad precio de la demanda de exportaciones	0,1000
φ	Parámetro que gobierna tamaño del "mark up"	6,0000
ϕ	Grado de congestión o rivalidad entre capital público y privado	0,1200
R	Tasa bruta de interés nominal de largo plazo	1,0934
$\chi_{1,1}$	Requerimiento de insumo del sector 1 en la producción bruta del sector 1	0,2824
$\chi_{1,2}$	Requerimiento de insumo del sector 1 en la producción bruta del sector 2	0,0741
$\chi_{1,3}$	Requerimiento de insumo del sector 1 en la producción bruta del sector 3	0,0000

Continúa en la siguiente página.

Tabla 1. Parámetros actualizados del modelo *(Continuación)*

$\chi_{2,1}$	Requerimiento de insumo del sector 2 en la producción bruta del sector 1	0,1533
$\chi_{2,2}$	Requerimiento de insumo del sector 2 en la producción bruta del sector 2	0,2930
$\chi_{2,3}$	Requerimiento de insumo del sector 2 en la producción bruta del sector 3	0,4278
$\chi_{3,1}$	Requerimiento de insumo del sector 3 en la producción bruta del sector 1	0,0171
$\chi_{3,2}$	Requerimiento de insumo del sector 3 en la producción bruta del sector 2	0,0000
$\chi_{3,3}$	Requerimiento de insumo del sector 3 en la producción bruta del sector 3	0,0119
$\chi_{M,1}$	Requerimiento de materias primas importadas en la producción del sector 1	0,1210
$\chi_{M,2}$	Requerimiento de materias primas importadas en la producción del sector 2	0,0434
$\chi_{M,3}$	Requerimiento de materias primas importadas en la producción del sector 3	0,0000
ψ_1^{NO}	Parámetro de desutilidad del trabajo no-Ricardiano en sector 1	0,0278
ψ_2^{NO}	Parámetro de desutilidad del trabajo no-Ricardiano en sector 2	0,0044
ψ_3^{NO}	Parámetro de desutilidad del trabajo no-Ricardiano en sector 3	3,3121
ψ_1^{O}	Parámetro de desutilidad del trabajo Ricardiano en sector 1	0,0233
ψ_2^{O}	Parámetro de desutilidad del trabajo Ricardiano en sector 2	0,0037
ψ_3^{O}	Parámetro de desutilidad del trabajo Ricardiano en sector 3	2,7730
ω_C	Elasticidad de sustitución de Armington entre bienes domésticos e importados	1,5000
ω_D	Elasticidad de sustitución entre bienes transables y no transables	0,7500
ω_I	Elasticidad de sustitución de Armington entre bienes domésticos e importados	1,5000
τ_C	Tasa efectiva de tributación del consumo	0,1261
τ_I	Tasa efectiva de tributación de la inversión	0,0296
τ_K	Tasa efectiva de tributación de la renta de capital	0,1356
τ_N	Tasa efectiva de tributación del ingreso laboral	0,0572
τ_C^M	Arancel efectivo sobre bienes de consumo importados	0,0779
τ_I^M	Arancel efectivo sobre bienes de capital y equipo importados	0,0703
τ_1^{MX}	Arancel efectivo sobre materias primas importadas de sector 1	0,0435
τ_2^{MX}	Arancel efectivo sobre materias primas importadas de sector 2	0,0538
τ_3^{MX}	Arancel efectivo sobre materias primas importadas de sector 3	0,0000
τ_1^X	Tasa de tributación del consumo intermedio del sector 1	0,0576
τ_2^X	Tasa de tributación del consumo intermedio del sector 2	0,1089
τ_3^X	Tasa de tributación del consumo intermedio del sector 3	0,0796
v	Pago de dividendos como % de la renta de capital del sector 3	0,0418

Fuente: Suescún & Steiner (2017) y cálculos propios.

Tasas de tributación y de dividendos: todas las tasas efectivas de tributación se obtienen del cociente entre el pago de impuestos y la correspondiente base impositiva. Por ejemplo, $\boldsymbol{\tau_2^X}$, la tasa de tributación efectiva sobre el uso intermedio de bienes domésticos en la producción del sector no transable se calcula como la razón entre el pago efectivo del impuesto al consumo intermedio hecho por el sector 2 (4,74) y el total de insumos usados en la producción de este sector (8,79+34,76+0):

$$\boldsymbol{\tau_2^X} = \frac{4{,}74}{(8{,}79 + 34{,}76 + 0)} = 10{,}89\%$$

Siguiendo esta metodología y con los valores estimados en el Gráfico 3, se obtiene: $\boldsymbol{\tau_1^X}$ = 5,8%, $\boldsymbol{\tau_2^X}$ = 10,9%, $\boldsymbol{\tau_3^X}$ = 8,0%, $\boldsymbol{\tau_1^{MX}}$ = 4,3% , $\boldsymbol{\tau_2^{MX}}$ = 5,4%, $\boldsymbol{\tau_3^{MX}}$ = 0%, $\boldsymbol{\tau_c^M}$ = 7,8%, $\boldsymbol{\tau_I^M}$ = 7,0%. Para las ultimas 5 tasas efectivas de tributación, se usa la razón entre el respectivo pago de aranceles y las importaciones destinadas a cada uno de los sectores, a consumo y a inversión.

En este mismo orden de ideas, la tasa efectiva de tributación que recae sobre el gasto de inversión privado (los agentes no-Ricardianos no acumulan capital) sería $\boldsymbol{\tau_I}$ =0,6/(17,8+3,1-2,1)=3,0%[6]. Según información del Ministerio de Hacienda el recaudo por impuesto de renta en 2017 fue 5,7% del PIB, en donde 1,1% del PIB correspondió al recaudo de personas naturales y 4,7% del PIB correspondió al recaudo de personas jurídicas[7]. Como se mencionó anteriormente, los autores interpretan el impuesto de renta de personas jurídicas como el impuesto pagado sobre la renta de capital. De esta forma se puede estimar la tasa efectiva de tributación del capital en $\boldsymbol{\tau_k}$ =4,7/(34,3)=13,6%, donde 34,3 corresponde a la remuneración total del factor de capital (base impositiva).

Las estimaciones de las tasas efectivas de tributación sobre la renta laboral ($\boldsymbol{\tau_N}$) y sobre el consumo doméstico final ($\boldsymbol{\tau_C}$) requieren ajustar las bases de los impuestos debido a que recaen sobre los ingresos o los gastos de las familias Ricardianas únicamente y no sobre la totalidad de la renta laboral o gasto de consumo privado. Más adelante se realizará la estimación de estas dos tasas efectivas. Por su parte, la tasa de giro de dividendos de Ecopetrol al GNC $\boldsymbol{\nu}$, expresada como porcentaje del ingreso de capital del sector petrolero, es $\boldsymbol{\nu}$ = 4,2% dado que en 2017 los dividendos pagados por Ecopetrol ascendieron a 0,09% del PIB y la renta de capital del sector petrolero fue 2,2% del PIB (Gráfico 3).

Tasa de interés, de inflación y de crecimiento: la tasa de interés nominal de mercado se estima en 9,34%, $\boldsymbol{R}$= 1,093, que corresponde al promedio anual en 2021 de la tasa de interés de colocación calculada por el Banco de la República[8]. Respecto a la inflación de estado estacionario, esta se fija en 3% acorde a la meta de inflación del banco central de Colombia ($\boldsymbol{\pi_C}$ = 1,03). El parámetro de tasa de crecimiento del PIB por persona en edad de trabajar se mantiene en $\boldsymbol{\gamma}$ = 2,0%. Mediante la ecuación [A54] se estima el factor subjetivo de descuento en $\boldsymbol{\beta}$ = 0,961, definiendo así el factor de impaciencia o prioridad que el agente representativo le da al presente[9].

6 En el denominador se tiene en cuenta la inversión doméstica, la inversión importada y se descuenta la inversión pública, la cual fue 2,1% del PIB (gasto en inversión del GNC en 2017).

7 A partir de estadísticas de la OCDE se puede identificar el recaudo de impuesto de renta que pertenece a personas naturales y personas jurídicas. Información disponible en https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=RS_GBL.

8 No se usa la tasa de interés de 2017, pues durante ese año se registró un nivel muy alto producto del pico inflacionario experimentado en 2016 por el fenómeno del niño y el paro camionero. Un nivel alto de tasa de interés produce que el factor subjetivo de descuento de los agentes tenga un valor que impida la convergencia de las variables al estado estacionario. El nivel de tasa de interés de 2021 es cercano al de 2010 (9,4%), asegurando la convergencia de las variables económicas.

9 Un factor de descuento cercano a 0 implica que el agente es impaciente, ya que valora muy poco el consumo futuro. Por su parte, un factor de descuento cercano a 1 implica que el agente es paciente, pues valora el consumo futuro igual que el consumo presente.

La tasa de interés externa es 0,69% (R^* = 1,0069), la cual se obtiene mediante el promedio en 2020 de la tasa Libor a 6 meses[10]. La tasa de inflación externa, medida por la inflación al consumidor en Estados Unidos en 2019[11] se estima en 1,81% (π_C^* = 1,0181). De la ecuación [A53], se puede obtener R^W = 1,0808, la tasa bruta de interés sobre el endeudamiento de los colombianos en el exterior. También, de la ecuación [A66], que compara R^* con R^W, se obtiene el parámetro A_ρ= 1,073 el cual determina el valor promedio de la prima de riesgo que le es cobrada a los hogares colombianos.

La relación deuda externa total (pública + privada) a PIB en el estado estacionario inicial es estimada en 32,4% (dep = 0,324) en 2017, en donde la deuda privada es d_P^* =17,0% y la deuda del GNC es d_G^* = 15,4%, de acuerdo con las estadísticas de deuda externa del Banco de la República. Del MHCP se obtiene la deuda interna del GNC: b_G = 29,3%, lo que implica un porcentaje de financiación del gobierno con bonos domésticos de g_F = 0,655 y una relación deuda pública externa e interna a PIB de dpp= 0,446.

