

Del impuesto proporcional al ingreso a un impuesto progresivo

Evolución del desempeño económico a través de un
Modelo Basado en Agentes

Marcelo Álvarez

Programa de Posgrado en Economía
Facultad de Ciencias Económicas y de Administración
Universidad de la República

Montevideo – Uruguay
Febrero de 2020

Del impuesto proporcional al ingreso a un impuesto progresivo

Evolución del desempeño económico a través de un
Modelo Basado en Agentes

Marcelo Álvarez

Tesis de Maestría presentada al Programa de
Posgrado en Economía, Facultad de Ciencias
Económicas y de Administración de la Universidad de
la República, como parte de los requisitos necesarios
para la obtención del título de Magíster en Economía.

Director:

Dr. Prof. Juan Gabriel Brida

Codirector:

Dr.(c) Prof. Emiliano Álvarez

Director académico:

Dr. Prof. Rodrigo Ceni

Montevideo – Uruguay

Febrero de 2020

Álvez, Marcelo

Del impuesto proporcional al ingreso a un impuesto progresivo / Marcelo Álvez. - Montevideo: Universidad de la República, Facultad de Ciencias Económicas y de Administración, 2020.

X, 70 p. 29, 7cm.

Director:

Juan Gabriel Brida

Codirector:

Emiliano Álvarez

Director académico:

Rodrigo Ceni

Tesis de Maestría – Universidad de la República, Programa en Economía, 2020.

Referencias bibliográficas: p. 51 – 57.

1. Modelos Basados en Agentes, 2. Desigualdad, 3. Crecimiento, 4. Política Tributaria, 5. Modelos Computacionales. I. Brida, Juan Gabriel, *et al.* II. Universidad de la República, Programa de Posgrado en Economía. III. Título.

INTEGRANTES DEL TRIBUNAL DE DEFENSA DE TESIS

Montevideo – Uruguay
Febrero de 2020

Agradecimientos

Quisiera agradecer a la Universidad de la República por brindarme esta formación. A la Asociación de Bancarios del Uruguay y al Banco Central del Uruguay, por el apoyo que me brindaron para realizar el programa de maestría.

Quisiera agradecer, por los comentarios que contribuyeron a encausar esta investigación, a mis compañeros de Investigaciones Económicas, mis compañeros y profesores de Seminario de Investigación, mi director académico, los participantes del seminario del Grupo de Investigación en Dinámica Económica, los participantes de la I Academia de Maestría LALICS/YSI-INET/UdelaR y los participantes de las XXVII Jornadas de Jóvenes Investigadores AUGM.

Quisiera agradecer a todos aquellos que me ayudaron a lo largo de este proceso, que no hubiera sido posible sin su aporte. A mi tutor, mis profesores, mis compañeros de trabajo, mis compañeros de curso, mis seres queridos por su sostén y especialmente al Prof. Emiliano Álvarez por su dedicación, su paciencia y su inmenso apoyo.

*Si esta cárcel sigue así
todo preso es político*

Patricio Rey

RESUMEN

En esta tesis se aplica un Modelo Basado en Agentes (ABM) para analizar el desempeño económico entre dos economías simuladas, cuya única diferencia es el diseño del impuesto al ingreso personal. En el escenario base, éste es proporcional y en el escenario alternativo, progresivo. En el escenario alternativo los ingresos se dividen en un primer tramo gravado a tasa cero y un segundo tramo gravado a tasa positiva. Se testean diferentes combinaciones de umbral y tasa. No se advierten diferencias significativas en el desempeño económico ante la presencia de un esquema impositivo y el otro. En los escenarios de mayores tasas se advierte una recuperación más lenta de la economía luego de un período de estancamiento por el que se atraviesa en todos los escenarios, pero la diferencia no resulta significativa a un nivel de confianza de 90 %. 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 menores ingresos a través de la exoneración del impuesto a los hogares de bajos ingresos. La disminución de la desigualdad provocada por un incremento en el umbral de los ingresos exonerados disminuye luego que el umbral ya se encuentra por encima del ingreso total de los hogares de menor 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.

Palabras claves:

Modelos Basados en Agentes, Desigualdad, Crecimiento, Política Tributaria, Modelos Computacionales.

ABSTRACT

In this thesis an ABM is applied to analyze the economic performance between two simulated economies, only differenced by the income tax design. In the baseline scenario, the economy has a proportional income tax and a progressive one in the alternative scenario. In this case, there is a first income tranche taxed at zero rate and the remanning income is taxed at a positive rate. Different combinations of threshold and rate are tested. There are no significant differences in economic performance in the presence of one tax scheme and the other. In the scenarios with higher rates, a slower recovery of the economy is noticed after a period of stagnation, but the difference is not significant for a 90 % confidence level. This 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. The decrease in inequality caused by an increase in the threshold of exempt income decreases after the threshold is already above the total income of lower income households. An additional policy is necessary in case you want to offset the differences generated between the highest 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.

