

Impuesto Progresivo al Ingreso y Crecimiento: Abordaje desde la Complejidad

Emiliano Álvarez (Universidad de la República/Universidad Nacional del Sur)

Marcelo Álvez (Universidad de la República/Banco Central del Uruguay)

Juan Gabriel Brida (Universidad de la República)

DOCUMENTO DE TRABAJO N° 114

Febrero de 2022

Los documentos de trabajo de la RedNIE se difunden con el propósito de generar comentarios y debate, no habiendo estado sujetos a revisión de pares. Las opiniones expresadas en este trabajo son de los autores y no necesariamente representan las opiniones de la RedNIE o su Comisión Directiva.

The RedNIE working papers are disseminated for the purpose of generating comments and debate, and have not been subjected to peer review. The opinions expressed in this paper are exclusively those of the authors and do not necessarily represent the opinions of the RedNIE or its Board of Directors.

Citar como:

Álvarez, Emiliano, Marcelo Álvarez y Juan Gabriel Brida (2022). Impuesto Progresivo al Ingreso y Crecimiento: Abordaje desde la Complejidad. *Documento de trabajo RedNIE N°114*.

Impuesto progresivo al ingreso y crecimiento

Abordaje desde la complejidad[‡]

Emiliano Álvarez^{1,2} Marcelo Álvez^{‡1,3} Juan Gabriel Brida¹

¹Universidad de la República

²Universidad Nacional del Sur

³Banco Central del Uruguay

Resumen

A través de un Modelo Basado en Agentes (ABM) analizamos el crecimiento económico en dos economías simuladas, cuya única diferencia es el diseño del impuesto al ingreso personal: proporcional y progresivo. En el diseño progresivo, los ingresos se dividen en un primer tramo gravado a tasa cero y otro gravado a tasa positiva. No se advierten diferencias significativas en el crecimiento económico ante la presencia de un esquema impositivo y el otro. Al diferenciar únicamente dos tramos de ingreso, no se logra revertir la desigualdad generada a lo largo de toda la distribución del ingreso. Resulta necesaria una política adicional en caso de querer contrarrestar las diferencias generadas entre los individuos de mayores ingresos. En este ejercicio no se verifica un deterioro del crecimiento económico en presencia de un impuesto al ingreso de carácter progresivo, en lugar de uno proporcional.

JEL: O33, D63, O49, H23, C63

Palabras clave: Modelos Basados en Agentes, Crecimiento, Política Tributaria, Desigualdad, Modelos Computacionales.

*Elaborado en base al documento presentado como tesis final en la Maestría en Economía de FCEA-UdelaR por Marcelo Álvez bajo la tutoría de Dr. Juan Gabriel Brida y Dr.(c) Emiliano Álvarez.

Las opiniones vertidas en este documento son responsabilidad de sus autores y no representan al Banco Central del Uruguay, a la Universidad Nacional del Sur, ni a la Universidad de la República

[†]Los códigos del trabajo pueden ser consultados en el repositorio del proyecto <https://github.com/malvezsilva/Progressive-income-tax-and-its-emerging-growth-effects>

[‡]Correo electrónico: maalvez@bcu.gub.uy

Abstract

In this work, an agent-based stock-flow consistent model (AB-SFC) is applied to analyze economic growth differences when establishing different types of taxes on personal income, proportional and progressive. Different combinations of threshold and rate are tested. There are no significant differences in economic performance in the presence of one tax scheme or the other. This tax design, which only distinguishes two sections of income, is not able to reduce the inequality generated throughout the income distribution. The tax design seems to offset the inequality in the lower section of income distribution through tax exemption for low-income households, but not the one generated in the section of higher income. An additional policy is necessary to offset the differences generated in the range of higher-income individuals. In this exercise, there is no evidence of a deterioration of economic growth in the presence of a progressive income tax, instead of a proportional one.

JEL: O33, D63, O49, H23, C63

Keywords: Agent-based model, Inequality, Economic Growth, Income Tax Distortion, Computational Modeling.

1 Introducción

La participación del estado en la economía despierta polémica. Diversas posiciones se confrontan en la discusión normativa respecto a su rol. Desde su exclusiva intromisión como juez y gendarme, hasta su activa intervención como corrector ante fallas de mercado y redistribuidor de recursos. Su incidencia en el desempeño económico es tal, que desata este tipo de debates y hace pertinente analizar particularmente su comportamiento. En este trabajo estudiamos un caso de política pública concreto. Nos concentramos en las diferencias en el crecimiento económico ante distintos diseños del impuesto al ingreso. Realizamos un experimento en una economía simulada y no encontramos diferencias significativas en el crecimiento económico en presencia de un impuesto proporcional al ingreso o uno progresivo. En este caso, la ganancia en términos redistributivos al aplicar el impuesto progresivo no tiene asociado un deterioro del crecimiento económico.

La literatura económica ha avanzado en este campo de estudio, pero aún persisten preguntas sin responder. ¿Crecimiento y desigualdad, van de la mano? ¿Las políticas redistributivas atentan contra el crecimiento económico o es posible redistribuir sin disminuir el crecimiento económico? Nuestro experimento aporta en esta discusión al realizar un ejercicio teórico donde estas preguntas pueden ser aplicadas en un ejemplo concreto. En este ejercicio se comparan dos economías idénticas cuya única diferencia es el diseño del impuesto al ingreso personal. Calificamos como progresivo aquel impuesto al ingreso cuya tasa marginal es mayor o igual a la tasa media. O, siguiendo a Eichhorn *et al.* (1984), aquel que presenta una reducción de la desigualdad en el sentido débil. A priori esperamos que en el caso del diseño progresivo se observe menor desigualdad de ingresos, pero no partimos de una única hipótesis respecto a la evolución del crecimiento económico. Puede haber un efecto positivo a través del consumo o uno negativo provocado por una disminución del ahorro.

En este trabajo nos centramos en la desigualdad de ingresos¹ medida a través del Índice de Gini². La desigualdad se presenta como problema en sí mismo por

¹Existe una vasta literatura al respecto, Bourguignon (2000); Nolan *et al.* (2012); Alvaredo y Gasparini (2015); Jones (2015); García-Peñalosa (2018); Ravallion (2018) revisan numerosos aportes sobre el tema

²Una discusión sobre los distintos abordajes que admite la medición de la desigualdad excede el alcance de este trabajo. Al respecto puede consultarse Lambert (1992). En relación al ordenamiento de distintas distribuciones del ingreso puede consultarse Atkinson (1970); Shorrocks (1983). Y respecto a las aplicaciones matemáticas de la curva de Lorentz al análisis distributivo puede consultarse Kakwani (1977).

parte de Wilkinson y Pickett (2010); Stiglitz (2012); Deaton (2015); Atkinson (2015). El análisis distributivo también resulta relevante debido a la relación negativa entre desigualdad y otras variables: salud (Wilkinson y Pickett, 2006), consumo (Brown, 2004), endeudamiento de los hogares (Christen y Morgan, 2005) o estabilidad financiera (Rajan, 2011; Stockhammer, 2015; Fischer, 2017). A partir de dichos elementos la disminución de la desigualdad se presenta pertinente como objetivo de política, pero ¿qué consecuencias puede tener sobre el desempeño económico? El vínculo entre crecimiento y desigualdad ha sido objeto de análisis en múltiples ocasiones, desde los trabajos pioneros de Kaldor (1955) y Kuznets (1955)³. A pesar de ello, aun no existe consenso respecto a la relación entre ambas variables. Los antecedentes no son concluyentes respecto al signo positivo (Stewart, 2013; Fields, 1989) o negativo (Galor y Zeira, 1993; Clarke, 1995; Onaran *et al.*, 2011; Ostry *et al.*, 2014; Cingano, 2014) de este vínculo. Banerjee y Dufo (2003); Perotti (1993); Barro (1999); Halter *et al.* (2014); Ferri (2017); Galor (2000) destacan la no linealidad de esta relación y enfatizan la relevancia de la dimensión temporal en el análisis. A través de este ejercicio se muestra un escenario teórico donde la disminución en la desigualdad de ingresos no está asociada a un menor crecimiento económico.

El vínculo entre crecimiento y desigualdad, se explora en este trabajo a través de la redistribución. Alesina y Rodrik (1994) y Persson y Tabellini (1994) aluden al efecto negativo que tienen las políticas redistributivas sobre el desempeño económico debido a que alteran las decisiones de ahorro e inversión. Muinelogallo y Roca-Sagalés (2013) aportan evidencia en este sentido. A partir de dichos antecedentes cabe esperar un menor crecimiento económico en presencia del impuesto progresivo. Sin embargo, Ostry *et al.* (2014) concluyen que los datos no respaldarían este postulado teórico. Por lo cual, no se descarta la hipótesis de un mayor crecimiento al aplicar el impuesto progresivo debido al vínculo negativo que puede existir entre desigualdad y crecimiento.

El diseño progresivo del impuesto al ingreso implica una tasa impositiva mayor para los hogares con mayor propensión marginal a ahorrar y menor propensión marginal a consumir; y una tasa impositiva menor para los hogares con mayor propensión marginal a consumir y menor propensión marginal a ahorrar, por lo que la literatura permite trazar dos hipótesis sobre el resultado de nuestro experimento. Por un lado, puede esperarse una disminución del crecimiento económico producto de un menor ahorro agregado. Esta hipótesis asume que el

³Puede consultarse Bénabou (1996); Aghion *et al.* (1999); Bigsten y Levin (2004); García-Peñalosa (2018) para recopilaciones al respecto.

ahorro se destina a inversión y es a través de una menor inversión que el crecimiento económico se vería deteriorado. Sin embargo, el vínculo entre ahorro e inversión no es automático. La disociación entre los mercados financieros y la economía real hace que los ahorros puedan ser invertidos en activos financieros de carácter especulativo, que no financian actividades productivas. En nuestra economía de laboratorio, ahorro e inversión se conectan a través del sistema bancario. Los hogares depositan su ahorro en los bancos y éstos financian la inversión de las firmas cuando sus fondos propios son insuficientes. Por otro lado, puede esperarse mayor crecimiento económico debido a un mayor consumo agregado. El mayor ingreso disponible de los hogares con mayor propensión marginal a consumir generaría un aumento de la demanda de bienes de consumo, ante lo cual las firmas incrementarían su margen sobre costos y su producción deseada, contratando más trabajadores y aumentando su inversión. Pagarían mayores salarios para atraer a los trabajadores, lo que reproduciría el círculo virtuoso.