Stocks sectoriales de capital, depreciación y retornos: el rubro de formación bruta de capital en la matriz I-O agrega toda la inversión de la economía. El total de inversión privada se obtiene como la diferencia entre ese total y la inversión en infraestructura del GNC en 2017 (2,1% del PIB). El documento original presenta la siguiente ecuación que muestra el stock de capital total privado en función de la remuneración total del capital, la inversión privada total y los impuestos a la inversión y retornos del capital:

$$k = \frac{\beta}{\gamma(1-\beta)}\left[\left(\frac{1-\tau_k}{1+\tau_I}\right) * (remuneración\ del\ capital) - inversión\ privada\right]$$

Previamente, se estimó el factor de descuento (0,961), la tasa de crecimiento del PIB per cápita (1,02), y las tasas efectivas de los impuestos al capital (0,1356) y a la inversión (0,0296). Del Gráfico 3 se puede extraer la remuneración total del capital (34,3) y la inversión privada (18,7), con lo que se puede derivar el stock total de capital en 243,4% del PIB. A partir de las ecuaciones [A44]-[A46], que relacionan la inversión, el stock de capital, la tasa de crecimiento del PIB per cápita y la depreciación, se puede estimar la tasa de depreciación promedio en δ = 0,059. De las ecuaciones [A50]-[A52], que relacionan la depreciación y el retorno al capital, se obtiene una expresión para la tasa promedio de retorno del capital u = 0,141.

A nivel sectorial, se maneja el supuesto de que el capital instalado en cada sector es proporcional a su contribución en el valor agregado total. Esto quiere decir que para el sector 1 el capital instalado corresponde a su aporte al valor agregado (20,6/88,1) por el stock total de capital (243,4). Este supuesto, junto con la inversión sectorial presentada en el Gráfico 3 y las ecuaciones anteriormente descritas permiten estimar los siguientes valores: k_1 = 56,9, k_2 = 179,2, k_3 = 7,2, i_1 = 5,1, i_2 = 12,1, i_3 = 1,5, u_1 = 0,156, u_2 = 0,130, u_3 = 0,301, δ_1 = 0,070, δ_2 = 0,047 y δ_3 = 0,191. La tasa de depreciación del capital público se sigue asumiendo en δ_G = 0,0351. La ecuación [A57] (equivalente a las ecuaciones [A44]-[A46] pero aplicadas al sector público) permite inferir el tamaño del stock de infraestructura público en el estado estacionario inicial: K_G = 38,39.

Empleo, consumo y otros impuestos: dado que los salarios reales son normalizados a la unidad ($w_1 = w_2 = w_3 = 1$), a partir de la Matriz I-O se obtienen los índices sectoriales de empleo total: $h_1 = n_1$ = 11,7, $h_2 = n_2$ = 41,6, $h_3 = n_3$ = 0,4. Adicionalmente, se mantiene el supuesto

10 Se elige este año por la similitud en niveles con la tasa de interés externa observada en 2010 (0,52%).

11 Se elige este año por la similitud en niveles con la inflación observada en 2010 (1,67%).

de que el agente Ricardiano y el no-Ricardiano trabajan la misma jornada en cada sector, es decir, $\boldsymbol{h_i} = \boldsymbol{h_i^{NO}} = \boldsymbol{h_i^{O}}$, $\boldsymbol{i} = \{1,2,3\}$. También se mantienen los supuestos que el 65% de las familias son no Ricardianas ($\boldsymbol{\lambda} = 0{,}65$) y que la elasticidad Frisch de la oferta de trabajo es 0.69 ($\boldsymbol{\varepsilon} = 1{,}455$)[12]. La tasa de endeudamiento de la familia no-Ricardiana ($\boldsymbol{\ell}$) se calcula como la proporción entre el monto de préstamos y el ingreso laboral. De acuerdo con las Cuentas Financieras del Banco de la República, los préstamos a los hogares representan en 2017 el 27,0% del PIB. Del Gráfico 3 se obtiene la remuneración total del trabajo (53,8). Esto permite encontrar un nivel de apalancamiento equivalente a:

$$\boldsymbol{\ell} = \frac{27{,}0}{\boldsymbol{\lambda}\left(\sum_{i=1}^{3} \boldsymbol{w_i}\, \boldsymbol{h_i^{NO}}\right)} = \frac{27{,}0}{0{,}65 * 53{,}8} = 0{,}77$$

De las ecuaciones [A41]-[A43], que presentan la oferta de trabajo en función del salario y el nivel de apalancamiento, se pueden estimar los parámetros de desutilidad del trabajo no-Ricardiano: $\boldsymbol{\psi_1^{NO}} = 0{,}028$, $\boldsymbol{\psi_2^{NO}} = 0{,}004$, $\boldsymbol{\psi_3^{NO}} = 3{,}312$.

Entre tanto, la tasa efectiva de tributación sobre el ingreso laboral Ricardiano asciende a:

$$\boldsymbol{\tau_N} = \frac{\textit{Impuesto sobre la renta laboral}}{(\mathbf{1}-\boldsymbol{\lambda})\left(\sum_{i=1}^{3} \boldsymbol{w_i}\, \boldsymbol{h_i^{O}}\right)} =$$

$$\frac{1{,}1}{0{,}35 * 53{,}8} = 5{,}7\%$$

De la ecuación [A39], que define el consumo en función de los ingresos totales, se puede estimar el consumo de cada agente no-Ricardiano, $\boldsymbol{c^{NO}} = 53{,}2$, en el estado estacionario bajo el supuesto que no reciben transferencias de suma fija del gobierno ($\boldsymbol{t^{NO}} = 0$). De la ecuación [A69], que iguala la oferta y demanda del bien de consumo, se estima el consumo de cada agente Ricardiano, $\boldsymbol{c^{O}} = 86{,}6$, lo cual permite derivar la tasa de tributación efectiva sobre el consumo:

$$\boldsymbol{\tau_C} = \frac{\textit{Impuesto sobre el consumo}}{(\mathbf{1}-\boldsymbol{\lambda})\boldsymbol{c^{O}}} =$$

$$\frac{3{,}8}{0{,}35 * 86{,}6} = 12{,}6\%$$

Por su parte, de las ecuaciones [A47]-[A49] (oferta de trabajo en función del salario real descontando impuestos) se pueden obtener los parámetros de desutilidad de los agentes Ricardianos: $\boldsymbol{\psi_1^{O}} = 0{,}023$, $\boldsymbol{\psi_2^{O}} = 0{,}004$, $\boldsymbol{\psi_3^{O}} = 2{,}773$.

Tecnologías: al igual que en el documento original, se asume la propiedad de proporciones fijas de las tecnologías. De las condiciones de primer orden de las firmas se deriva que el uso de insumos intermedios domésticos $x_{j,i}$ es proporcional a la producción bruta yy_i (ecuaciones [A10] a [A18]). Esto permite estimar los nueve coeficientes técnicos $x_{j,i}$. Por ejemplo, el coeficiente técnico de uso del bien transable doméstico en la producción no transable ($x_{1,2}$) se calcula como:

$$\boldsymbol{\chi_{1,2}} = \frac{\boldsymbol{x_{1,2}}}{\boldsymbol{yy_2}} = \frac{8{,}8}{118{,}6} = 0{,}074$$

Donde 8,8 representa el insumo del sector 1 usado en la producción del sector 2 y 118,6 equivale a la producción total del sector 2. Los demás coeficientes técnicos de insumo-producto son: $X_{1,1} = 0{,}282$, $X_{1,2} = 0{,}074$, $X_{1,3} = 0$, $X_{2,1} = 0{,}153$, $X_{2,2} = 0{,}293$, $X_{2,3} = 0{,}428$, $X_{3,1} = 0{,}017$, $X_{3,2} = 0$ y $X_{3,3} = 0{,}012$. Siguiendo la misma metodología se estiman los tres coeficientes técnicos asociados con insumos importados (ecuaciones [A19] a [A21]): $X_{M,1} = 0{,}121$, $X_{M,2} = 0{,}043$ y $X_{M,3} = 0$.

Por su parte, las ecuaciones [A1]-[A6], que determinan la demanda óptima de trabajo y capital en cada uno de los sectores, permiten estimar los tres parámetros $\boldsymbol{\alpha_i}$, los cuales satisfacen la condición:

12 La elasticidad se define como el cambio porcentual en la oferta de trabajo ante un cambio porcentual en el salario real, manteniendo la utilidad marginal del consumo constante.

$$\frac{\boldsymbol{\alpha_i}}{\mathbf{1}-\boldsymbol{\alpha_i}} = \frac{remuneración\ del\ capital\ en\ sector\ i}{remuneración\ del\ trabajo\ en\ sector\ i}$$

Entonces, $\alpha_1 = 0{,}431$, $\alpha_2 = 0{,}359$ y $\alpha_3 = 0{,}832$. De acá se encuentra que el sector petrolero es el sector más intensivo en el uso de capital y el no transable el menos. Respecto al estado estacionario inicial de los índices de productividad total y sectorial de los factores, estos se igualan a la unidad: $A_t^i = A^i = 1$, $\forall i = A_t = A$ y $= 1$. La elasticidad del valor agregado con respecto al capital público se mantiene en $\theta = 0{,}07$. De las ecuaciones [A7]-[A9], que definen las funciones de producción sectorial, se estiman los parámetros de escala sectoriales: $A_1 = 1{,}746$, $A_2 = 1{,}308$ y $A_3 = 0{,}855$.

Agregadores Cobb-Douglas y CES: la elasticidad de sustitución entre variedades se mantiene en $\varphi = 6$, lo que implica un *mark-up* sobre el costo marginal de 1,20. De la ecuación [A30] (ecuación del precio del bien doméstico) se calibra $A_D = 1{,}2$ para asegurar $p_D = 1$ (el precio en estado estacionario es 1). La elasticidad de sustitución entre bienes transables y no transables ω_D se mantiene en 0,75. De las ecuaciones [A28], [A29] y [A76], que presentan las demandas óptimas de insumos como función de los precios relativos, se estima $\mu_D = 0{,}325$, $Z_1 = 23{,}9$ y $Z_2 = 49{,}6$. Las elasticidades de sustitución entre importaciones y bienes domésticos se mantienen en $\omega_C = \omega_I = 1{,}5$. De las ecuaciones [A31] a [A36], que establecen las condiciones de primer orden del bien de inversión y consumo, se pueden derivar: $(A_I, \mu_I) = (1{,}011, 0{,}840)$ y $(A_C, \mu_C) = (1{,}006, 0{,}918)$. En relación con el agregador Cobb-Douglas de exportaciones (ecuación [A63]), la ponderación $\mu_E = 0{,}735$ se estima a partir de la relación entre el valor de las exportaciones no petroleras y el valor total de exportaciones. De la última ecuación se calcula el parámetro de escala $A_E = 1{,}784$. De la ecuación [A77] (condición de equilibrio entre la oferta y demanda de la producción del sector 2) se puede calibrar $Z_G = 11{,}9$ y de la ecuación [A37] (condición de equilibrio del bien de consumo público) se puede obtener $A_G = 1{,}20$.