Keywords:

Agent Based Model, Inequality, Economic Growth, Income Tax Distortion, Computational Modeling.

Tabla de contenidos

1	Introducción	1
2	Marco teórico	3
3	Metodología	7
3.1	Sistemas complejos	7
3.2	Modelos basados en agentes	10
4	Modelo	13
4.1	Agentes	14
4.1.1	Hogares	14
4.1.2	Firmas	15
4.1.3	Bancos	16
4.1.4	Banco central	17
4.1.5	Gobierno	18
4.2	Mercados	18
4.3	Secuencia de eventos	19
4.3.1	Planificación de la producción	20
4.3.2	Demanda de trabajo	20
4.3.3	Precios, tasas de interés y salarios	22
4.3.4	Inversión	24
4.3.5	Mercado de bienes de capital (pedidos)	24
4.3.6	Demanda de crédito	26
4.3.7	Oferta de crédito	27
4.3.8	Mercados de trabajo	27
4.3.9	Producción	28
4.3.10	Investigación y desarrollo	29
4.3.11	Mercado de bienes de capital (pagos)	30

4.3.12	Mercado de bienes de consumo	30
4.3.13	Pago de intereses, amortización de bonos y préstamos . .	31
4.3.14	Pago de salarios y subsidios	31
4.3.15	Dividendos	31
4.3.16	Impuestos	31
4.3.17	Depósitos	32
4.3.18	Bonos	33
4.3.19	Avances del banco central	33
4.3.20	Bancarrota	33
5	Resultados	34
5.1	Simulación	34
5.2	Experimento	36
5.2.1	Escenario base	37
5.2.2	Cambios ante el impuesto progresivo	43
6	Consideraciones finales	48
	Referencias bibliográficas	51
	Glosario	57
	Anexos	58
Anexo A	Complemento visual	59
Anexo B	Ecuaciones complementarias	63
Anexo C	Flujos y stock	64
Anexo D	Calibración	66
Anexo E	Análisis de sensibilidad	70

Capítulo 1

Introducción

El Estado como agente distorsivo de los mercados o el Estado como corrector ante fallas de mercado, son dos caracterizaciones que permiten dimensionar lo diverso de las posiciones respecto al rol que desempeña este agente particular de la economía. En esta tesis se analiza un caso de política pública concreto, el impuesto al ingreso personal, y qué cambios se aprecian en el desempeño de una economía particular ante distintos diseños de esta política. Específicamente el análisis se enfoca en identificar si, en este caso de estudio, ante un impuesto proporcional al ingreso personal o uno progresivo, se identifican diferencias en el crecimiento económico.

Un impacto esperado del carácter progresivo de un impuesto al ingreso es la disminución de la desigualdad. Al respecto [Wilkinson y Pickett \(2010\)](#), [Stiglitz \(2012\)](#), [Deaton \(2015\)](#) y [Atkinson \(2015\)](#) enfatizan la desigualdad como problema relevante de nuestros días. Si se establece la reducción de la desigualdad como objetivo, este trabajo resulta interesante para observar cómo se comporta la economía ante la utilización de un impuesto al ingreso progresivo en un caso de estudio y considerar dicha información al discutir su implementación. El tratamiento académico de la desigualdad ha logrado identificar múltiples dimensiones de este concepto y diversos aspectos que dificultan su medición ([Silber, 1999](#); [Cowell, 2000](#); [Weymark, 2006](#)). Sin tratar en detalle esta problemática, se acepta aquí la desigualdad de ingresos como una dimensión relevante de este fenómeno y el impuesto al ingreso como una herramienta con potencial redistributivo, que puede actuar sobre esta dimensión.

Más allá de concebir la reducción de la desigualdad como fin en sí mismo de la política pública, es posible entender esta acción como medio para

alcanzar otros objetivos. Al respecto la discusión está abierta, pero existen reconocimientos de la relación negativa entre desigualdad y salud (Wilkinson y Pickett, 2006), consumo (Brown, 2004), endeudamiento de los hogares (Christen y Morgan, 2005), estabilidad financiera (Rajan, 2011; Stockhammer, 2015) o crecimiento económico (Ostry *et al.*, 2014). Persiguiendo otros objetivos entonces, podría ser deseable indirectamente la disminución de la desigualdad y resulta de interés observar la evolución de otras áreas de la economía ante la utilización de una herramienta con dicho fin.