A través de este experimento ponemos a prueba cuál de los dos mecanismos prevalece a nivel agregado. En esta economía de laboratorio la redistribución a través del gasto opera mediante transferencias a los hogares que no se encuentran empleados. La redistribución a través de la recaudación opera en el escenario alternativo mediante el diseño progresivo del impuesto al ingreso. En el escenario base todos los hogares pagan la misma tasa de impuesto al ingreso. Piketty y Saez (2003) aporta evidencia del efecto redistributivo que puede tener la política tributaria. En nuestro experimento el diseño progresivo establece un umbral por debajo del cuál los ingresos quedan exonerados del impuesto. Piketty y Qian (2009) destacan la importancia del umbral como herramienta redistributiva y principalmente su método de actualización con el paso del tiempo. En nuestra economía de laboratorio el nivel del umbral se actualiza siguiendo la evolución de los precios de los bienes de consumo, de modo que mantenga su valor en términos reales.

La utilización de ABM en el abordaje de esta temática puede contribuir a iluminar varios aspectos en discusión. Como principal ventaja práctica, su carácter de economía de laboratorio permite realizar experimentos controlados donde los resultados se pueden atribuir al tratamiento realizado. La posibilidad de observar la evolución individual de cada agente permite acceder a información que supera limitaciones de la medición en otras aplicaciones. La heterogeneidad resulta por demás relevante en este tipo de análisis y esta modelización no impone límites al respecto.

Existe una literatura incipiente en ABM aplicados a este campo de estudio. Neveu (2013) estudia los efectos de política fiscal sobre el ciclo de negocios y Lengnick y Wohltmann (2013) el de los impuestos a las transacciones financieras sobre el ciclo de negocios. Kulp *et al.* (2019) los efectos de la imposición sobre ingresos y riqueza en un juego de Bennati-Drăgulescu-Yakovenko. Yang *et al.* (2019) estudia los efectos tributarios sobre la distribución de la riqueza. Y Fischer (2017) y Botta *et al.* (2019) trabajan sobre la relación entre desigualdad y estabilidad financiera. En este trabajo construimos sobre el antecedente de Caiani *et al.* (2019), que estudia el impacto de la progresividad impositiva sobre los agregados macroeconómicos. Extendemos su análisis incorporando en el modelo un diseño del impuesto al ingreso que aplica tasas diferenciales sobre franjas de ingreso, en lugar de una tasa única sobre la totalidad del ingreso.

A través de un ABM consistente en flujos y stock (AB-SFC), estudiamos las diferencias en el crecimiento económico cuando un impuesto al ingreso progresivo es aplicado en lugar de uno proporcional. El diseño del impuesto al ingreso contempla un monto mínimo no imponible determinado por el umbral. Esto genera que cada hogar pague una tasa efectiva distinta, que aumenta con su nivel de ingreso, en lugar de una tasa prefijada por tipo de hogar como en el caso de Caiani *et al.* (2019). La redistribución de la carga impositiva genera efectos sobre el consumo que se netean a nivel agregado. Ante una demanda agregada similar y sin que operen restricciones financieras adicionales, las firmas toman decisiones análogas en ambos escenarios. Esto explica la ausencia de diferencias significativas en el crecimiento económico entre ambos escenarios.

El resto del documento se organiza del modo siguiente. En la sección 2 se introduce la metodología. Seguidamente, en la sección 3 se detalla el modelo utilizado. En la sección 4 se analizan los resultados del experimento. Y en la sección 5 se realizan consideraciones finales.

2 Metodología

El problema se aborda a través de un ABM donde interactúan distintos tipos de trabajadores, firmas, bancos, un banco central y el gobierno. Este tipo de modelos es del estilo *bottom-up*, donde la dinámica económica surge a partir de las decisiones tomadas por los agentes a nivel micro y las condiciones en las que suceden dichas interacciones. Kirman (2010b) destaca que esta concepción es fundamental para comprender la dinámica económica en general y en particular

lo acontecido en la última crisis financiera internacional. Resultan relevantes, en este marco, los protocolos de decisión de cada agente, a qué información acceden y cómo su decisión repercute sobre el resto de los agentes. A continuación se introduce el marco de análisis del trabajo.

2.1 Sistemas complejos

Los modelos ABM se encuentran dentro del marco de los sistemas complejos. Kirman (2010a) realiza un extenso análisis de la concepción de la economía como un sistema complejo, interactivo y adaptativo. Anderson y Arrow (1988); Arthur (1997); Blume y Durlauf (2005); Arthur (2014) presentan diversas aplicaciones de este enfoque. No resulta sencillo brindar una definición de sistema complejo, pero sí se pueden mencionar características de este tipo de sistemas: múltiple interacción entre agentes heterogéneos, retroalimentación, umbrales, puntos de quiebre, dependencia del camino y emergencia.

Un sistema complejo suele estar compuesto por una multiplicidad de agentes que se vinculan entre sí de alguna manera. Es habitual que se trate de agentes heterogéneos, es decir, agentes que se diferencian de algún modo entre sí. En el modelo utilizado aquí, los agentes se diferencian por sus características propias, serán personas, firmas o gobiernos. Y también lo harán por su comportamiento. Las personas solo podrán ser un tipo de trabajador y un tipo de consumidor y las firmas ofrecerán un tipo de producto. Estas diferencias y los diferentes marcos en el que suceden las interacciones, generan, como destaca Kirman (2010a) que los comportamientos no puedan ser captados a través de un agente representativo.

La ocurrencia de múltiples interacciones, al igual que la cantidad de agentes, resulta relevante en un sistema complejo (Dosi y Roventini, 2019). La constatación de ambos y su cuantía se asocia a la presencia de las características que se mencionan a continuación.

La retroalimentación, positiva o negativa, es una de las características que se observa en los sistemas complejos y destaca Arthur (1990). Refiere al fenómeno por el cual una acción repercute en el estado de situación que determina dicha acción.

Los comportamientos observados en sistemas complejos pueden presentar discontinuidades. Dichas discontinuidades obedecen a la existencia de acciones que solo suceden si se alcanza determinado umbral. Este tipo de dinámica explica porque los modelos concebidos desde este enfoque no pueden ser lineales ni contemplar un único equilibrio posible.

Las discontinuidades pueden generar cambios en el estado del sistema que resultan irreversibles. Una crisis financiera es un ejemplo de Economía. En el modelo utilizado aquí, las quiebras de las firmas generan cambios irreversibles, que se mencionan más adelante.

En línea con la ocurrencia de puntos de quiebre, otra característica presente en los sistemas complejos es la dependencia del camino. Esto indica que el estado del sistema en un determinado momento es consecuencia de su trayectoria anterior. Luego de haber atravesado un punto de quiebre, el estado del sistema y sus posibles estados futuros están condicionados por su evolución pasada. Resulta entonces pertinente el abordaje dinámico en los estudios de sistemas complejos.

Las características mencionadas anteriormente introducen lo que es el rasgo distintivo de los sistemas complejos y en particular lo que constituye el principal fundamento para la modelización de la economía desde esta perspectiva. Se trata de la “Emergencia”. Esta propiedad refiere al surgimiento de propiedades del sistema que no resultan deducibles del análisis, en forma aislada, de las características de los agentes que lo componen. Dichas propiedades “emergen” a partir de las múltiples interacciones entre numerosos agentes heterogéneos. He aquí la importancia de la cantidad de agentes y el conjunto de interacciones que ocurren en el sistema, cuánto mayor cantidad de interacciones entre mayor cantidad de agentes, mayor será la ocurrencia de dichas “emergencias”. Johnson (2001) ejemplifica comportamientos emergentes observados en diversos ámbitos.

2.2 Modelos basados en agentes

Desde la concepción de la economía como un sistema complejo, donde se identifican las propiedades mencionadas anteriormente, surge la aplicación de los ABM a la disciplina. Cabe destacar aquí que esta modelización, como señalan Dosi y Roventini (2019), rompe con la tradición del agente representativo. En estos modelos no será válida la representación del comportamiento agregado de los individuos a través del análisis de una unidad teórica. Aquí la contraparte con la que se interactúa, la información disponible y las acciones pasadas del individuo, hacen que su comportamiento resulte particular y el agregado no pueda ser representado por el comportamiento de una entidad individual. Sobre todo, no podrá ser representado a través de un individuo racional, optimizador y con información perfecta. Esta modelización se alinea con Kirman (2016), que defiende la idea de modelizar la economía como construida a partir

de agentes con un propósito, no necesariamente optimizadores, que se manejan colectivamente para coordinar sus actividades, pero no necesariamente alcanzan un estado eficiente. Los agentes dentro de este modelo tienen información limitada, actúan a través de heurísticas y tienen expectativas adaptativas. La conjunción de estas características y, en particular, la emergencia de sucesos que alteren el estado del sistema, no conducen necesariamente a un equilibrio de estado estacionario.(Kirman, 2017)

El modelo macroeconómico utilizado aquí tiene su primera versión en Caiani *et al.* (2016), donde se presenta como base para ser utilizado en futuras investigaciones. Este trabajo aprovecha dicho antecedente y materializa su objetivo. El modelo reúne avances realizados en paralelo aplicando esta modelización en Economía y se destaca especialmente por presentar un ABM consistente en flujos y stock (AB-SFC), una propiedad ausente en aplicaciones previas. Para realizarlo se basa en Godley y Lavoie (2006) y los trabajos pertenecientes a esa línea.