Otras Funciones: en la función de demanda de exportaciones no petroleras, el índice de actividad económica externa es normalizado a la unidad, $y^* = 1$. De la ecuación [A62], que define las exportaciones de consumo, se obtiene el parámetro de escala $A_X = 11{,}125$. Entre tanto, la elasticidad de la demanda de exportaciones al precio relativo se fija en $\varsigma = 0{,}1$ (valor absoluto)[13]. Los parámetros restantes se mantienen igual, ya que provienen de trabajos académicos que se mencionan formalmente en el documento original y no dependen de la información que se encuentra en la matriz I-O o de variables observadas.

Finalmente, el estado estacionario de los principales agregados macroeconómicos se obtiene en forma directa de la Matriz I-O 2017 y de las ecuaciones de estado estacionario (ver Suescún & Steiner, 2017). Algunas variables como las tasas de interés, el consumo de los hogares, el trabajo ofrecido por los agentes, el stock de capital, la inversión en cada sector, el retorno del capital y el endeudamiento se abordaron en los párrafos anteriores. El resto de las variables se calculan de manera similar.

B. Estimación del choque de la reforma tributaria

En esta subsección se presenta el choque que es usado para calcular los impactos de la reforma tributaria en el crecimiento económico. Como insumo principal, se utiliza el recaudo estimado por el MHCP en el Marco Fiscal de Mediano Plazo (MFMP) de 2023. En dicho documento, se estiman unos ingresos adicionales del orden de 1,1% del PIB en 2023[14], 1,3% del PIB en 2024 y 1,4% del PIB en 2025 y 2026.

Para la estimación del choque solo se van a tener en cuenta las medidas de la reforma tributaria relacionadas con los impuestos a personas jurídicas, que,

13 Originalmente los autores plantearon un valor de 0,471 que fue tomado de Giraldo (2015), pero por temas de convergencia del modelo, se modificó el valor a 0,1 (elasticidad más inelástica).

14 El recaudo estimado para 2023 luce creíble, ya que hasta octubre el recaudo tributario como porcentaje del PIB se ubicaba 1,9 p.p. por encima del observado en 2022 (DIAN, 2023). Para estos cálculos se usan el pronóstico de PIB nominal del MFMP.

como se mencionó, fue uno de los componentes más cuestionados de la reforma. Esto quiere decir que no se consideran los nuevos impuestos a las bebidas azucaradas y a los alimentos ultraprocesados, ya que representan un gravamen a un grupo muy específico de bienes de consumo, al representar el 1,2% del total de bienes según las ponderaciones de la canasta de seguimiento del IPC (Fedesarrollo, 2022c). Aspecto que el modelo no puede incorporar de manera individual y que podría inducir resultados erróneos si se asume como una mayor tributación a todos los bienes de consumo. Mientras que modelar el efecto de manera general podría tener un impacto en todos los sectores productivos, en la realidad es probable que esta medida tenga impactos solo en los sectores que participan en la producción de este tipo de bienes de consumo.

De igual forma, no se consideran las medidas que aluden al impuesto de renta de personas naturales, pues estas están dirigidas hacia la población de más altos ingresos, por ejemplo, las tarifas marginales al patrimonio o a los dividendos de personas residentes. El modelo, al no incorporar efectos redistributivos o la inclusión de agentes heterogéneos con desigualdad de ingreso y/o propensiones a consumir e invertir diferentes, podría conllevar a estimar sendas de crecimiento económico que no reflejen el efecto completo de la reforma tributaria. De manera similar a los impuestos al consumo, incluir una mayor carga tributaria general (en este caso a los agentes Ricardianos) podría inducir efectos a nivel agregado que probablemente no sean acordes a los de una política tributaria progresiva en impuestos de personas naturales.

Por otro lado, la mayor parte de modificaciones al estatuto tributario de personas jurídicas tiene un efecto más general, tal es el caso de la no deducibilidad del ICA, la reducción de rentas exentas, la nueva tarifa a ganancias ocasionales, un mayor límite a los beneficios tributarios y el impuesto mínimo de renta. No obstante, uno de los grandes cambios de la reforma con incidencia particular es la sobretasa al sector extractivo, que por diseño del modelo no se puede incorporar únicamente al sector petrolero[15], pero que igual se tiene en consideración. En cualquier caso, los cambios relacionados con personas jurídicas inducen un desincentivo general a la inversión, pues incrementan el costo de uso del capital (Fedesarrollo, 2022b).

En el Cuadro 2 se muestra cómo se distribuye el recaudo de la reforma de 2022 relacionado con los cambios en el estatuto tributario de personas jurídicas. Durante 2024, 2025 y 2026 se descuenta el recaudo por concepto de deducción de regalías (0,2% del PIB), lo cual refleja la decisión de la Corte Constitucional de declarar inexequible el artículo 19 de la Ley 2277 de 2022[16] (Corte Constitucional, 2023). Dicho rubro no se descuenta en 2023, pues para ese año la señal que recibieron los agentes económicos era que sí se iba a hacer efectivo el cobro de dicho impuesto.

Tomando como referencia la notación del modelo, el impuesto a personas jurídicas sería el impuesto a la renta del capital. El choque que se va a modelar consiste en variaciones de la respectiva tasa efectiva de tributación. Con esto en mente, las nuevas tasas efectivas en cada año se estiman a partir de la proporción entre el recaudo total del impuesto (el recaudo de estado estacionario más el recaudo estimado de la reforma) y la base impositiva. El Cuadro 3 presenta las nuevas tasas efectivas de tributación.

15 Recordemos que la tasa impositiva a la renta del capital tiene incidencia sobre las decisiones del agente Ricardiano y no sobre las decisiones de producción de los sectores económicos. En este caso, no es posible aplicar la mayor carga tributaria únicamente sobre el sector petrolero, sino que se aplica sobre las decisiones de inversión del agente representativo.

16 Dicho artículo prohibía la deducibilidad de las regalías del impuesto sobre la renta.

Cuadro 2.
Recaudo estimado de la reforma tributaria de 2022 relacionado con personas jurídicas

Rubro	2023	2024	2025	2026
Sobretasa minera y petrolera	0,3	0,1	0,1	0,1
Deducción de regalías*	0,2	0,0	0,0	0,0
ICA deducible	0,1	0,1	0,1	0,1
Rentas exentas	0,01	0,01	0,01	0,01
Ganancias ocasionales	0,00	0,04	0,04	0,04
Dividendos internos y extranjeros	0,04	0,04	0,04	0,04
Tarifas reducidas	0,01	0,01	0,01	0,01
Sobretasa financiera y a hidroeléctricas	0,04	0,04	0,04	0,1
Otros impuestos	0,1	0,1	0,1	0,1
Impuesto mínimo (15%)	0,05	0,05	0,05	0,05
Límite beneficios tributarios	0,01	0,01	0,01	0,01
Zonas francas	0,00	0,00	0,04	0,04
Presencia económica significativa	0,00	0,00	0,01	0,01
Recaudo total personas jurídicas *	**0,8**	**0,4**	**0,4**	**0,4**

Fuente: MHCP, 2023a.
*El recaudo descuenta el valor por deducción de regalías de 2024 a 2026.

Cuadro 3.
Tasas efectivas de tributación del impuesto al capital

Impuesto	Estado estacionario	2023	2024	2025	2026
Impuesto al capital (p. jurídicas)	13,6	15,9	14,7	14,7	14,7

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente sección se muestran los resultados del ejercicio. Por practicidad solo se va a modelar el crecimiento económico de los primeros cuatro años de la reforma. Con este criterio se cubren únicamente los efectos de corto y mediano plazo, dado que un análisis de largo plazo pierde importancia cuando se tiene en cuenta la realidad política de Colombia, en donde en promedio se realiza una reforma tributaria cada 2 años[17].

Para la estimación de los efectos de la reforma tributaria solo se actualizaron los parámetros del modelo y los niveles de estado estacionario. La optimización dinámica y las ecuaciones y su solución son las mismas a las presentadas en el documento original[18]. Durante el ejercicio no se considera el ajuste automático de la política monetaria, pues variaciones en la tasa de interés tendrían efectos en el crecimiento, contaminando el impacto de la reforma tributaria. Además, es poco probable que en la realidad la reforma tenga efectos inflacionarios e incida en las futuras decisiones de la Junta Directiva del Banco de la República.

IV. Análisis de resultados

Para esta sección se realizaron diferentes simulaciones de manera que se consideraron los posibles usos que el gobierno le puede dar al nuevo recaudo. Como escenario base se plantea una situación sin reforma tributaria y sin variaciones en el gasto ni la inversión del gobierno. Como escenarios alternativos, se consideran: i) una situación en la cual se realiza la reforma tributaria y todo el recaudo se destina para incrementar la inversión en infraestructura, ii) una situación en donde todo el recaudo se destina para gasto corriente del gobierno y iii) una situación en la cual el nuevo recaudo se usa para financiar transferencias directas a los hogares No Ricardianos[19]. Durante esta sección el escenario 1 (escenario base) será usado como punto de referencia. Las diferencias en las sendas de producción agregada (PIB), consumo e inversión se muestran en el Gráfico 4.

Como se puede observar, entre los distintos escenarios existen diferencias en la producción agregada que se mantienen durante 2023-2026. Tomando como referencia al escenario base, el escenario que registra un mayor nivel de PIB para 2026 es el de reforma tributaria y gasto en inversión, mientras que el escenario con menor nivel de producción agregada en ese mismo año es el de reforma tributaria con transferencias a los hogares No Ricardianos.