Incluso si el interés no surge a partir de la redistribución, la provisión de bienes públicos por parte del Estado requiere financiamiento y los impuestos resultan relevantes como herramienta de recaudación. Analizar pues cómo evoluciona la economía a partir de distintos diseños en este instrumento de recaudación es relevante para el diseño de políticas públicas.

A partir de las motivaciones señaladas se propone aquí realizar observaciones sobre las variaciones que presentaría una economía si en lugar de un impuesto proporcional al ingreso personal, contara con un impuesto progresivo al ingreso personal. Esta tarea se lleva a cabo empleando un ABM basado en el modelo utilizado por Caiani *et al.* (2019). A través de esta modelización se genera una economía de laboratorio que permite alterar el diseño impositivo y mantener el resto de las características de la economía incambiado. Lo que permite atribuir los cambios observados a la modificación realizada.

El resto del documento se organiza del modo siguiente. El capítulo 2 presenta el marco teórico. A continuación, el capítulo 3 introduce la metodología. Seguidamente, el capítulo 4 detalla el modelo utilizado. El capítulo 5 analiza los resultados del experimento. Y el capítulo 6 realiza consideraciones finales.

Capítulo 2

Marco teórico

Más allá de los aspectos normativos, que exceden el alcance de este trabajo, tratar la distribución del ingreso exige realizar un esfuerzo por enmarcar el análisis dentro de la vasta literatura en la materia¹. La materialización del concepto en una variable que permita su medición, ya resulta controvertida y merecedora de trabajos dedicados a este fin. La comparación entre distintas distribuciones del ingreso requiere establecer un ordenamiento, objeto de análisis de [Atkinson \(1970\)](#) y [Shorrocks \(1983\)](#), por ejemplo. Trabajan a partir de la curva de Lorentz, sobre la cual [Kakwani \(1977a\)](#) sienta bases matemáticas para su análisis aplicado a la distribución.

El abordaje realizado aquí simplifica muchas aristas que puede tener el tema. La abstracción planteada en el modelo utilizado permite omitir discusiones relevantes en la literatura, que trascienden el objetivo de este trabajo. Controversias generadas, por ejemplo, a partir de la distinción entre personas y hogares, tamaño del hogar, diferentes necesidades a satisfacer, preferencias, edades, proceso educativo, entre otras, son sorteadas y el análisis se realiza desde una perspectiva más general.

El vínculo entre el accionar del Estado y la distribución del ingreso, se explora aquí a través de la política impositiva. Esto representa una limitación del trabajo, puesto que el gasto público, si bien está presente en el modelo, no es analizado. No obstante la importancia del gasto, el diseño impositivo puede lograr por sí mismo efectos redistributivos. [Piketty y Saez \(2003\)](#) plantean el caso de Estados Unidos, donde la redistribución a través de la política impositiva tuvo éxito. [Judd \(1985\)](#) critica en este sentido un posible impuesto al

¹[Bourguignon \(2000\)](#); [Nolan et al. \(2012\)](#); [Alvaredo y Gasparini \(2015\)](#); [Jones \(2015\)](#); [García-Peñalosa \(2018\)](#); [Ravallion \(2018\)](#) revisan numerosos aportes al respecto

capital, poco eficiente en términos redistributivos.

El efecto del impuesto sobre la distribución del ingreso posee varias dimensiones, cuyo análisis excede el alcance de este trabajo. [Aronson *et al.* \(1994\)](#) y [Wagstaff *et al.* \(1999\)](#), por ejemplo, se centran en descomponer este efecto.

En particular, este trabajo se enfoca en la imposición sobre el ingreso personal y la comparación entre un diseño proporcional y uno progresivo. Cuantificar la progresividad del impuesto resulta tema de investigación en la literatura. Por ejemplo, [Musgrave y Thin \(1948\)](#) y [Kakwani \(1977b\)](#) proponen medidas de progresividad. En ambos casos parten de aceptar una definición de progresividad amplia, que es la adoptada aquí. Lo relevante de su análisis radica en la comparación de distintos diseños impositivos cuando ambos cumplen esa primera definición.