En Caiani *et al.* (2019) se enriquece el modelo base al incorporar el proceso de innovación y la heterogeneidad en el trabajo. El primer aporte se nutre de la línea de trabajo de Dosi *et al.* (2010) y el segundo proviene de los trabajos relacionados con Ciarli *et al.* (2010). Queda consolidado en dicho antecedente el modelo utilizado aquí, que se presenta a continuación, con trabajadores heterogéneos, competencia monopolística, crecimiento endógeno a través de un proceso generador de innovaciones, un sistema financiero con fricciones y un gobierno que grava riqueza, ingresos y renta empresarial, a la vez que gasta contratando trabajadores y otorgando subsidios por desempleo.

3 Modelo

En el presente apartado se presenta el modelo, mencionando los agentes involucrados, los mercados, que determinan el entorno en el cual interactúan, y la dinámica en que suceden los acontecimientos. El modelo incorpora el tiempo en forma discreta y dentro de cada período de tiempo los agentes interactúan de forma secuencial siguiendo un orden cronológico. La descripción realizada en esta versión del documento omite la descripción detallada de cada paso de la secuencia de eventos, ésta se presenta en la tesis de maestría de Álvez⁴. En el anexo A se incluye un diagrama con las interacciones del modelo.

⁴Se puede solicitar a través de correo electrónico a la casilla maalvez@bcu.gub.uy

3.1 Agentes

3.1.1 Hogares

Los hogares son trabajadores, consumidores, depositantes y contribuyentes. El ahorro que generan durante el período, lo depositan en los bancos y apelan a él en caso de consumir un monto mayor a sus ingresos. Como trabajadores pueden ser contratados por las firmas, por el Estado o estar desempleados, en cuyo caso reciben un subsidio por parte del Estado. Hay cuatro tipos de hogares, distinguidos por su calificación: Operarios, oficinistas, investigadores y gerentes. Los operarios son quienes participan directamente en el proceso de producción, los oficinistas y gerentes son necesarios para organizar el trabajo de los operarios, pero no participan directamente de la producción. Los investigadores participan exclusivamente en tareas de Investigación y Desarrollo (I+D). Los gerentes además, participan en las ganancias de las firmas para la cual trabajan en proporción a su riqueza, y son propietarios colectivamente de cada banco que compone el sistema. En el caso de bancarrota los gerentes capitalizan a la firma en cuestión.

Las características de los hogares como trabajadores y su escala salarial, tienen su correlato en su perfil de consumo. Cada consumidor decide la cantidad demandada en relación a su ingreso actual y a su historial de consumo. En atención a que las personas con menores ingresos destinan mayor parte del mismo a consumo, se establece que la proporción mínima del ingreso que los operarios destinan a consumir es la mayor, los operarios e investigadores se ubican en un nivel intermedio y los gerentes son quienes destinan menor parte de su ingreso a consumir, acorde con tener el mayor nivel de ingreso.

Los hogares pagan impuestos por su riqueza y por sus ingresos. Justamente en el diseño del impuesto al ingreso radica el experimento realizado en este trabajo. Resulta de interés conocer la evolución del sistema cuando el impuesto al ingreso presenta un diseño progresivo gravando franjas de ingreso a distinta tasa, en lugar de establecer una tasa plana sobre la totalidad del ingreso.

3.1.2 Firmas

Las firmas contratan trabajadores, realizan el proceso de producción, venden su producto, solicitan créditos a los bancos, son depositantes y pagan impuestos. Las firmas que venden bienes de consumo, en adelante firmas de consumo, utilizan bienes de capital en su proceso de producción y generan un bien de consumo

homogéneo. El capital lo adquieren de las firmas que producen bienes de capital, en adelante firmas de capital, quienes lo producen utilizando trabajo como único insumo y generando bienes de capital heterogéneo. Cada una produce una variedad de capital particular. Estas firmas son las que realizan actividades de I+D, para lo que contratan investigadores. La estructura jerárquica de cada firma se mantiene constante a lo largo del tiempo⁵. Los operarios representan 60 % de la plantilla de cada firma, los gerentes 10 % y el restante 30 % corresponde a operarios, en el caso de las firmas de consumo, y se divide en partes iguales entre operarios e investigadores, en las firmas de capital. La cantidad de trabajadores a contratar será la necesaria para alcanzar el nivel de producto deseado por la firma.

3.1.3 Bancos

Los bancos captan depósitos de hogares y firmas, prestan a firmas, se financian a corto plazo con avances del banco central, compran deuda al gobierno con su exceso de liquidez y pagan impuestos a sus ganancias. La actividad de los bancos está sujeta a requisitos de capital y liquidez por parte del banco central. La competencia entre los propios bancos opera como control de las tasas pasivas y activas. La imposición de un período extenso para el repago de los créditos incorpora el descalce de plazos característico de la intermediación financiera a la modelización. Los activos del banco tienen una liquidez menor a sus pasivos.

3.1.4 Banco central

El banco central se incorpora al modelo cumpliendo la función de prestamista de última instancia. En caso de falta de liquidez de los bancos, el banco central le otorga un préstamo de muy corto plazo (un período) a una tasa muy alta (superior a la de los depósitos). El banco central adquiere también los bonos del gobierno que exceden la demanda de la banca privada. Las ganancias de su actividad son transferidas al Estado.

3.1.5 Gobierno

El gobierno participa en el modelo cobrando impuestos, recibiendo las ganancias del banco central, contratando trabajadores y otorgando subsidios por desempleo.

⁵El levantamiento de este supuesto puede ser incorporado a la agenda de investigación. Ciarli *et al.* (2010) y los trabajos sucesivos presentan alternativas de modelización al respecto.

Cobra impuestos a los hogares por su riqueza y por su ingreso, mientras cobra impuestos a las firmas y los bancos por su renta. Lo recaudado se destina a contratar trabajadores en la misma proporción que las firmas de consumo y en una cantidad que se supone fija en 680 trabajadores.

En caso que los ingresos no alcancen los gastos, el gobierno emite bonos con una duración de un período. Los egresos del gobierno incluyen, entonces, el repago de bonos con intereses.

3.2 Mercados

Las interacciones entre los agentes mencionados tienen lugar en cinco mercados: Laboral, de bienes de consumo, de bienes de capital, de créditos y de depósitos. El mercado laboral a su vez, funciona como 4 mercados separados definidos por la calificación de los hogares participantes. Las interacciones dentro del mercado laboral se generan primero en el de operarios, luego oficinistas, seguidamente investigadores y, por último, el mercado de gerentes.

Las interacciones suceden en todos los mercados respetando el siguiente protocolo: En primer término, la oferta fija su precio, salario o tasa de interés. Luego los demandantes acceden de a uno y en orden aleatorio, al mercado disponiendo de información local. Solo puede interactuar con un número acotado de oferentes χ_z en el mercado z . El demandante ordena los oferentes disponibles según las mejores condiciones de precio (tasa de interés o costo unitario esperado) y elige al mejor oferente. El demandante valora las relaciones comerciales establecidas con su proveedor histórico y solo lo cambiará por el mejor oferente si sus condiciones de precio son mejores.

3.3 Secuencia de eventos

Dentro de cada período de tiempo las acciones de los agentes tienen lugar siguiendo la siguiente frecuencia de eventos:

1. Planificación de la producción
2. Demanda de trabajo
3. Precios, tasas de interés y salarios
4. Inversión
5. Mercado de bienes de capital (pedidos)

6. Demanda de crédito
7. Oferta de credito
8. Mercados de trabajo
9. Producción
10. Investigación y desarrollo
11. Mercado de bienes de capital (pagos)
12. Mercado de bienes de consumo
13. Pago de intereses, amortización de bonos y préstamos
14. Pago de salarios y subsidios
15. Dividendos
16. Impuestos
17. Depósitos
18. Bonos
19. Avances del banco central

3.3.1 Impuestos

El gobierno cobra impuestos sobre los ingresos personales, la renta empresarial y la riqueza de los hogares. Cada período el gobierno actualiza las tasas impositivas contrarrestando el posible des-balance de las cuentas públicas y el sobre-endeudamiento.

Aquí se introducen dos nuevos parámetros respecto a Caiani *et al.* (2019): La segunda tasa del impuesto al ingreso personal y el umbral ψ , que separa el monto de ingreso personal grabado a tasa τ_{i_1} (por debajo del umbral) y el monto grabado a tasa τ_{i_2} (por encima del umbral).

Así, el monto de impuesto al ingreso personal a pagar por el hogar h es $T_{iht} = \text{Min}\{\tau_{i_1t} * \psi, \tau_{i_1t} * y_{ht}\} + \text{Max}\{0, \tau_{i_1t} * (y_{ht} - \psi)\}$. Fijando $\psi = 0$, queda inoperativa τ_{i_1} y se obtiene el modelo de Caiani *et al.* (2019).

4 Resultados

4.1 Experimento

En esta sección se presenta el ejercicio realizado. Se simulan dos economías cuya única diferencia es el diseño del impuesto al ingreso personal. De esta manera se aprecia cuál es la dinámica que muestra una economía particular con un impuesto proporcional al ingreso y cuál es la dinámica de dicha economía en caso que el impuesto sea progresivo.