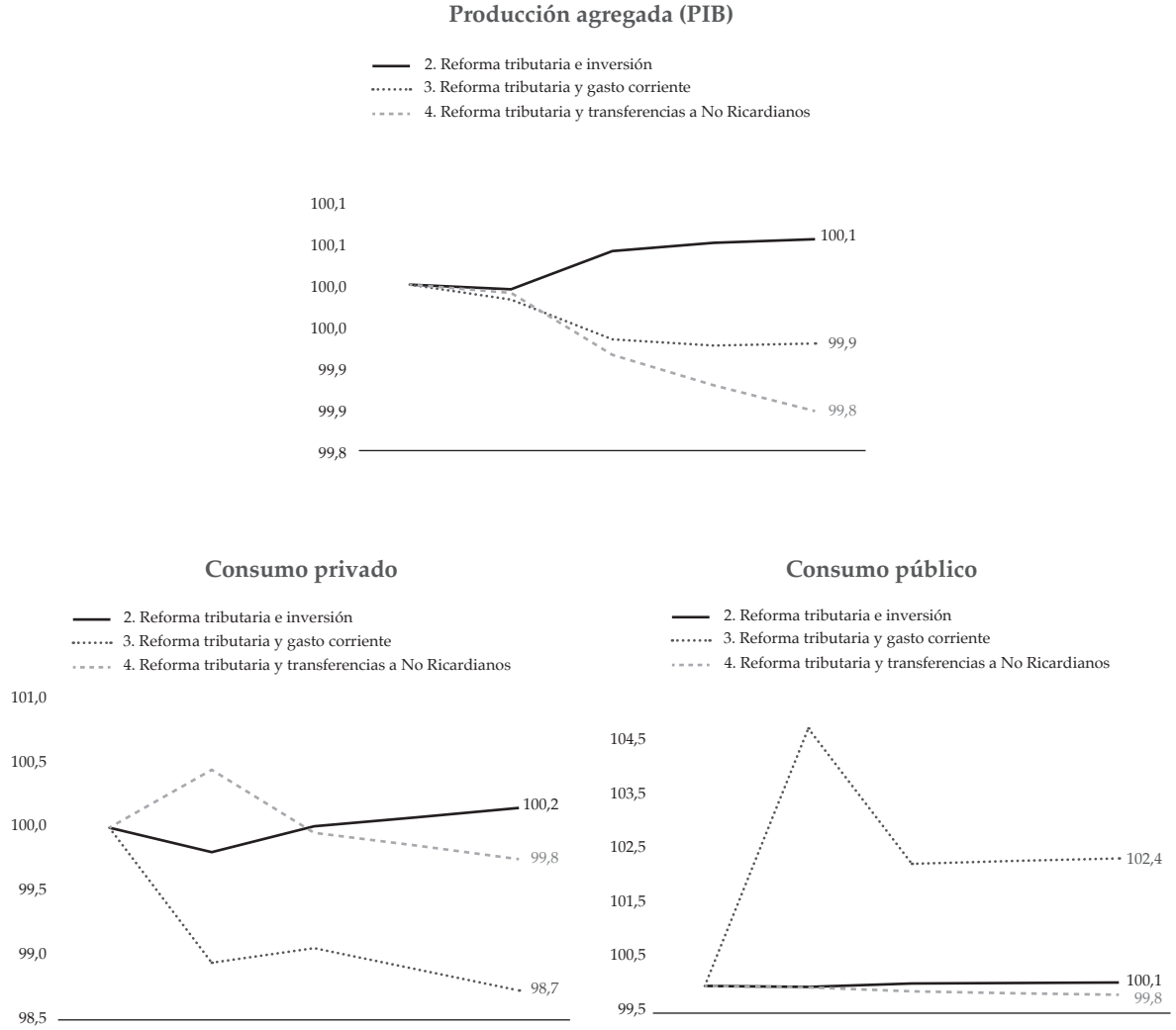
Mas aún, sobresale el hecho de que el escenario 2, de reforma tributaria y gasto en infraestructura, presenta un mayor nivel de actividad económica respecto al escenario base (escenario 1). Esto se encuentra en línea con la evidencia empírica de multiplicadores de gasto e impuestos identificada en Rincón et al. (2014), en donde se menciona que en promedio el multiplicador del gasto, en valor absoluto, es mayor que el multiplicador de los impuestos. Aunque esto último no se observe en los escenarios 3 y 4. De estos resultados se puede deducir que cada uno de los posibles usos del nuevo recaudo tiene diferentes efectos en el crecimiento económico. En el Cuadro 4 se analiza en mayor detalle las diferencias entre los escenarios.

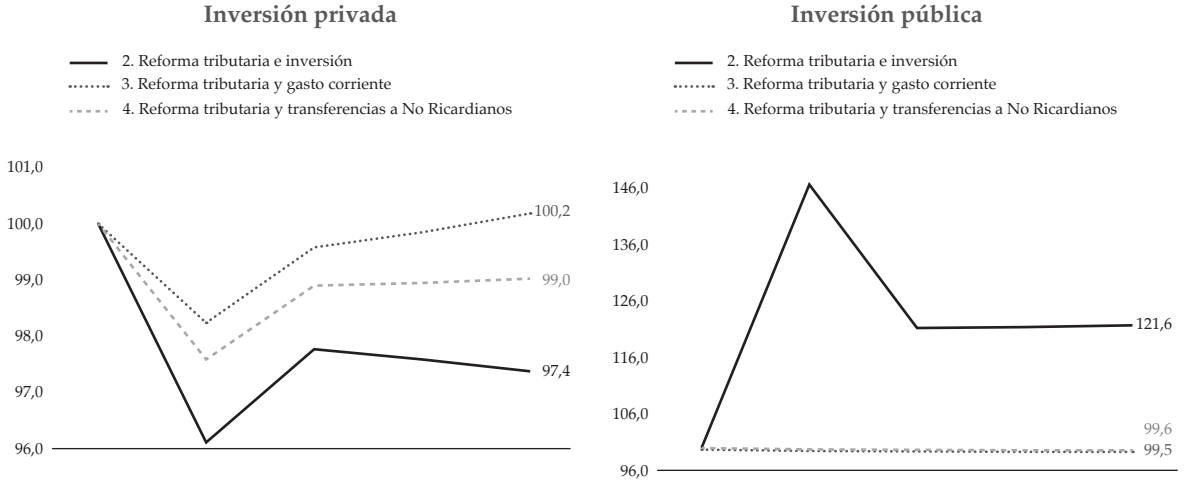
17 Desde 2012 se han realizado 7 reformas tributarias.

18 Se empleó el software Matlab para la construcción y ejecución del modelo.

19 Las transferencias a las familias No Ricardianas guardan cierta similitud con transferencias a la población más vulnerable, pues, al igual que los agentes No Ricardianos, la población de bajos ingresos en general no paga impuestos directos ni realiza inversión de capital.

Gráfico 4.
Diferencias en las sendas de producción agregada (PIB), consumo e inversión
(Escenario base = 100)





Fuente: Suescún & Steiner (2017) y cálculos propios.

Nota: Se usan choques de productividad durante 2023-2026 para simular, en ausencia de otros choques, el crecimiento real del PIB proyectado por el MHCP (2023a). Estos crecimientos sirven como punto de partida en todos los escenarios para el cálculo de los efectos de la reforma.

Cuadro 4.
Variación entre los escenarios alternativos frente al escenario base (pps)
(Alternativo - Base) / Base

Choque	Rubros del PIB por el lado de la demanda	2023	2024	2025	2026	Prom, 23-26
2. Impuesto e inversión	**PIB**	**-0,006**	**0,040**	**0,050**	**0,054**	**0,035**
	Consumo total	-0,16	0,02	0,08	0,14	0,02
	Consumo hogar	-0,19	0,01	0,08	0,15	0,01
	Consumo gobierno	-0,01	0,04	0,06	0,07	0,04
	Inversión total	1,20	0,10	-0,07	-0,27	0,24
	Inversión privada	-3,89	-2,23	-2,41	-2,62	-2,79
	Inversión pública	46,57	21,16	21,37	21,63	27,68
	Exportaciones	0,05	0,02	0,01	-0,02	0,02
	Importaciones	-0,25	-0,20	-0,18	-0,15	-0,20

Continúa en la siguiente página.

Tabla 4. Variación entre los escenarios alternativos frente al escenario base (pps)
(Alternativo - Base) / Base *(Continuación)*

Choque	Rubros del PIB por el lado de la demanda	2023	2024	2025	2026	Prom, 23-26
3. Impuesto y gasto corriente	**PIB**	**-0,018**	**-0,066**	**-0,074**	**-0,071**	**-0,057**
	Consumo total	0,00	-0,35	-0,47	-0,60	-0,35
	Consumo hogar	-1,05	-0,94	-1,10	-1,27	-1,09
	Consumo gobierno	4,78	2,27	2,33	2,37	2,94
	Inversión total	-1,61	-0,42	-0,18	0,12	-0,52
	Inversión privada	-1,76	-0,42	-0,15	0,19	-0,53
	Inversión pública	-0,28	-0,39	-0,46	-0,51	-0,41
	Exportaciones	0,22	0,28	0,39	0,52	0,35
	Importaciones	-1,54	-1,37	-1,52	-1,66	-1,52
4. Impuesto y transferencias a las familias No Ricardianas	**PIB**	**-0,010**	**-0,085**	**-0,122**	**-0,153**	**-0,092**
	Consumo total	0,36	-0,05	-0,14	-0,23	-0,01
	Consumo hogar	0,45	-0,04	-0,14	-0,25	0,01
	Consumo gobierno	-0,03	-0,09	-0,13	-0,16	-0,10
	Inversión total	-2,19	-1,02	-0,98	-0,92	-1,28
	Inversión privada	-2,41	-1,10	-1,05	-0,97	-1,38
	Inversión pública	-0,20	-0,30	-0,36	-0,43	-0,32
	Exportaciones	0,11	0,12	0,17	0,23	0,16
	Importaciones	-0,75	-0,77	-0,89	-1,01	-0,86

Fuente: Suescún & Steiner (2017) y cálculos propios.

Nota: Se usan choques de productividad durante 2023-2026 para simular, en ausencia de otros choques, el crecimiento real del PIB proyectado por el MHCP (2023a). Estos crecimientos sirven como punto de partida en todos los escenarios para el cálculo de los efectos de la reforma.

Reforma tributaria y gasto en infraestructura: en el escenario 2 se asume que todo el nuevo recaudo se destina para incrementar la inversión pública, lo cual tiene efectos directos en la inversión privada y en el stock de capital público disponible. Específicamente, se observa que la inversión total se ubica en promedio 0,24 p.p. por encima de la registrada en el escenario base, consecuencia de un incremento promedio de 27,68 p.p. en la inversión pública y una contracción promedio de 2,79 p.p. en la inversión privada respecto al escenario 1. La mayor disminución de la inversión privada en comparación con lo observado en los escenarios 3 y 4 responde a un efecto desplazamiento del sector privado por parte del sector público, pues a priori se fija de manera exógena la inversión en infraestructura pública.

No obstante, el factor que explica un mayor nivel de producción agregada respecto al escenario base es la misma inversión pública. Para entender esto se debe tener presente que la infraestructura pública incide positivamente en la productividad total de los factores del sector privado, pues el capital público instalado al comienzo del periodo t ($K_{G,t-1}$) eleva la productividad de los factores primarios como una externalidad o efecto *spillover* (Suescún & Steiner, 2017).

Por el lado del consumo privado, este se ve reducido en 2023 producto de la nueva reasignación de los factores productivos (capital y trabajo) que disminuye el ingreso laboral de los agentes Ricardianos y No Ricardianos (-0,16 p.p. respecto al escenario 1). Sin embargo, en los siguientes años las externalidades positivas del capital público aumentan la productividad marginal del trabajo, y por ende el salario, permitiendo que el consumo privado se recupere y registre una variación promedio de 0,01 p.p. respecto al escenario base. Entre tanto, el consumo público, al estar definido como proporción del PIB, registra variaciones similares al PIB real. La mayor oferta de bienes y un consumo relativamente estable produce una caída en el precio del bien de consumo doméstico, lo que se traduce en un aumento de la tasa de cambio real[20] que beneficia las exportaciones y reduce las importaciones. Con estas dinámicas, la producción agregada (PIB) se ubica en promedio en un nivel que es 0,035 p.p. superior al del escenario base.

Reforma tributaria y gasto corriente: en el escenario 3 se asume que el nuevo recaudo se destina para un mayor financiamiento del gasto en funcionamiento. Al respecto, se observa que la inversión total se ubica en promedio 0,52 p.p. por debajo de la registrada en el escenario base, lo cual se explica por una reducción promedio de 0,53 p.p. de la inversión privada como consecuencia de la mayor carga impositiva. A su vez, se observa un nivel de inversión pública que es 0,41 p.p. inferior a la del escenario de referencia, pues esta se encuentra definida como proporción del PIB, el cual presenta un comportamiento similar durante 2023-2026.

Por el lado del consumo privado, este se ve reducido producto de la nueva reasignación de factores productivos y del menor stock de capital público y privado (menor productividad marginal del trabajo), lo que en su conjunto disminuye el ingreso laboral de los agentes Ricardianos y No Ricardianos (promedio de -0,47 p.p. respecto al escenario 1), reduciendo así la capacidad adquisitiva de todos los hogares. Por su parte, el consumo público aumenta gracias a los recursos recaudados por la reforma y se ubica 2,94 p.p. por encima del nivel observado en el escenario base. No obstante, el mayor consumo público no alcanza a compensar la caída del consumo privado, dejando al consumo total con un nivel promedio que es 0,35 p.p. inferior al del escenario de referencia. Con este desempeño del consumo, el precio del bien de consumo doméstico registra una reducción relativa, lo que nuevamente se traduce en un aumento de la tasa de cambio real que beneficia las exportaciones y reduce las importaciones. Con estas dinámicas, la producción agregada (PIB) se ubica en promedio en un nivel que es 0,057 p.p. inferior al del escenario base.

Reforma tributaria y transferencias a los hogares No Ricardianos: en el escenario 4 la inversión total registra un nivel que es en promedio 1,28 p.p. inferior al nivel del escenario base. Este desempeño negativo en la inversión es consecuencia de la mayor carga impositiva a la renta del capital y que el nuevo recaudo se destina en transferencias directas a los hogares No Ricardianos, los cuales no tienen posibilidad de invertir y por tanto no compensan la pérdida en inversión privada que es causada por el mayor costo de uso al capital.

Por su parte, el consumo privado se ve menos reducido como consecuencia de las transferencias a las familias No Ricardianas, lo que les permite tener un mayor nivel de consumo respecto al escenario 3

20 La tasa de cambio real depende de manera inversa del precio del bien de consumo doméstico y de manera directa del precio del bien de consumo extranjero (para un mayor detalle ver el documento original).

(2023-2026) y al escenario 2 (únicamente en 2023[21]). No obstante, el consumo total sigue siendo inferior al del escenario base cuando se considera el consumo de los agentes Ricardianos y el consumo del gobierno. Las dinámicas de las exportaciones y las importaciones son similares a las observadas en el escenario 3. Con estos resultados, la producción agregada (PIB) se ubica en promedio en un nivel que es 0,092 p.p. inferior al del escenario base.

V. Ejercicio de robustez

Como ejercicio de robustez se propone estimar el impacto de la reforma tributaria en el crecimiento económico a través del modelo de equilibrio general computable de Fedesarrollo[22] (MECF). Dentro de las ventajas que tiene este modelo, respecto al modelo dinámico, se encuentra que el MECF es una herramienta que cuenta con mayor información a nivel de sectores económicos y permite tener una mayor desagregación de las relaciones entre los distintos agentes presentes en la economía. No obstante, entre las desventajas del MECF está que este modelo no tiene un carácter propiamente dinámico, por lo que el comportamiento de los agentes en el presente no depende o afecta su comportamiento en periodos futuros.

Al igual que el modelo de equilibrio general presentado en la sección 3, el modelo de equilibrio computable también usa la MCS como principal fuente de información para la calibración de los parámetros[23]. Dicha calibración se realiza de modo que, en ausencia de choques, el MECF reproduce los flujos observados en la MCS durante cada uno de los periodos que se simulan. Para el análisis del impacto de la reforma durante 2023-2026, se suponen sendas de crecimiento en las principales variables económicas de los escenarios base y alternativo, de forma que, en ausencia de choques, la economía registre el crecimiento proyectado por el MHCP[24]. Para realizar esto último, se emplea una dinámica recursiva, en donde la solución del sistema de ecuaciones en un período temporal se utiliza como insumo fundamental para calcular las condiciones iniciales del siguiente período.

Lamentablemente no existe un documento que presente de manera formal y extensiva la especificación del modelo. No obstante, de Lora, E. (2020), Perfetti, J. & Botero, J. (2018) y Forero (2016) se puede conocer la historia de los modelos de equilibrio general computable de Fedesarrollo, los usos que se le han dado a estas herramientas y las características principales del modelo.

Por el lado de la oferta, el modelo supone funciones de producción anidadas tipo CES[25] que agregan Capital, Trabajo y Consumo Intermedio en diferentes niveles y en donde la canasta del factor trabajo se divide en cinco tipos: rural independiente, rural asalariado, urbano asalariado calificado, urbano asalariado no calificado y urbano independiente. En cada nivel la forma de abordar la maximización es a través del problema dual del productor, es decir, de minimización de costos:

$$Min\ V = \left[\sum_i a_i(\lambda_i X_i)^{\rho}\right]^{\frac{1}{\rho}}$$

Donde a_i es la importancia relativa de cada factor de producción; λ_i es un parámetro tecnológico; X_i es un factor de producción y ρ está relacionado con la

21 A partir de 2024 las externalidades positivas de la inversión pública permiten un mayor nivel de productividad/salario que mejoran el consumo privado respecto al escenario 4.

22 El objetivo del ejercicio guarda similitudes con el documento de Steiner, R. & Gómez, H. (2015), donde los autores usaron el modelo de equilibrio general computable de Fedesarrollo para estudiar los impactos de la reforma tributaria de 2012 sobre el crecimiento económico.

23 El modelo usa la MCS de 2011. Por limitaciones en la información disponible, no fue posible actualizarla.

24 Estos crecimientos sirven como punto de partida en ambos escenarios para el cálculo de los efectos de la reforma.

25 Las funciones de producción CES (*Constant Elasticity of Substitution*) son funciones que tienen elasticidad de sustitución constante entre los factores.

elasticidad de sustitución. Igualmente, se supone que tanto el Trabajo como el Capital son factores de producción móviles y que todos los sectores productivos operan bajo competencia perfecta (Perfetti, J. & Botero, J., 2018; Forero, 2016).

Por el lado de la demanda, esta se divide en dos partes: i) la demanda de los hogares y ii) la del resto de los agentes. Los hogares desagregan primero su ingreso entre ahorro y consumo mediante una propensión a ahorrar constante. El ingreso disponible para su consumo lo asignan a través de una función lineal de gasto, en donde primero cubren el consumo de subsistencia y luego el gasto discrecional lo distribuyen entre los distintos bienes a partir de los parámetros de propensión marginal a consumir calibrados con la MCS. Por su parte, la demanda de los demás agentes de la economía (gobierno, inversión de las Firmas, resto del mundo) toma la forma de una CES, distribuyendo el gasto total de cada agente entre cada producto (Forero, 2016).

Para poder estimar los efectos en crecimiento se realizaron varias modificaciones al modelo. Primero se creó el rubro de impuestos directos que los hogares y las firmas pagan al gobierno, pues este no existía de manera independiente en el modelo original ni en la MCS que se usa como insumo principal. Para sacar este rubro, se calculó, con información de la MCS de 2015, la proporción entre el impuesto directo pagado por las firmas (hogares) y el total de transferencias de las firmas (hogares) al gobierno (incluido el impuesto directo). Luego, se aplicó dicha proporción a la MCS de 2011 para crear una nueva fila y columna que reflejaran la transacción de impuestos directos de manera independiente.

Luego, se modificaron las ecuaciones de los hogares, firmas y gobierno[26]. La siguiente ecuación simplificada muestra el cambio que se realizó para el caso de las firmas:

$$Gasto\ de\ las\ firmas = \sum_{i=1}^{instituciones} transferencias\ directas + inversión + pago\ impuestos\ directos$$

Donde el nuevo gasto de las firmas incorpora: las transferencias directas a los demás agentes institucionales (incluidas las transferencias al resto del mundo), la inversión (término simplificado) que realizan las firmas y el pago de impuestos directos (término que se agregó). En el caso del gasto de los hogares y el ingreso del gobierno se siguió un proceso similar.

Para las simulaciones, se tienen que definir algunos cierres macroeconómicos, los cuales son necesarios dado que el modelo no contempla decisiones de inversión ni ahorro (no hay optimización dinámica). En otras palabras, al no haber ecuaciones que definan estos dos rubros, hay más incógnitas que ecuaciones y es necesario fijar exógenamente una o más variables, de manera que las demás se ajustan ante el choque impuesto y se obtiene una solución única. Esto es lo que se denomina cierre macroeconómico (Suescún & Steiner, 2017).

Al respecto, el modelo considera dos tipos de cierres, los cierres en las cuentas fiscales y los cierres en el mercado de capitales. En el primer tipo de cierres se pueden simular ajustes en las variables de consumo corriente del gobierno, inversión pública, impuestos directos e indirectos y ahorro público, mientras que en el segundo tipo de cierres se pueden considerar ajustes en las variables de inversión privada, deuda externa y tasa de cambio real.

Para llevar a cabo las simulaciones se definieron tres escenarios: i) uno sin choques (escenario 1 o base), ii) uno en donde se ajustan los mayores ingresos tributarios vía una mayor inversión en infraestructura pública, similar al escenario 2 del modelo dinámico, y iii) otro en donde aumenta el gasto corriente, similar

26 Las ecuaciones del modelo se encuentran escritas en lenguaje matricial en el programa GAMS.

al escenario 3. El Cuadro 5 presenta en mayor detalle los cierres.

En el escenario 2 se fija exógenamente el consumo público, los impuestos indirectos, el déficit público y el déficit externo. Que el déficit externo no cambie, permite que los hogares no se endeuden más y por tanto su ingreso disponible se vea reducido producto del recaudo de mayores impuestos. Que los impuestos indirectos, el consumo público y el déficit público, se mantengan estables, permite que la única variable de ajuste del gobierno sea la inversión en infraestructura, pues se deberá gastar más en este rubro para mantener el déficit público constante. Por su parte, en el escenario 3 se fija exógenamente el ahorro público[27] en lugar del consumo público, lo que permite que ahora la variable de ajuste sea el gasto corriente y no la inversión pública. Los niveles de las variables exógenas se fijan a partir de los flujos observados en la MCS en el año base.