En la simulación que constituye el escenario base, el umbral del impuesto al ingreso es cero. En el escenario alternativo el umbral del impuesto al ingreso se ubica en un valor positivo $\psi > 0$ y $\tau_{i_1} = 0$. Por lo tanto, los hogares pagarán $Max\{0, y_{ht} - \psi\} * \tau_{i_2t}$ por impuesto al ingreso. Esto determina que quien recibe ingresos menores al umbral no abona el impuesto y quien recibe ingresos por encima del umbral aporta una tasa efectiva mayor cuanto mayor sea su ingreso. Por lo tanto, si se acepta definir impuesto progresivo como aquel que cumple

$$\frac{\partial (T_{iht}/y_{ht})}{\partial y_{ht}} \geq 0 \quad (1)$$

donde y_{ht} es el ingreso y T_{iht} es el importe a pagar por impuesto al ingreso, del hogar h en el período t . Entonces el impuesto al ingreso en el escenario alternativo es de carácter progresivo.

El ejercicio se realiza para distintas configuraciones de tasa y umbral. En todos los casos se fija el nivel inicial del umbral y se despeja la tasa $\tau_{i_{2exper}}$ de forma que la recaudación inicial sea la misma que en el escenario base. Se procura no distorsionar el resultado fiscal inicial. En caso contrario, los cambios observados también obedecerían a una modificación en la recaudación tributaria inicial. Los niveles de umbral utilizados en las distintas configuraciones son: 40 %, 60 %, 80 %, 100 % y 120 % del salario promedio inicial.

La tasa $\tau_{i_{2exper}}$ para igualar ambas recaudaciones iniciales del impuesto al ingreso se deriva de

$$\tau_{i_{2exper}} = \frac{\left[\sum_{h=\{w,o,r,m\}} (w_{h0}nh)(1 - u_0) + \sum_{x=\{c,k,b\}} (Div_{x0}) \right] \tau_{i_2}}{\sum_{h=\{w,o,r,m\}} [(w_{h0} - umbral_0)nh](1 - u_0) + \sum_{x=\{c,k,b\}} (Div_{x0})} \quad (2)$$

Se simulan 50 períodos de cada escenario y se realizan 100 repeticiones de

Monte Carlo para cada uno⁶. Se toma la mediana de las 100 repeticiones en cada momento del tiempo para construir las series analizadas en las siguientes secciones. La cantidad de repeticiones permite presentar intervalos del valor de la variable con un 10 % de significación.

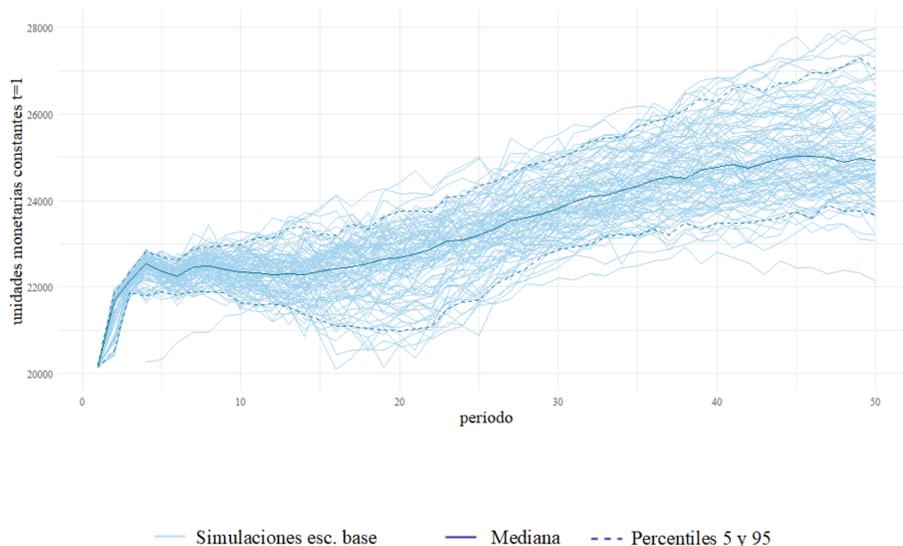
La calibración de los parámetros se encuentra disponible en el Anexo 5. Seguimos la literatura, en particular a Caiani *et al.* (2019). La economía está compuesta por 4000 hogares, 1600 son operarios, 1119 oficinistas, 81 investigadores y 400 gerentes. Hay 100 firmas de consumo, 10 de capital y 10 bancos. Las simulaciones inician desde una completa homogeneidad. Los agentes pertenecientes a la misma categoría comienzan con la misma dotación inicial. Los salarios iniciales son iguales para los trabajadores de una misma categoría, las firmas comienzan con idéntica tecnología de producción y tanto créditos, como depósitos, son asignados a cada banco con igual probabilidad.

4.2 Escenario base

Durante los 50 períodos del escenario base se aprecia un crecimiento económico positivo, pero moderado. El crecimiento medio es 0.42 %, acumulando 23.59 % en los 50 períodos. Al utilizar una medida de posición central para obtener cada observación de la serie, ésta se asemeja a su tendencia. La figura 1 muestra la evolución del PIB a precios constantes. Se aprecia que los niveles de crecimiento en los primeros períodos son mayores a los del resto de la serie. Esto se explica por el impulso inicial que se genera con las condiciones prefijadas para comenzar la simulación. A partir del quinto período la economía entra en una fase de estancamiento y retoma el crecimiento a partir del período 20 aproximadamente. En la misma línea, el desempleo muestra una fuerte caída al comienzo de la simulación y luego permanece estable en niveles cercanos a 2 %. El consumo sigue una trayectoria similar al producto, mientras la inversión presenta una caída a partir del período 30. La evolución de ambos agregados puede observarse en la figura 2, que muestra la evolución de un conjunto de variables relevantes en el escenario base.

⁶Aumentar la cantidad de repeticiones y de períodos aumenta el tiempo requerido para su simulación. En consideración de los medios físicos y el tiempo disponible, se eligió aquí alcanzar las 100 repeticiones de Monte Carlo para cada escenario y así trabajar con intervalos de confianza al 90 %. Como contrapartida limitar el período de tiempo de cada simulación a 50 "ticks". En caso que se asocie cada "tick" del reloj a un año, coincide con la periodicidad usual de los impuestos y 50 años son suficientes para abarcar el período de tiempo en el que una persona paga impuestos a lo largo de su vida.

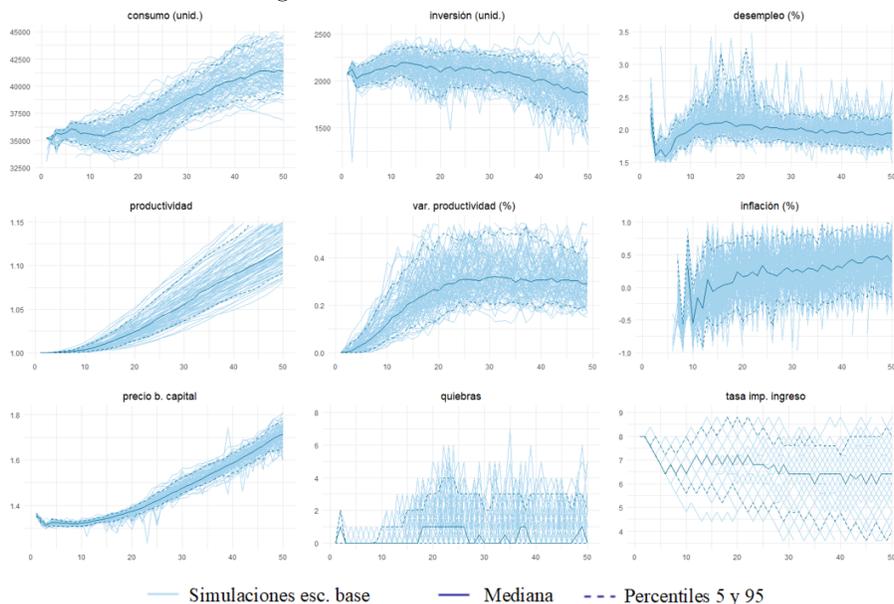
Figura 1: PIB



El primer impulso de crecimiento genera una propagación de expectativas positivas al comienzo de la simulación. Recordemos que todas las firmas buscan contratar más trabajadores para ajustar su proporción de empleados por calificación. El correlato es un aumento del empleo y poder de compra de los hogares, ya que ajustan su salario de reserva al alza. Ante el fortalecimiento de la demanda de bienes de consumo, las firmas de consumo aumentan su producción deseada, su *mark-up* y su demanda por bienes de capital con la intención de aumentar su capacidad instalada. En el mercado de bienes de capital se aprecia un aumento de la demanda, las firmas de capital responden en consonancia aumentando su producción y su *mark-up*. En ambos sectores estos procesos implican aumento de costos unitarios al aumentar la proporción de trabajadores no-operarios y aumento del endeudamiento para financiar la expansión deseada.

La tendencia descrita solo puede ser sostenida en presencia de un aumento de productividad que impida el deterioro de la rentabilidad. Para generarse un aumento de productividad es necesario que las firmas de capital generen una innovación, cuya ganancia de productividad es un incremento acotado sobre la productividad de la variedad producida por la firma hasta ese momento. Puede ocurrir que este incremento no sea suficiente para sostener el *mark-up* en la dinámica que venía siguiendo la economía. La nueva maquinaria es ofrecida a las firmas de consumo en el siguiente período y quienes la adquieran podrán

Figura 2: Otras variables relevantes

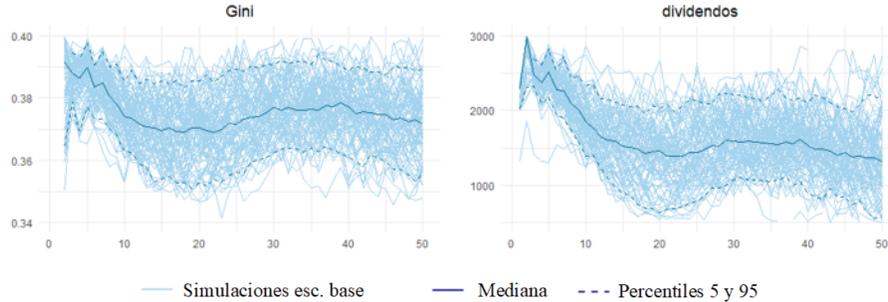


incorporarla al proceso productivo recién un período más adelante. Por lo tanto, en caso que los eslabones de este encadenamiento funcionen en sentido favorable a la innovación en forma consecutiva, son necesarios 3 períodos como mínimo para que una innovación se materialice en el aumento de productividad de alguna firma. Una vez que la maquinaria con mayor productividad está en el mercado, existen mecanismos que funcionan como catalizadores del aumento de productividad, pero en los primeros períodos estos mecanismos no se encuentran operativos debido a que se parte de una completa homogeneidad en el capital propiedad de las firmas de consumo y el capital ofrecido por las firmas de capital.