Al igual que en la sección 4, en el ejercicio de robustez solo se van a considerar los efectos de la reforma relacionados con una mayor tributación de personas jurídicas. La estimación del choque se realiza a partir del recaudo estimado por el MHCP (Cuadro 2) y los pronósticos de crecimiento del PIB real que se encuentran en el Marco Fiscal de Mediano Plazo de 2023. Para cada ejercicio se plantea un escenario base sin reforma y un escenario alternativo que incorpora el recaudo tributario adicional. En este caso, el choque no se estima mediante tasas efectivas de tributación, sino por medio de variaciones reales del recaudo[28], que es el rubro que se puede identificar en la MCS y en las ecuaciones del modelo. Las diferencias entre escenarios se muestran en los Cuadros 6 y 7.

Cuadro 5.
Cierres macroeconómicos
(una X significa que se define de manera exógena)

Cierre	Escenario 2	Escenario 3
Consumo público	X	
Ahorro público		X
Impuestos indirectos	X	X
Inversión pública		
Déficit público	X	X
Déficit externo	X	X
Inversión privada		
Tasa de cambio		

Fuente: Elaboración propia.
Nota: Se modelaron 2 escenarios sin choques, donde cada uno consideraba los respectivos cierres macroeconómicos del escenario alternativo con el que se iban a comparar.

Reforma tributaria y gasto en infraestructura: en el escenario 2 se encuentra que la producción agregada (PIB) registra un nivel que es en promedio 0,078 p.p. superior al del escenario base. Dicho desempeño es producto de una mayor inversión pública que es financiada gracias a los nuevos recursos recaudados, permitiendo que este rubro se ubique en un nivel que es en promedio 14,17 p.p. superior al registrado en el escenario de referencia. Sin embargo, producto de la mayor carga impositiva, la inversión privada y el consumo privado (vía transferencias de las empresas a los hogares) registran un nivel relativamente inferior. Específicamente, estas dos variables registran un nivel que es en promedio 0,84 p.p. y 0,19 p.p. menor respecto al escenario sin choques.

27 En las ecuaciones del modelo, el ahorro público entra a formar parte de la inversión pública. Mantener constante este rubro, implica mantener constante la inversión pública.

28 Las variaciones reales toman a 2022 como año de referencia, pues es el año previo a la reforma tributaria. En el escenario alternativo se le imputa esa variación real al recaudo tributario del año base.

Cuadro 6.
Diferencias entre los escenarios alternativos PIB gasto (p.p.)
(Alternativo - Base) / Base

Choque	Rubros del PIB por el lado de la demanda	2023	2024	2025	2026	Prom. 23-26
2. Impuesto e inversión	**PIB**	**0,124**	**0,062**	**0,062**	**0,062**	**0,078**
	Consumo total	-0,24	-0,12	-0,12	-0,12	-0,15
	Consumo hogar	-0,31	-0,16	-0,16	-0,15	-0,19
	Consumo gobierno	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
	Inversión total	1,64	0,83	0,84	0,84	1,04
	Inversión privada	-1,34	-0,67	-0,67	-0,67	-0,84
	Inversión pública	21,20	11,03	11,79	12,65	14,17
	Exportaciones	-0,34	-0,17	-0,17	-0,17	-0,21
	Importaciones	0,08	0,04	0,04	0,04	0,05
3. Impuesto y gasto corriente	**PIB**	**0,119**	**0,060**	**0,059**	**0,059**	**0,074**
	Consumo total	0,56	0,28	0,28	0,28	0,35
	Consumo hogar	0,09	0,05	0,05	0,04	0,06
	Consumo gobierno	2,39	1,21	1,21	1,22	1,51
	Inversión total	-1,10	-0,55	-0,55	-0,55	-0,69
	Inversión privada	-1,26	-0,64	-0,63	-0,63	-0,79
	Inversión pública	-0,03	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02
	Exportaciones	-0,55	-0,28	-0,28	-0,27	-0,34
	Importaciones	-0,23	-0,12	-0,12	-0,12	-0,15

Fuente: Elaboración propia.

Al mismo tiempo, las exportaciones[29] se ven reducidas respecto al escenario base (en promedio -0,21 p.p.), explicado por la menor actividad de los sectores agropecuario y de minas. Por su parte, las importaciones aumentan ligeramente respecto al escenario de referencia (en promedio 0,05 p.p.) gracias a la actividad de los sectores de obras civiles y de otras industrias.

Desde la oferta, se registra una mayor actividad respecto al escenario de referencia en el sector de edificaciones (en promedio 0,23 p.p.) y en el sector de obras civiles (en promedio 3,45 p.p.), en donde el último

29 En la MCS los sectores con mayor participación en la exportación de bienes y servicios son el sector de minas (60,3%), el sector de otras industrias (21,5%) y el sector agropecuario (8,5%). Por su parte, los sectores con mayor participación en las importaciones son el sector de otras industrias (72,2%), el sector de servicios privados (8,1%) y el sector de minas (7,5%).

responde principalmente al impulso de la inversión pública. En contraste, los sectores agropecuario y de industria alimenticia son los más afectados producto de la menor inversión privada.

Reforma tributaria y gasto corriente: en el tercer escenario se encuentra que la producción agregada (PIB) registra un nivel que es en promedio 0,074 p.p. superior al del escenario base. Dicho desempeño es producto de un consumo público que es mayor respecto al del escenario sin choques (en promedio 1,51 p.p.) y un consumo privado que no se reduce producto de la reforma, sino que aumenta frente al escenario de referencia (en promedio 0,06 p.p.). Este comportamiento se explica por el mismo diseño del cierre macroeconómico del modelo, en donde se fija exógenamente el ahorro público y se dejan variables como el consumo y las transferencias directas del gobierno a otros agentes institucionales para que sean ajustadas después del choque[30]. En otras palabras, el gobierno no solo está destinando el nuevo recaudo de la reforma para aumentar el consumo, sino que también aumenta las transferencias a hogares y empresas, lo que a su vez tiene incidencia en el consumo privado y la inversión privada.

En términos de la inversión total, esta registra un nivel que es en promedio 0,69 p.p. inferior a la del escenario base, consecuencia de una contracción de la inversión privada por el cobro de un mayor impuesto de renta. Entre tanto, las exportaciones y las importaciones se ven reducidas respecto al escenario base (en promedio -0,34 p.p. y -0,15 p.p.) como consecuencia de una menor actividad productiva de los sectores mayoritariamente exportadores e importadores, tal es el caso del sector agropecuario, el sector minero y el sector de otras industrias.

Por el lado de la oferta (Cuadro 7), se registra una mayor actividad en los sectores de servicios públicos, servicios privados y servicios sociales, los cuales se ven beneficiados por el mayor gasto corriente del gobierno. En contraste, los sectores de edificaciones y obras civiles son los más afectados producto de la menor inversión privada.

Considerando lo anterior, se pueden confirmar parte de los resultados obtenidos en la sección 4. Por un lado, es evidente que el escenario en donde se simula mayor inversión pública conlleva un mejor desempeño en términos de crecimiento económico[31]. En particular, con el modelo dinámico se estima un efecto promedio de 0,035 p.p. (0,054 en 20226) y con el modelo estático el efecto promedio encontrado es de 0,078 p.p. (0,062 p.p. en 2026). Las diferencias en las magnitudes se pueden explicar por la misma intertemporalidad de los modelos. Mientras que los efectos son más pequeños durante los primeros años de la reforma en el modelo dinámico, a 2026 ya se empiezan a acercar al efecto promedio del modelo estático.

En esta misma línea, se observa que existe una diferencia importante en los impactos del escenario de reforma y gasto corriente, ya que con el modelo dinámico se encuentra un efecto negativo y con el modelo estático se observa un efecto positivo. La discrepancia se explica porque ambos escenarios 3 en los dos modelos no son directamente comparables. Por un lado, parte del efecto negativo en el modelo dinámico puede estar explicado por la distorsión que genera el incremento del gasto del gobierno, pues el bien de consumo público proviene únicamente del sector no transable (no es el caso del modelo estático), lo que implica una sobredemanda de producto que afecta a un solo sector de la economía.

30 Esto difiere con el cierre macroeconómico del escenario 2, en donde solo se tiene una única variable de ajuste, que es la inversión pública.

31 En el ejercicio de robustez, una de las razones que explican el mayor nivel de producción agregada en el escenario 2 respecto al escenario 3 son los numerosos encadenamientos que tienen los sectores de obras civiles y edificaciones sobre el resto de las actividades productivas de la economía (Fedesarrollo, 2020).

Cuadro 7.
Diferencias entre los escenarios alternativos PIB producción (pps)
(Alternativo - Base) / Base

Choque	Rubros del PIB por el lado de la oferta	2023	2024	2025	2026	Prom. 23-26
2. Impuesto e inversión	**PIB**	**0,124**	**0,062**	**0,062**	**0,062**	**0,078**
	Agropecuario	-0,38	-0,19	-0,19	-0,19	-0,23
	Minería	-0,17	-0,09	-0,09	-0,08	-0,11
	Industria Alimenticia	-0,19	-0,09	-0,09	-0,09	-0,12
	Otras industrias	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Servicios públicos	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
	Edificaciones	0,37	0,19	0,19	0,19	0,23
	Obras civiles	5,42	2,75	2,80	2,84	3,45
	Servicios privados	-0,09	-0,05	-0,05	-0,05	-0,06
	Transporte	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
	Servicios sociales	-0,06	-0,03	-0,03	-0,03	-0,04
3. Impuesto y gasto corriente	**PIB**	**0,119**	**0,060**	**0,059**	**0,059**	**0,074**
	Agropecuario	-0,22	-0,11	-0,11	-0,11	-0,14
	Minería	-0,46	-0,23	-0,23	-0,23	-0,29
	Industria Alimenticia	0,06	0,03	0,03	0,03	0,04
	Otras industrias	-0,44	-0,22	-0,22	-0,22	-0,28
	Servicios públicos	0,14	0,07	0,07	0,07	0,09
	Edificaciones	-0,91	-0,46	-0,46	-0,45	-0,57
	Obras civiles	-0,67	-0,34	-0,34	-0,34	-0,42
	Servicios privados	0,30	0,15	0,15	0,15	0,19
	Transporte	-0,22	-0,11	-0,11	-0,11	-0,14
	Servicios sociales	1,77	0,89	0,89	0,89	1,11

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el efecto positivo del escenario 3 proviene de que la pérdida en inversión privada es compensada por un crecimiento del consumo total, donde crece el consumo público y privado (no es el caso del modelo dinámico). Esto último, como se mencionó anteriormente, es consecuencia de que el cierre fiscal permite que el gobierno no solo incremente el gasto corriente, sino también las transferencias a los otros agentes, con lo que se compensa la perdida de inversión privada y se genera un mayor consumo privado. Teniendo en cuenta estas diferencias en el diseño de ambos modelos, no se puede confirmar o negar la validez de los resultados del escenario 3.