La imposibilidad de acompañar el proceso con un aumento simultáneo de productividad conduce a un freno en la economía que se mantiene hasta el período 20 aproximadamente, donde se retoma la senda de crecimiento luego que se generan innovaciones y las firmas de consumo logran incorporarlas en su proceso de producción.

El momento en el cual la economía toma la senda de crecimiento, cercano al período 20, coincide con un “salto” en el crecimiento de la productividad. Hasta no consolidar el proceso de cambio tecnológico, que implica superar las etapas mencionadas anteriormente, la economía no logra salir del estancamiento.

Figura 3: Desigualdad y dividendos



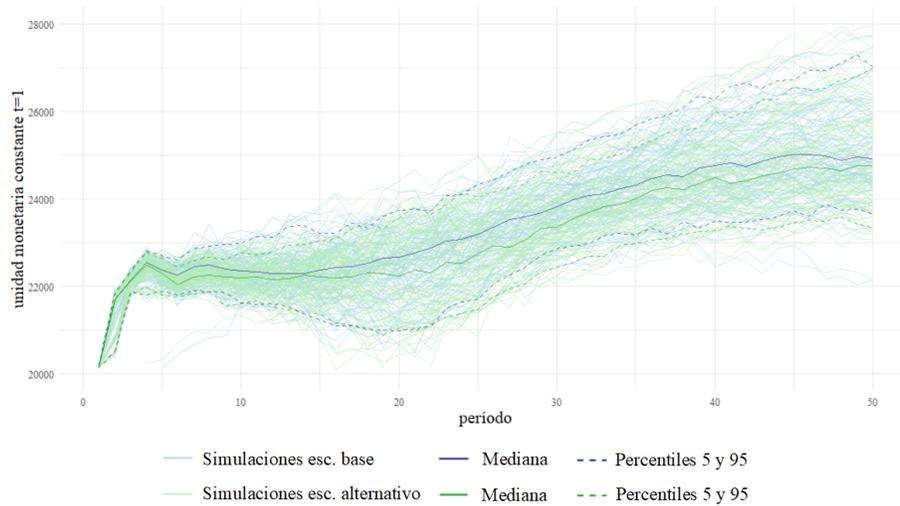
La evolución de la renta empresarial; los primeros momentos de auge, el estancamiento y segundo impulso, tiene su correlato con los dividendos recibidos por los gerentes. Los dividendos comienzan siendo altos, luego caen en la fase de estancamiento y vuelven a incrementarse en el segundo impulso de crecimiento. La figura 3 muestra como dicha evolución se repite en la desigualdad medida a través del índice de Gini. Esto es reflejo de la evolución similar de los segmentos del mercado laboral debido a las proporciones fijas en el empleo de las firmas y a que las mismas proporciones se observan en la calificación inalterable de la población. Como resultado, los salarios evolucionan en forma alineada entre las distintas calificaciones, en distintos niveles y proporciones, pero en sentido similar. La evolución de los dividendos sigue un comportamiento desalineado de los salarios y por ende genera diferencias en la desigualdad, dado que exclusivamente los gerentes reciben este ingreso adicional al salario.

4.3 Cambios ante el impuesto progresivo

La economía con impuesto al ingreso personal progresivo sigue en líneas generales la dinámica descrita en el escenario base. Las diferencias se registran en que algunas etapas del proceso se ven más acentuadas en este caso. De todas formas, más allá de diferentes niveles en la mediana de las observaciones, las diferencias no resultan significativas con un nivel de significación de 10 %, ni siquiera en el caso más extremo entre los escenarios propuestos, donde el umbral comienza equiparado a 120 % del salario promedio inicial y la tasa impositiva comienza en 31,74 %. La figura 4 superpone la evolución del PIB en este caso sobre la del escenario base. La primera observación a ser realizada, por lo tanto, es la ausencia de diferencias significativas en el nivel de las variables agregadas entre

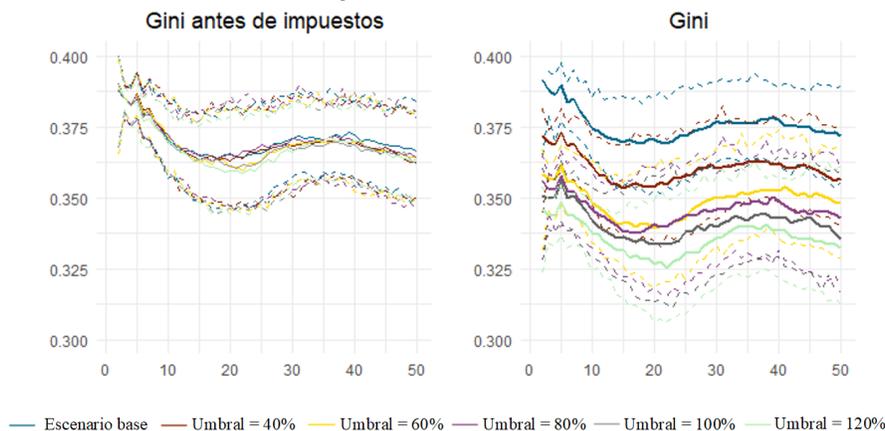
la economía con impuesto proporcional y la economía con impuesto progresivo al ingreso.

Figura 4: PIB



La desigualdad medida a través del Índice de Gini, si bien evoluciona en sentido similar al escenario base (guiada por el ingreso extraordinario de los gerentes), se mantiene constantemente en niveles inferiores en mediana. En el caso del escenario con mayor nivel de umbral, este comportamiento se observa también en los intervalos de confianza al 10% de significación, con excepción de los últimos períodos. En éstos se incrementa la amplitud del intervalo en el escenario alternativo. Esta separación de los valores del índice de Gini observados en distintas simulaciones se repite en los escenarios alternativos de mayores umbrales. Una explicación posible es que, si bien en presencia del impuesto progresivo se advierten menores niveles de desigualdad, su efectividad para reducirla puede ir en descenso a medida que transcurre el tiempo y los agentes ajustan sus decisiones. En los primeros períodos, la amplitud del intervalo se mantiene. Es a partir del período 20, aproximadamente, cuando los percentiles cinco y noventa y cinco, permanecen a mayor distancia de la mediana. El momento coincide con el repunte de los dividendos, lo que significa mayor presencia de ingresos extra salariales. Cobran relevancia entonces los hogares de altos ingresos para explicar el incremento de la desigualdad a partir de ese momento.

Figura 5: Índice de Gini



La figura 5 muestra la evolución del Índice de Gini y este índice calculado antes de impuestos. El carácter progresivo del impuesto se pone de manifiesto al observar que se aprecian valores similares para todos los escenarios al calcular el índice antes de impuestos. Mientras el resultado difiere en cada simulación al observar el Índice de Gini una vez considerado el efecto redistributivo de los impuestos.

Se aprecia un descenso en la mediana del Índice de Gini al pasar del impuesto proporcional al progresivo. También se observa, como se esperaba a priori, que disminuye la desigualdad al incrementar umbral y tasa del impuesto, pero las diferencias en la mediana al hacerlo se reducen una vez que el umbral es igual o mayor a tres. En línea con lo comentado anteriormente sobre los dividendos, puede interpretarse que los hogares de menores ingresos, los operarios, ya se encuentran exonerados del impuesto. La redistribución por el lado de las exoneraciones queda realizada sobre la población de menores ingresos. La evolución de la desigualdad pasa a estar explicada, entonces, por lo que sucede en el otro extremo de la distribución, sobre la que este impuesto no discrimina entre hogares.

Respecto a la evolución del producto, la trayectoria es similar en presencia del impuesto proporcional y progresivo. Al 10% de significación no se puede afirmar que difieran en ningún momento de la simulación. La diferencia que puede apreciarse es al observar exclusivamente la mediana en los casos más extremos, con umbral inicial cuatro y cinco. En ese caso la mediana del producto

permanece por más tiempo en la etapa de estancamiento y el repunte de la economía sucede con rezago, luego de transcurrido el período 20. De todas formas, el crecimiento acumulado durante los 50 períodos del escenario con umbral cinco es 74 puntos básicos menor que en el escenario base. Incluso los escenarios con umbral 2, 3 y 5, presentan un crecimiento acumulado mayor en mediana al del escenario base. La tabla 1 muestra el crecimiento promedio y acumulado, de la series construidas con la mediana de cada escenario y sus respectivos intervalos de confianza.