En cualquier caso, la capacidad de modelar decisiones intertemporales hace que el multiplicador de la inversión sea superior en el modelo dinámico respecto al del modelo estático. Por un lado, el modelo dinámico incorpora las externalidades positivas que tiene la infraestructura pública en los sectores productivos y que se traduce en una mayor productividad total de los factores. Por otro, la característica dinámica del modelo permite simular procesos de acumulación de capital a lo largo del tiempo (característica ausente en el modelo estático), lo cual es esencial para comprender cómo las decisiones de inversión en un período afectan la capacidad productiva y las condiciones económicas en períodos futuros.

VI. Recomendaciones de política

A la luz de los impactos estimados en el presente documento, se encuentra que las externalidades positivas derivadas de la inversión en infraestructura pública son esenciales para alcanzar un mayor nivel de actividad productiva. Además, considerando el bajo desempeño de la economía colombiana durante 2023 (crecimiento anual de 0,6%), 2024 (crecimiento año corrido a tercer trimestre de 1,6%) y las bajas perspectivas de crecimiento durante 2025 y 2026, resulta imperativo fomentar la inversión[32] como fuente de crecimiento sostenible. En virtud de estas consideraciones, el presente documento formula tres recomendaciones específicas.

En primer lugar, es indispensable fortalecer la inversión gubernamental mediante la culminación de los proyectos viales de cuarta generación (4G), el inicio de la implementación de los proyectos viales de quinta generación (5G), y la ejecución de los proyectos financiados con regalías. Adicionalmente, se propone acelerar la ejecución de los proyectos de inversión pública, mediante el uso efectivo de los recursos aprobados en el presupuesto general de la nación (PGN). En este contexto, cabe destacar que, en 2023 y a finales de noviembre de 2024, la tasa de ejecución (obligaciones/apropiaciones[33]) de la inversión pública se situó en un 71,3% y 44,8%, respectivamente, según datos proporcionados por el Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2023b).

En segundo lugar, es fundamental fomentar la inversión privada mediante el establecimiento de reglas de juego transparentes y señales que proporcionen un grado elevado de certeza y confianza al inversionista. Al respecto, en 2022, 2023 y 2024 el índice de Incertidumbre de la Política Económica en Colombia (IPEC) superó en más del doble los niveles observados antes de la pandemia (Fedesarrollo, 2024). También, es importante promover una inclusión más amplia del sector privado mediante la implementación de Asociaciones Público-Privadas (APP) en proyectos de infraestructura, lo cual trae beneficios como menores costos de ejecución y operación del proyecto, así como una mayor adopción de nuevas tecnologías (Benavides, Pabón & González, 2023).

32 Con corte a tercer trimestre de 2024, la tasa de inversión (formación bruta de capital fijo) como porcentaje del PIB registró un nivel de 16,8%, ubicándose por debajo del promedio observado durante la pandemia (18,4%), y del máximo alcanzado en 2014-2016 (22,7%).

33 En el PGN, la obligación de recursos hace referencia a los montos adeudados que han sido desembolsados y están aún pendientes de cancelación, como resultado del cumplimiento de los compromisos adquiridos.

En última instancia, es primordial direccionar estratégicamente la inversión tanto pública como privada hacia sectores específicos, tales como construcción (edificaciones y obras civiles), industria, transporte y suministro de electricidad, gas y agua. Estas áreas presentan importantes encadenamientos hacia atrás, al hacer uso de insumos originados en diversos sectores económicos (Fedesarrollo, 2020). La capacidad de estos sectores para estimular otras ramas no solo es clave para aumentar la actividad productiva, sino también para la generación directa e indirecta de nuevos puestos de trabajo.

VII. Conclusiones

Este documento actualiza el modelo de equilibrio general dinámico de Fedesarrollo, con el propósito de analizar los posibles impactos en crecimiento económico derivados de la reforma tributaria aprobada en 2022. Se encuentra que, en lo que respecta a las medidas que aumentan la carga tributaria en personas jurídicas, los efectos dependen del uso que se le dé al nuevo recaudo. Un uso exclusivo del recaudo para aumentar la inversión en infraestructura podría tener efectos positivos en la actividad productiva, mientras que una mayor financiación de gasto corriente o transferencias directas a hogares podría tener un efecto negativo. Por tanto, bajo un criterio de multiplicadores económicos, se encuentra evidencia que la inversión pública tiene mayores efectos positivos en la economía que el gasto corriente. En consecuencia, es indispensable que buena parte del recaudo tributario de la reforma se destine a incrementar la inversión en infraestructura pública, pues se generan externalidades positivas en términos de productividad, se incrementa la competitividad del sector privado, se impulsan sectores con importantes encadenamientos en la economía y se puede contribuir a un desarrollo regional más equitativo.

No obstante, dos años después de la entrada en vigencia de la reforma tributaria, no pareciera que se hubieran asignado recursos adicionales a la inversión pública. En los primeros tres trimestres del 2023, la inversión del GNC representó el 1,7% del PIB, y en 2024 hasta el tercer trimestre alcanzó solo un 1,5% del PIB, situándose por debajo del nivel registrado en 2022 en el mismo periodo (2,0%). Asimismo, al comparar el valor agregado de las obras civiles en el tercer trimestre de 2024 con el del mismo período en 2022, se observa una contracción del 0,1%. Estos datos sugieren que el nuevo recaudo generado por la reforma no se ha destinado a incrementar la inversión pública en infraestructura (escenario 2). Por el contrario, probablemente se ha utilizado para financiar gasto corriente (escenario 3) o transferencias directas a los hogares (escenario 4).

Este enfoque podría estar teniendo impactos negativos (en comparación a un escenario sin reforma) en la inversión, el consumo, y, por ende, en el crecimiento económico, lo cual coincide con el bajo desempeño actual de la economía. En este contexto, resulta crucial implementar las recomendaciones previamente planteadas si se busca fortalecer la dinámica productiva del país. Estas acciones, a su vez, tendrían efectos positivos en términos de generación de empleo y reducción de la pobreza.

Finalmente, es importante tener presente las limitaciones intrínsecas del modelo, el cual solo captura parte de las características de la economía colombiana y no pretende representar exhaustivamente la complejidad de la actividad productiva que tiene nuestro país. Por ende, un análisis futuro podría abordar las limitaciones del presente ejercicio, en donde se incorporen los posibles efectos redistributivos de las transferencias directas a la población más vulnerable, la mayor tributación a las personas de altos ingresos, o las nuevas tarifas impositivas a las bebidas azucaradas y a los alimentos ultraprocesados.

VIII. Referencias bibliográficas

Arbeláez, M. A.; Benítez, M. Steiner, R. & Valencia, O. (2021). A Fiscal Rule to achieve debt sustainability in Colombia. Bogotá: Fedesarrollo, febrero.

Benavides J. Pabón C., González A. (2023). El aporte de las concesiones mediante APP en infraestructura de transporte al crecimiento y el bienestar de Colombia. Bogotá: Fedesarrollo, 50 p.

Calvo, G. (1983). Staggered Prices in a Utility-Maximizing Framework, Journal de Monetary Economics, vol. 12, 383-398.

Christiano, L., M. Eichenbaum y C. Evans (2005). Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy, Journal of Political Economy, vol. 113, p. 1-45.

Corte Constitucional (2023). Nota de prensa EXPEDIENTE D-15097.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2021). Matriz de Contabilidad Social. Anexos estadísticos.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2023). Producto Interno Bruto. Anexos estadísticos.

Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (2023). Estadísticas de recaudo. Estadísticas de los tributos administrados por la DIAN.

Fedesarrollo. (2020). Tendencia Económica No. 207. Bogotá: Fedesarrollo, julio.

Fedesarrollo. (2022a). Tendencia Económica No. 229. Bogotá: Fedesarrollo, julio.

Fedesarrollo. (2022b). Tendencia Económica No. 232. Bogotá: Fedesarrollo, noviembre.

Fedesarrollo. (2022c). Prospectiva económica: octubre 2022. Bogotá: Fedesarrollo.

Fedesarrollo. (2023). Tendencia Económica No. 235. Bogotá: Fedesarrollo, febrero.

Fedesarrollo. (2024). Índice de Incertidumbre de la Política Económica en Colombia (IPEC). Resultados diciembre 2024. Bogotá: Fedesarrollo.

Forero, D. (2016). Los Modelos de Equilibrio General Computable. Universidad Nacional. Presentación en power point (no reportado).

Girado, I. (2015). Determinantes de las Exportaciones Manufactureras de Colombia: Un Estudio a partir de un Modelo de Ecuaciones Simultáneas, Fedesarrollo, Documento de Trabajo # 69.

González, A., L. Mahadeva, J. Prada y D. Rodríguez (2011). Policy Analysis Tool Applied to Colombian Needs: PATACON Model Description, Banco de la República, Ensayos sobre Política Económica, vol. 29, p. 222-245.

Kydland, F. and E. Prescott. (1982). Time to Build and Aggregate Fluctuations, Econometrica, vol. 50, p. 1345-1370.

Kim, K., and A.R. Pagan. (1995). The econometric analysis of calibrated macroeconomic models. In Handbook of applied econometrics: Macroeconomics, ed. M.H. Pesaran and M. Wickens. Oxford: Basil Blackwell.

Leontief, W. (1951). The Structure of the American Economy, 1919-1939: An Empirical Application of Equilibrium Analysis. Universidad de Oxford.

Lora, E. (2020). Trayectoria e influencia de los modelos de equilibrio general de Fedesarrollo, pp. 118-137. En Botero, R., et al. Fedesarrollo: 50 años de influencia en política pública. Bogotá: Fedesarrollo. 259 p.

Lucas, R. (1976). Econometric Policy Evaluation: A Critique, en K. Brunner y A. Meltzer (eds.) The Phillips Curve and Labor Markets, Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy, vol. 1, p. 19-46.

Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2022). Reforma tributaria para la igualdad y la justicia social: Exposición de motivos. Bogotá.

Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2023a). Marco Fiscal de Mediano Plazo 2023. Bogotá.

Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2023b). Presupuesto General de la Nación 2023. Ejecución Presupuestal. Noviembre.