Cuadro 1: Crecimiento promedio y acumulado

Umbral	crecimiento promedio (%)	crecimiento acumulado (%)
0	0.4245 (0.3241:0.5861)	23.59 (17.56:33.94)
2	0.4267 (0.3256:0.5491)	23.73 (17.65:31.50)
3	0.4347 (0.3218:0.5789)	24.22 (17.43:33.46)
4	0.4237 (0.2973:0.5635)	23.54 (16.00:32.44)
5	0.4249 (0.3080:0.5565)	23.61 (16.62:31.98)
6	0.4125 (0.2969:0.5831)	22.85 (15.98:33.74)

A partir de los resultados obtenidos, podemos interpretar que los efectos esperados en nuestras hipótesis iniciales se contrarrestan a nivel agregado. La redistribución de ingreso disponible entre los hogares no genera cambios significativos en la demanda de consumo a nivel agregado. Las firmas, por lo tanto, responden en forma similar al escenario base, respecto a sus decisiones de producción e inversión. Éstas no encuentran restricciones adicionales en materia de financiamiento. Los efectos que la redistribución genera sobre el nivel de ahorro no activan una restricción de financiamiento a la inversión. Los bancos no ven limitada su capacidad de otorgar préstamos respecto al escenario base. Por lo que la dinámica de I & D no se ve perjudicada y se observa una evolución similar en el crecimiento económico.

5 Consideraciones finales

A través de un ABM consistente en flujos y stock, analizamos el crecimiento económico ante distintos diseños del impuesto al ingreso personal. No se observa un deterioro en el crecimiento ante la aplicación de una política redistributiva,

en línea con Ostry *et al.* (2014). Al diferenciar únicamente dos tramos de ingreso, uno exonerado y otro gravado a tasa positiva, no se logra revertir la desigualdad generada a lo largo de toda la distribución del ingreso. En este caso se logra revertir la desigualdad generada en el tramo de bajo de la distribución a través de la exoneración del impuesto a los hogares de menores ingresos. La disminución de la desigualdad provocada por un incremento en el umbral de los ingresos exonerados disminuye luego que el ingreso de los hogares de menor ingreso ya se encuentra totalmente por debajo del umbral.

Estos resultados parecen mostrar que la mayor tasa efectiva del impuesto ante mayores niveles de ingreso no representa de por sí una limitación significativa para el crecimiento económico. La variación de los ingresos disponibles de los individuos parecen repercutir en forma que se compensan a nivel agregado. Los niveles de consumo e inversión se mantienen a pesar de la redistribución en la carga impositiva. El experimento no contempla la aplicación de tasas impositivas iniciales superiores a 31.74 %, por lo tanto las conclusiones aplican a tasas por debajo de dicho valor.

En línea con Piketty y Saez (2003) y como se esperaba a priori, en las simulaciones donde se incrementa el valor del umbral y la tasa impositiva, se aprecia menor desigualdad, confirmando que la política tributaria puede disminuirla. Pero las ganancias en términos de reducción de la desigualdad disminuyen una vez que el valor del umbral ya exonera totalmente a los hogares con menor ingreso. Este diseño no parece contrarrestar la desigualdad que se genera a partir de diferencias en el tramo alto de ingresos. Para atacar este fenómeno se requiere incorporar una nueva franja de ingresos gravada a una tasa diferencial o alternativamente gravar las rentas que generan la desigualdad en el tramo alto de la distribución del ingreso, los pagos extraordinarios recibidos por los hogares de mayores ingresos en adición al salario.

Las conclusiones de este trabajo son válidas dentro de una zona limitada del espacio de posibilidades. La cual podría ampliarse extendiendo el análisis de sensibilidad presentado en el anexo 5 e incorporando escenarios con tasas por encima de 34.74 % y umbrales mayores al 120 % del salario promedio. La cantidad de períodos comprendidos en cada simulación también resulta una limitación. Extenderlos, al aumentar la cantidad de interacciones acumuladas, favorecería la posibilidad de observar propiedades emergentes y cambios de estado. Acompañar la mayor duración de cada simulación con un aumento de las repeticiones ayudaría a identificar con precisión cuáles de estas modificaciones del sistema se repiten en las distintas simulaciones. Otra limitación del trabajo es que solo

analiza la política tributaria y particularmente un diseño específico del impuesto al ingreso, esta limitación puede ser superada incorporando al análisis alternativas de gasto público y otros esquemas impositivos. En particular resultaría interesante explorar la incidencia de la provisión de bienes públicos por parte del Estado.

El trabajo no verifica un deterioro del crecimiento económico, en las condiciones particulares del experimento, al aplicar un impuesto progresivo al ingreso en lugar de uno proporcional. Los resultados del trabajo lejos de agotar la agenda de investigación, dejan el camino abierto a futuras exploraciones. La gravitación de los altos ingresos en la evolución de la desigualdad invita a cuestionar el impacto que podría tener un diseño impositivo que los grave específicamente. La coincidencia del momento de menor crecimiento y de mayor cambio en el nivel de desigualdad motiva a profundizar el análisis de esta relación siguiendo a Banerjee y Duflo (2003). Interesa también explorar las decisiones de inversión en capital humano y cómo estas se pueden ver afectadas ante cambios impositivos. La economía modelada en este trabajo tiene desempleo en torno a 2%, baja inflación y cuentas públicas equilibradas. Resulta de interés repetir el experimento en otro contexto económico. El rol del gasto público en este modelo se reduce a salarios y subsidio por desempleo. Sería interesante avanzar en el análisis de otras herramientas de gasto e incorporar distintas configuraciones para la provisión de bienes públicos.

Referencias

- Aghion, P., Caroli, E., & García-Peñalosa, C. (1999). Inequality and economic growth: The perspective of the new growth theories.
- Alesina, A. & Rodrik, D. (1994). Distributive Politics and Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 109(2):465–490.
- Alvaredo, F. & Gasparini, L. (2015). Recent trends in inequality and poverty in developing countries. En *Handbook of Income Distribution*, volumen 2, pp. 697–805. Elsevier B.V., Amsterdam.
- Anderson, P. W. & Arrow, K. (1988). *The Economy As An Evolving Complex System (Santa Fe Institute Series)*. Westview Press, Florida.
- Arthur, W. B. (1990). Positive Feedbacks in the Economy. *Scientific American*, 262(2):92–99.
- Arthur, W. B. (1997). *The Economy as an Evolving Complex System II*. CRC PRESS, Florida.
- Arthur, W. B. (2014). *Complexity and the economy*. Oxford.
- Atkinson, A. B. (1970). On the measurement of inequality. *Journal of Economic Theory*, 2(3):244–263.
- Atkinson, A. B. A. B. (2015). *Inequality : what can be done?* Massachusetts.
- Banerjee, A. V. & Duflo, E. (2003). Inequality and growth: What can the data Say? *Journal of Economic Growth*, 8(3):267–299.
- Barro, R. J. (1999). Inequality, Growth, and Investment. Technical report, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Bénabou, R. (1996). Inequality and Growth. *NBER Macroeconomics Annual*, 11.
- Bigsten, A. & Levin, J. (2004). Growth, Income Distribution, and Poverty: A Review. En *Growth, Inequality, and Poverty: Prospects for Pro-poor Economic Development*. Oxford University Press, Oxford.
- Blume, L. E. & Durlauf, S. N. (2005). *The Economy as an Evolving Complex System, III: Current Perspectives and Future Directions*. Oxford University Press, Oxford.

- Botta, A., Caverzasi, E., Russo, A., Gallegati, M., & Stiglitz, J. E. (2019). Inequality and finance in a rent economy. *Journal of Economic Behavior & Organization*.
- Bourguignon, F. (2000). Introduction: Income distribution and economics.
- Brown, C. (2004). Does income distribution matter for effective demand? Evidence from the United States.
- Caiani, A., Godin, A., Caverzasi, E., Gallegati, M., Kinsella, S., & Stiglitz, J. E. (2016). Agent based-stock flow consistent macroeconomics: Towards a benchmark model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 69:375–408.
- Caiani, A., Russo, A., & Gallegati, M. (2019). Does inequality hamper innovation and growth? An AB-SFC analysis. *Journal of Evolutionary Economics*, 29(1):177–228.
- Christen, M. & Morgan, R. M. (2005). Keeping up with the Joneses: Analyzing the effect of income inequality on consumer borrowing. *Quantitative Marketing and Economics*, 3(2):145–173.
- Ciarli, T., Lorentz, A., Savona, M., & Valente, M. (2010). The effect of consumption and production structure on growth and distribution. A micro to macro model. *Metroeconomica*, 61(1):180–218.
- Cingano, F. (2014). Trends in income inequality and its impact on economic growth.
- Clarke, G. R. (1995). More evidence on income distribution and growth. *Journal of Development Economics*, 47(2):403–427.
- Deaton, A. (2015). *The great escape. Health, wealth, and the origins of inequality*. Princeton University Press, New Jersey.
- Dosi, G., Fagiolo, G., & Roventini, A. (2010). Schumpeter meeting Keynes: A policy-friendly model of endogenous growth and business cycles. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34(9):1748–1767.
- Dosi, G. & Roventini, A. (2019). More is different.. and complex! the case for agent-based macroeconomics. *Journal of Evolutionary Economics*.

- Eichhorn, W., Funke, H., & Richter, W. F. (1984). Tax progression and inequality of income distribution. *Journal of Mathematical Economics*, 13(2):127–131.
- Ferri, P. (2017). Inequality and aggregate demand. En *Aggregate Demand, Inequality and Instability*, pp. 33–42. Cambridge, MA.
- Fields, G. S. (1989). Changes in poverty and inequality in developing countries. *World Bank Research Observer*, 4(2):167–185.
- Fischer, T. (2017). Can redistribution by means of a progressive labor income-taxation transfer system increase financial stability? *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 20(2).
- Galor, O. (2000). Income distribution and the process of development. *European Economic Review*, 44(4-6):706–712.
- Galor, O. & Zeira, J. (1993). Income distribution and macroeconomics. *The review of economic studies*, 60(1):35–52.
- García-Peñalosa, C. (2018). Inequality in macroeconomic models. *Revue de l'OFCE*, 157(3):93–115.
- Godley, W. & Lavoie, M. (2006). *Monetary economics: An integrated approach to credit, money, income, production and wealth*. Palgrave Macmillan.
- Halter, D., Oechslin, M., & Zweimüller, J. (2014). Inequality and growth: The neglected time dimension. *Journal of Economic Growth*, 19(1):81–104.
- Johnson, S. (2001). *Emergence: The Connected Lives of Ants, Brains, Cities, and Software*.
- Jones, C. I. (2015). Pareto and Piketty: The macroeconomics of top income and wealth inequality. *Journal of Economic Perspectives*, 29(1):29–46.
- Kakwani, N. C. (1977). Applications of Lorenz Curves in Economic Analysis. *Econometrica*, 45(3):719.
- Kaldor, N. (1955). Alternative Theories of Distribution. *The Review of Economic Studies*, 23(2):83.
- Kirman, A. (2010a). *Complex economics: Individual and collective rationality*, volumen 9780203847. Routledge, London.

- Kirman, A. (2010b). The economic crisis is a crisis for economic theory. *CESifo Economic Studies*, 56(4):498–535.
- Kirman, A. (2016). Ants and nonoptimal self-organization: Lessons for macroeconomics. *Macroeconomic Dynamics*, 20(2):601–621.
- Kirman, A. (2017). The Economy as a Complex System. pp. 1–16. Springer, Singapore, Holland.
- Kulp, C. W., Kurtz, M., Wilston, N., & Quigley, L. (2019). The effect of various tax and redistribution models on the gini coefficient of simple exchange games. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 29(8):083118.
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American economic review*, 45(1):1–28.
- Lambert, P. J. (1992). The Distribution and Redistribution of Income. En *Current Issues in Public Sector Economics*, pp. 200–226. Macmillan Education UK.
- Lengnick, M. & Wohltmann, H.-W. (2013). Agent-based financial markets and new keynesian macroeconomics: a synthesis. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, 8(1):1–32.
- Muñelo-Gallo, L. & Roca-Sagalés, O. (2013). Joint determinants of fiscal policy, income inequality and economic growth. *Economic Modelling*, 30:814–824.
- Neveu, A. R. (2013). Fiscal policy and business cycle characteristics in a heterogeneous agent macro model. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 92:224–240.
- Nolan, B., Salverda, W., & Smeeding, T. M. (2012). *The Oxford Handbook of Economic Inequality*. Oxford University Press, Oxford.
- Onaran, Ö., Stockhammer, E., & Grafl, L. (2011). Financialisation, income distribution and aggregate demand in the USA. *Cambridge Journal of Economics*, 35(4):637–661.
- Ostry, J. D., Berg, A., & Tsangarides, C. G. (2014). *Redistribution, inequality, and growth*. International Monetary Fund.
- Perotti, R. (1993). Political Equilibrium, Income Distribution, and Growth. *The Review of Economic Studies*, 60(4):755–776.

- Persson, T. & Tabellini, G. (1994). Is Inequality Harmful for Growth? *The American Economic Review*, 84(3):600–621.
- Piketty, T. & Qian, N. (2009). Income inequality and progressive income taxation in China and India, 1986-2015. *American Economic Journal: Applied Economics*, 1(2):53–63.
- Piketty, T. & Saez, E. (2003). Income inequality in the United States, 1913-1998.
- Rajan, R. G. (2011). *Fault lines: How hidden fractures still threaten the world economy*. Princeton University Press, New Jersey.
- Ravallion, M. (2018). Inequality and globalization: A review essay.
- Shorrocks, A. F. (1983). Ranking Income Distributions. *Economica*, 50(197):3.
- Stewart, F. (2013). Employment, income distribution and development. En Chenery, H. & Srinivasan, T. N., editores, *Employment, Income Distribution and Development*, volumen 2, capítulo 19, pp. 1–186. Elsevier, 1 edición.
- Stiglitz, J. E. (2012). *The price of inequality*. New York.
- Stockhammer, E. (2015). Rising inequality as a cause of the present crisis. *Cambridge Journal of Economics*, 39(3):935–958.
- Wilkinson, R. G. & Pickett, K. (2010). *The spirit level : why equality is better for everyone*. London.
- Wilkinson, R. G. & Pickett, K. E. (2006). Income inequality and population health: A review and explanation of the evidence. *Social Science and Medicine*, 62(7):1768–1784.
- Yang, Y., Chen, P., & Jin, Q. (2019). Impact of taxes and subsidies on social wealth distribution: By agent-based modeling. En *International Conference on Applications and Techniques in Cyber Security and Intelligence*, pp. 524–533. Springer.

Anexo A: Complemento visual

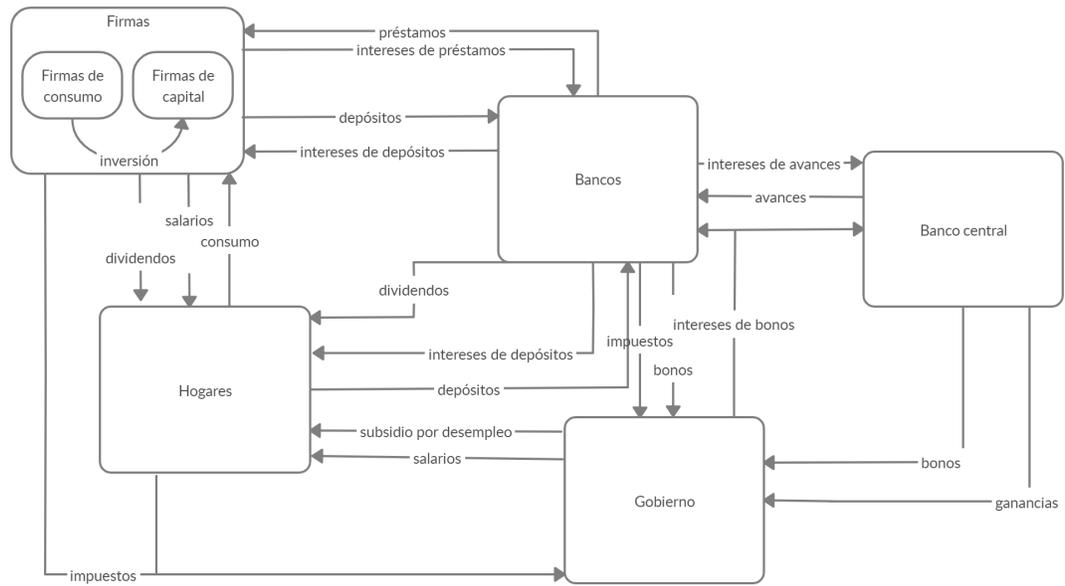


Figura 6: Intercambios entre los agentes. El sentido de las flechas indica egresos.

Anexo B: Flujos y Stock

A continuación se presentan los flujos y stocks, del período inicial y final, obtenidos en una única simulación utilizada como ejemplo.

Flujos	hogares	CA firmas consumo	KA firmas consumo	CA firmas capital	KA firmas capital	CA bancos	KA bancos	gobierno	CA banco central	KA banco central	TOTAL
consumo	-18458	18458	0	0	0	0	0	0	0	0	0
salarios	18346	-12490	0	-2455	0	0	0	-3401	0	0	0
subsidio	666	0	0	0	0	0	0	-666	0	0	0
inventario	0	-797	797	192	-192	0	0	0	0	0	0
inversión	0	0	-2497	2497	0	0	0	0	0	0	0
amort. capital	0	-2506	2506	0	0	0	0	0	0	0	0
impuestos int.	-4552	-450	0	-42	0	-34	0	5078	0	0	0
depósitos int.	101	31	0	6	0	-139	0	0	0	0	0
bonos int.	0	0	0	0	0	128	0	-170	43	0	0
préstamos int.	0	-194	0	-5	0	199	0	0	0	0	0
avances beneficios	2136	-2052	205	-193	19	-154	38	0	0	0	0
beneficios banco central	0	0	0	0	0	0	0	43	-43	0	0
var. activos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
var. depósitos	1761	0	-1777	0	176	0	-159	0	0	0	0
var. avances	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
var. reservas	0	0	0	0	0	0	25	0	0	-25	0
var. bonos	0	0	0	0	0	0	859	-884	0	25	0
var. préstamos	0	0	766	0	-3	0	-763	0	0	0	0
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 2: Flujos del período 1. Valores positivos representan ingresos y negativos egresos. CA simboliza la cuenta corriente y KA la cuenta capital.

Flujos	hogares	CA firmas consumo	KA firmas consumo	CA firmas capital	KA firmas capital	CA bancos	KA bancos	gobierno	CA banco central	KA banco central	TOTAL
consumo	-25203	25203	0	0	0	0	0	0	0	0	0
salarios	26946	-19736	0	-3077	0	0	0	-4133	0	0	0
subsidio	482	0	0	0	0	0	0	-482	0	0	0
inventario	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
inversión	0	0	-3234	3234	0	0	0	0	0	0	0
amort. capital	0	-3389	3389	0	0	0	0	0	0	0	0
impuestos	-3593	-275	0	-23	0	-23	0	3914	0	0	0
int. depósitos	144	61	0	8	0	-212	0	0	0	0	0
int. bonos	0	0	0	0	0	8	0	-224	216	0	0
int. préstamos	0	-389	0	-1	0	389	0	0	0	0	0
int. avances	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
beneficios	1979	-1476	-239	-141	-2	-162	40	0	0	0	0
banco central	0	0	0	0	0	0	0	216	-216	0	0
var. activos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
var. depósitos	-755	0	138	0	-3	0	619	0	0	0	0
var. avances	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
var. reservas	0	0	0	0	0	0	297	0	0	-297	0
var. bonos	0	0	0	0	0	0	-1006	709	0	297	0
var. préstamos	0	0	-54	0	4	0	49	0	0	0	0
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 3: Flujos del período 50. Valores positivos representan ingresos y negativos egresos. CA simboliza la cuenta corriente y KA la cuenta capital.