Muth, J. (1961). Rational Expectations and the Theory of Price Movements, Econometrica, vol. 29, p. 315-335.

Perfetti, J. J. & Botero, J. (Eds.). (2018). Política comercial agrícola: nivel, costos y efectos de la protección en Colombia. Bogotá: Fedesarrollo. 315 p.

Ramsey, F. (1928). A Mathematical Theory of Saving. Journal The Economic, vol. 38, p. 543-559.

Rincón, H., Rodríguez, D., Toro, J., & Téllez, S. (2017). FISCO: modelo fiscal para Colombia. Ensayos Sobre Política Económica, 35(83), 161–187. doi:10.1016/j.espe.2017.04.001

Rodríguez Revilla, R. (2011). Modelos de equilibrio general dinámicos y estocásticos para Colombia 1995 – 2011. Ecos De Economía: A Latin American Journal of Applied Economics, 15(33), 123–137. Recuperado de https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ecos-economia/article/view/481

Rose, A. (1995). Input-output economics and computable general equilibrium models. Structural Change and Economic Dynamics, 6(3), 295–304. Doi:10.1016/0954-349x(95)00018-i

Rotemberg, J. (1982a). Monopolistic Price Adjustment and Aggregate Output, The Review of Economic Studies, vol. 4, p. 517-531.

Rotemberg, J. (1982b). Sticky Prices in the United States. The Journal of Political Economy, vol. 90, p. 1187-1211.

Slanicay, M. (2014). Some Notes on Historical, Theoretical, and Empirical Background of DSGE Models. Review of Economic Perspectives, 14(2), 145–164. doi:10.2478/revecp-2014-0008

Smets, F., and R. Wouters. (2003). An estimated stochastic dynamic general equilibrium model of the euro area. Journal of the European Economic Association 1: 1123–1175.

Smets, F. y R. Wouters. (2007). Shocks and Frictions in US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach, American Economic Review, vol. 97, p. 586-606.

Steiner, R. & Gómez, H. (2015). La reforma tributaria y su impacto sobre la tasa efectiva de tributación de las firmas en Colombia. Coyuntura Económica: Investigación Económica y Social.

Stone, R. (1961). Input-Output and National Accounts, Paris: Organization for European Economic Cooperation.

Stone, R. y A. Brown. (1962). A Computable Model of Economic Growth, (A Programme for Growth, vol. I), London: Chapman and Hall.

Suescún, R. & Steiner, R. (2017). Un modelo de equilibrio general dinámico para la evaluación de la política económica en Colombia. Bogotá: Fedesarrollo, 83 p.

IX. Anexos

Ecuaciones de estado estacionario

Firmas sectoriales, $\forall i$, i = {1,2,3}:

$$\frac{(1-\lambda)u_i k_i^O}{yy_i} = \alpha_i \left(1-(1+\tau_i^X)\sum\nolimits_j \chi_{ji} - \chi_{Mi}(1+\tau_i^{MX})\right) \qquad [A1]-[A3]$$

$$\frac{(\lambda h_i^{NO} + (1-\lambda)h_i^O)w_i}{yy_i} = (1-\alpha_i)\left(1-(1+\tau_i^X)\sum\nolimits_j \chi_{ji} - \chi_{Mi}(1+\tau_i^{MX})\right) \qquad [A4]-[A6]$$

$$yy_i = A_i \left(\frac{k_G}{[(1-\lambda)\sum_j k_j^O]^{\phi}}\right)^{\theta} ((1-\lambda)k_i^O)^{\alpha_i} (\lambda h_i^{NO} + (1-\lambda)h_i^O)^{1-\alpha_i} \qquad [A7]-[A9]$$

$$x_{1,i} = \chi_{1i}\, yy_i \qquad [A10]-[A12]$$

$$x_{2,i} = \chi_{2i}\, yy_i \qquad [A13]-[A15]$$

$$x_{3,i} = \chi_{3i}\, yy_i \qquad [A16]-[A18]$$

$$m_i = \chi_{Mi}\, yy_i \qquad [A19]-[A21]$$

Mayoristas, minoristas e importadores, i = {1,2}:

$$p_i = \left(\frac{\varphi}{\varphi-1}\right) \qquad [A22]-[A23]$$

$$p_M = \left(\frac{\varphi}{\varphi-1}\right) \qquad [A24]$$

$$\pi_i = \pi_C \qquad [A25]-[A26]$$

$$\pi_M = \pi_C \qquad [A27]$$

El bien doméstico

$$z_1 = \mu_D {A_D}^{\omega_D - 1} y_D \qquad [A28]$$

$$z_2 = (1-\mu_D)\, {A_D}^{\omega_D - 1} y_D \qquad [A29]$$

$$1 = {A_D}^{-1}[\mu_D (p_1)^{1-\omega_D} + (1-\mu_D)(p_2)^{1-\omega_D}]^{\frac{1}{1-\omega_D}} \qquad [A30]$$

El bien de inversión

$$d_I = \mu_I {A_I}^{\omega_I - 1} y_I \qquad [A31]$$

$$m_I = (1-\mu_I)\, {A_I}^{\omega_I - 1} (1+\tau_I^M)^{-\omega_I} y_I \qquad [A32]$$

$$1 = {A_I}^{-1}[\mu_I(1)^{1-\omega_I} + (1-\mu_I)(1+\tau_I^M)^{1-\omega_I}]^{\frac{1}{1-\omega_I}} \qquad [A33]$$

El bien de consumo

$$d_C = \mu_C {A_C}^{\omega_C - 1} y_C \qquad [A34]$$

$$m_C = (1-\mu_C)\, {A_C}^{\omega_C - 1} (1+\tau_C^M)^{-\omega_C} y_C \qquad [A35]$$

$$1 = {A_C}^{-1}[\mu_C(1)^{1-\omega_C} + (1-\mu_C)(1+\tau_C^M)^{1-\omega_C}]^{\frac{1}{1-\omega_C}} \qquad [A36]$$

El bien de consumo del gobierno:

$$y_G = A_G\, z_G \qquad [A37]$$

$$p_G = \frac{p_2}{A_G} \qquad [A38]$$

Familias No-Ricardianas:

$$c^{NO} = \left(1 - \left(\frac{R}{\pi_C} - \gamma_L\right)\ell\right)\left(\sum_i w_i\, h_i^{NO}\right) + t^{NO} \qquad [A39]$$

$$\gamma_L = \gamma \qquad [A40]$$

$$\psi_i^{NO}(h_i^{NO})^{\varepsilon} = \left(1 - \left(\frac{R}{\pi_C} - \gamma_L\right)\ell\right) w_i \quad \forall i \qquad [A41] - [A43]$$

Familias Ricardianas:

$$\frac{i_i^O}{k_i^O} = \gamma - (1-\delta_i) \quad \forall i \qquad [A44] - [A46]$$

$$\psi_i^O(h_i^O)^{\varepsilon} = \left(\frac{1-\tau_N}{1+\tau_C}\right) w_i \quad \forall i \qquad [A47] - [A49]$$

$$\frac{\gamma}{\beta} = \left(\frac{1-\tau_K}{1+\tau_I}\right) u_i + (1-\delta_i) \quad \forall i \qquad [A50] - [A52]$$

$$\frac{\gamma}{\beta} = \frac{R^W}{\pi_C^*} \qquad [A53]$$

$$\frac{\gamma}{\beta} = \frac{R}{\pi_C} \qquad [A54]$$

$$\widehat{\Omega} = \left\{(1+\tau_C)\left(c^O - \frac{\sum_j \psi_j^O \,(h_j^O)^{1+\varepsilon}}{1+\varepsilon}\right)\right\}^{-1} \qquad [A55]$$

Gobierno:

$$i_G = g_I \, PIB^R \qquad [A56]$$

$$\frac{i_G}{k_G} = \gamma - (1-\delta_G) \qquad [A57]$$

$$g = g_c \, PIB^R \qquad [A58]$$

$$\gamma b_G = g_F \, f \qquad [A59]$$

$$\gamma d_G^* = (1-g_F) f \qquad [A60]$$

$$\begin{aligned} f = \; & g + i_G + \left(\frac{R^W}{\pi_C^*}\right) d_G^* + \left(\frac{R}{\pi_C}\right) b_G + t_G - \tau_C \,(1-\lambda) c^O \; - \tau_I \,(1-\lambda)\left(\sum_i i_i^O\right) - \tau_N \,(1-\lambda)\left(\sum_i w_i h_i^O\right) \\ & - \left(\sum_i \tau_i^{MX} m_i + \tau_C^M m_C + \tau_I^M m_I\right) - \sum_i \tau_i^X \sum_j pp_j \, x_{j,i} - \tau_k \,(1-\lambda)\left(\sum_i u_i k_i^O\right) \\ & - v \, u_3 (1-\lambda) k_3^O \qquad [A61] \end{aligned}$$

Exportaciones e importaciones:

$$e_C = A_X \qquad [A62]$$

$$e = A_E (e_C)^{\mu_E} \,(e^{oil})^{1-\mu_E} \qquad [A63]$$

$$m = \sum_i m_i \; + \; m_C + \; m_I \qquad [A64]$$

$$bc = e - m = e_C + e^{oil} - \left(\sum_i m_i \; + \; m_C + \; m_I\right) \qquad [A65]$$

Tasa de interés y prima de riesgo:

$$R^W = R^* A_\rho \qquad [A66]$$

PIB nominal y real:

$$pib^R = (\lambda c^{NO} + (1-\lambda)c^O) + \left((1-\lambda)\left(\sum_i i_i^O\right) + i_G\right) + g + e - m \qquad [A67]$$

$$\gamma_{PIB} = \gamma \qquad [A68]$$

Condiciones de equilibrio:

$$y_C = \lambda c^{NO} + (1-\lambda)c^O + e_C + \tau_C^M m_C \qquad [A69]$$

$$y_I = (1-\lambda)\left(\sum_i i_i^O\right) + i_G + \tau_I^M m_I \qquad [A70]$$

$$y_G = g \qquad [A71]$$

$$yy_1 = x_{1,1} + x_{1,2} + x_{1,3} + y_1 \qquad [A72]$$

$$yy_2 = x_{2,1} + x_{2,2} + x_{2,3} + y_2 \qquad [A73]$$

$$yy_3 = x_{3,1} + x_{3,2} + x_{3,3} + e^{oil} \qquad [A74]$$

$$y_D = d_C + d_I \qquad [A75]$$

$$y_1 = p_1 z_1 \qquad [A76]$$

$$y_2 = p_2(z_2 + z_G) \qquad [A77]$$

$$\left(\gamma - \frac{R^W}{\pi_C^*}\right)(d_P^* + d_G^*) = m - e \qquad [A78]$$