Stocks	hogares	firmas consumo	firmas capital	bancos	gobierno	banco central	TOTAL
acciones	0	0	0	0	0	0	0
depósitos	38706	14277	2324	-55307	0	0	0
créditos	0	-26614	-646	27260	0	0	0
bienes de consumo	0	453	0	0	0	0	453
bienes de capital	0	26923	442	0	0	0	27365
bonos	0	0	0	24654	-33214	8560	0
reservas	0	0	0	8560	0	-8560	0
avances	0	0	0	0	0	0	0
VALOR NETO	38706	15038	2120	5167	-33214	0	27818

Cuadro 4: Stocks del período 1

Stocks	hogares	firmas de consumo	firmas de capital	bancos	gobierno	banco central	TOTAL
acciones	1430	-23	0	-1407	0	0	0
depósitos	54174	22503	2809	-79486	0	0	0
créditos	0	-38645	-58	38703	0	0	0
bienes de consumo	0	0	0	0	0	0	0
bienes de capital	0	35612	0	0	0	0	35612
bonos	0	0	0	2560	-45550	42990	0
reservas	0	0	0	42990	0	-42990	0
avances	0	0	0	0	0	0	0
VALOR NETO	55604	19446	2751	3361	-45550	0	35612

Cuadro 5: Stocks del período 50

Anexo C: Calibración

Símbolo	Descripción	Base	Experimento
gss	Tasa de crecimiento nominal en estado cuasi estacionario	0.0075	0.0075
λ	Parámetro de expectativas adaptativas	0.25	0.25
nw	Cantidad de operarios	2400	2400
no	Cantidad de oficinistas	1119	1119
nr	Cantidad de investigadores	81	81
nm	Cantidad de gerentes	400	400
$size_{\phi_c}$	Cantidad de firmas de consumo	100	100
$size_{\phi_k}$	Cantidad de firmas de capital	10	10
$size_{\phi_b}$	Cantidad de bancos	10	10
$share_{cw} = share_{kw}$	Proporción de operarios en las firmas de capital y consumo	0.6	0.6
$share_{co}$	Proporción de oficinistas en las firmas de consumo	0.3	0.3
$share_{ko}$	Proporción de oficinistas en las firmas de capital	0.15	0.15
$share_{cr}$	Proporción de investigadores en las firmas de consumo	0	0
$share_{kr}$	Proporción de investigadores en las firmas de capital	0.15	0.15
$share_{cm} = share_{km}$	Proporción de gerentes en las firmas de capital y consumo	0.6	0.6
SI_{w0}	Participación inicial de los operarios en el ingreso	0.3	0.3
$SI_{o0} + SI_{r0}$	Participación inicial de los oficinistas e investigadores en el ingreso	0.4	0.4
SI_{m0}	Participación inicial de los gerentes en el ingreso	0.3	0.3
SW_{w0}	Participación inicial de los operarios en la riqueza	0.3	0.3
$SW_{o0} + SW_{r0}$	Participación inicial de los oficinistas e investigadores en la riqueza	0.4	0.4
SW_{m0}	Participación inicial de los gerentes en la riqueza	0.3	0.3
α_w	Propensión media a consumir de los operarios sobre el ingreso	0.99	0.99
$\alpha_o = \alpha_r$	Propensión media a consumir de los oficinistas e investigadores sobre el ingreso	0.9815	0.9815

continúa en la siguiente página

Símbolo	Descripción	Base	Experimento
α_m	Propensión media a consumir de los gerentes sobre el ingreso	0.975	0.975
β	Parámetro de persistencia del consumo real	0.9	0.9
u_0	desempleo inicial	0.08	0.08
μ_N	Productividad del trabajo en las firmas de capital	6.67	6.67
μ_k	Productividad inicial del capital	1	1
l_k	Ratio capital-trabajo	20	20
$\chi_c = \chi_k$	Posibles competidores en el sector consumo y capital	5	5
$\chi_d = \chi_l$	Posibles competidores en el sector depósitos y crédito	3	3
$\chi_w = \chi_o = \chi_r = \chi_m$	Posibles competidores en el mercado de operarios, oficinistas, investigadores y gerentes	10	10
$\varepsilon^c = \varepsilon^d = \varepsilon^l$	Parámetro de intensidad de elección en el mercado de consumo, depósitos y crédito	4.62	4.62
ε^k	Parámetro de intensidad de elección en el mercado de capital	13.86	13.86
ν	Proporción objetiva de inventarios	0.1	0.1
θ	Rotación de trabajadores	0.05	0.05
μ_{c0}	<i>mark-up</i> inicial de las firmas de consumo	0.3189	0.3189
μ_{k0}	<i>mark-up</i> inicial de las firmas de capital	0.075	0.075
$(\mu_{FN_1}, \sigma_{FN_1}^2)$	Parámetros de la distribución normal en valor absoluto FN_1	0,0.015	0,0.015
$(\mu_{FN_2}, \sigma_{FN_2}^2)$	Parámetros de la distribución normal en valor absoluto FN_2	0,0.015	0,0.015
$(\mu_{FN_3}, \sigma_{FN_3}^2)$	Parámetros de la distribución normal en valor absoluto FN_3	0,0.01	0,0.01
τ_u	Cantidad de períodos desempleado en la revisión del salario de reserva	2	2
N_{gt}	Cantidad de trabajadores del Estado	680	680
τ_{π_0}	Tasa inicial del impuesto a la renta empresarial	0.18	0.18
τ_{i_1}	Tasa del impuesto al ingreso personal aplicable al tramo de ingreso menor al umbral	0	0

continúa en la siguiente página

Símbolo	Descripción	Base	Experimento
τ_{i_2}	Tasa inicial del impuesto al ingreso personal aplicable al tramo de ingreso superior al umbral	0.08	[0.1279,0.1678, 0.1991,0.2447, 0.3174]
ψ_0	Umbral del impuesto al ingreso personal	0	[2,3,4,5,6]
τ_{w_0}	Tasa del impuesto a la riqueza	0.05	0.05
def^1, def^0	Umbrales del déficit fiscal en la revisión de tasas impositivas	0.05, 0.02	0.05, 0.02
v	Parámetro de ajuste en la revisión de tasas impositivas	0.05	0.05
η	Duración de los préstamos	20	20
κ	Duración de los bienes de capital	20	20
\bar{r}	Tasa de rentabilidad objetivo	0.04345	0.04345
\bar{u}	Tasa de utilización objetivo	0.08	0.08
γ_1, γ_2	Peso de ganancias y utilización en la función de inversión	0.015, 0.015	0.015, 0.015
ψ^{inn}, ψ^{imi}	Parámetro de probabilidad de éxito de la innovación y la imitación	0.015, 0.045	0.015, 0.045
σ	Depósitos por motivo precaución como porcentaje de la masa salarial	1	1
$\rho_c = \rho_k$	Proporción del resultado repartido como dividendos por las firmas de consumo y capital	0.9	0.9
ρ_b	Proporción del resultado repartido como dividendos por los bancos	0.75	0.75
i_{b0}^l	Tasa de interés inicial de los préstamos	0.0075	0.0075
i_{b0}^d	Tasa de interés inicial de los depósitos	0.0025	0.0025
CR_0^T	Ratio de capital objetivo inicial	0.18	0.18
LR_0^T	Ratio de liquidez objetivo inicial	0.26	0.26
s_c	Aversión al riesgo de los bancos respecto a las firmas de consumo	3.9	3.9
s_k	Aversión al riesgo de los bancos respecto a las firmas de capital	21.5	21.5
ι	Recorte en los activos de la firma quebrada	0.5	0.5
w_{n_0}	Salario promedio inicial	5	5

continúa en la siguiente página

Símbolo	Descripción	Base	Experimento
ω	Subsidio por desempleo como porcentaje del salario promedio de los operarios	0.4	0.4
\bar{i}_{CB}^a	Tasa de interés de los avances del banco central	0.005	0.005
\bar{i}^b	Tasa de interés de los bonos del gobierno	0.005	0.005
\bar{p}^b	Precio de los bonos del gobierno	1	1

Cuadro 6: La columna experimento refiere a los valores de los parámetros en la simulación con impuesto al ingreso progresivo. Se advertirá que solo se modifican los parámetros ψ_0 y τ_{i_2}

Anexo D: Análisis de sensibilidad

Parámetro	Valor	Crecimiento promedio (%)	Crecimiento acumulado (%)	Gini mediano	Gini final
λ	0.20	0.3787	20.81	0.3674	0.3631
	0.30	0.4390	24.48	0.3751	0.3699
τ_u	1	0.3987	22.01	0.3748	0.3670
	3	0.4036	22.31	0.3741	0.3728
ψ^{inn}	0.010	0.4083	22.60	0.3773	0.3750
	0.020	0.4545	25.45	0.3722	0.3716
ψ^{imi}	0.040	0.3817	20.98	0.3752	0.3684
	0.050	0.4831	27.25	0.3751	0.3751
ν	0.050	0.3409	18.55	0.3588	0.3557
	0.150	0.4952	28.01	0.3814	0.3838
ι	0.250	0.4599	25.79	0.3735	0.3698
	0.750	0.3859	21.24	0.3716	0.3678
\bar{r}	0.0335	0.5088	28.89	0.3797	0.3802
	0.0545	0.3078	16.61	0.3664	0.3599
ς_c	2.9	0.4368	24.35	0.3754	0.3738
	4.9	0.4621	25.92	0.3741	0.3714
ς_k	20.5	0.4443	24.81	0.3724	0.3679
	22.5	0.4403	24.57	0.3742	0.3704
\bar{u}	0.75	0.4642	26.05	0.3756	0.3733
	0.85	0.411	22.76	0.3707	0.3671

Cuadro 7: Sensibilidad. Crecimiento promedio y acumulado, Índice de Gini mediano y final, ante modificaciones en el valor de los parámetros respecto a la calibración utilizada en el trabajo.