Estos posibles análisis, que [Lambert \(1992\)](#) introduce en una recopilación de fácil lectura, trascienden el alcance de este trabajo. Aquí se acepta el Índice de Gini como medida de la distribución del ingreso y se acepta que un impuesto al ingreso es progresivo si su tasa marginal respecto al ingreso 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 partir de estas definiciones, en el experimento realizado se compara un impuesto proporcional a uno progresivo y se muestra que la distribución del ingreso generada por el último será más equitativa. La interrogante queda planteada, entonces, en relación al desempeño que exhibirá la economía en ambos casos. La respuesta no parece clara a priori. [Li y Sarte \(2004\)](#), por ejemplo, estudian el caso de una disminución en la progresividad del impuesto al ingreso y observan un aumento de la desigualdad y un incremento leve del crecimiento. Por otro lado [Easterly y Rebelo \(1993\)](#) concluye que existe una correlación positiva entre tasa marginal del impuesto al ingreso ponderada por ingreso e ingreso per cápita, pero no atribuye causalidad.

La pregunta sobre el vínculo entre crecimiento y desigualdad no es nueva en la disciplina, se destacan los trabajos pioneros de [Kaldor \(1955\)](#) y [Kuznets \(1955\)](#). Los aportes acumulados en torno al tema¹ permiten enmarcar el análisis desde distintas perspectivas: Desde el efecto de la desigualdad sobre el crecimiento. Desde el crecimiento como determinante del nivel de desigualdad. O desde el reconocimiento de una influencia mutua. Los antecedentes no son

¹Puede consultarse [Bénabou \(1996\)](#); [Aghion *et al.* \(1999\)](#); [Bigsten y Levin \(2004\)](#); [García-Peñalosa \(2018\)](#) para recopilaciones al respecto.

concluyentes respecto al signo positivo (Fields, 1989; Stewart, 2013) o negativo (Galor y Zeira, 1993; Clarke, 1995; Onaran *et al.*, 2011; Ostry *et al.*, 2014; Cingano, 2014) de este vínculo. Banerjee y Duflo (2003) concluyen que son los cambios en el nivel de desigualdad, los que deterioran el crecimiento. A propósito, la dimensión temporal juega un rol importante (Ferri, 2017). Halter *et al.* (2014) marcan los sesgos de utilizar series de tiempo o corte transversal, debido a que los vínculos positivos operan en el corto plazo y los negativos a largo. Perotti (1993) también repara en la coincidencia de resultados y técnica de análisis, pero concluye que es compatible con la U de Kuznets: Aumento de desigualdad en etapas tempranas de crecimiento, hasta alcanzar un máximo a partir del cual se crece a mayores tasas y disminuye la desigualdad. Según Perotti (1993) hay países que no alcanzan esta etapa y permanecen estancados en crecimiento medio y alta desigualdad, lo que explica los resultados de series temporales. Barro (1999), mientras tanto, aporta evidencia que iría en sentido contrario a la curva de Kuznets. Por su parte Galor (2000) también propone una relación que depende de la fase de crecimiento. Plantea que el vínculo con la desigualdad es positivo cuando el motor del crecimiento es la acumulación de capital físico, pero se torna negativo cuando el crecimiento está guiado por la acumulación de capital humano.

La explicación del vínculo entre crecimiento y desigualdad, suele concebirse como una relación indirecta, donde opera una tercera variable que conecta ambas y es la redistribución. Alesina y Rodrik (1994) y Persson y Tabellini (1994), por ejemplo, aluden al efecto negativo que tienen las políticas redistributivas sobre el desempeño económico debido a que alteran las decisiones de ahorro e inversión. Muinelo-Gallo y Roca-Sagalés (2013) aportan evidencia en este sentido. Sin embargo, Ostry *et al.* (2014) concluyen que los datos no respaldarían este postulado teórico. Por otro lado Johnson *et al.* (2006) muestran evidencia del incremento en el consumo de no durables ante una disminución impositiva transitoria. Bénabou (2002), por su parte, a la vez que reconoce costos de las políticas redistributivas, también destaca que pueden compensar fallas de mercado como la ausencia de seguros o el no acceso al crédito. Sobre este escenario se trabaja aquí, ya que en el modelo empleado los hogares solo pueden financiarse con fondos propios.

Con esta interrogante planteada se aborda el análisis de un diseño alternativo del impuesto al ingreso. No se compara su presencia con su ausencia, sino dos alternativas para esta imposición. Un impuesto progresivo admite di-

versas formas de ser aplicado, el diseño impositivo resulta también materia de análisis en la literatura. [Mirrlees \(1971\)](#) presenta un modelo para determinar el diseño óptimo, pero sus supuestos no resultan compatibles con el modelo aquí utilizado.

En el diseño del impuesto suele considerarse alguna idea de bienestar como función objetivo, [Kanbur *et al.* \(1994\)](#) se apartan de esta práctica y toman la minimización de la pobreza de ingreso. Específicamente los parámetros utilizados aquí, tasa y umbral, tienen relevancia en los efectos que el impuesto pueda tener. [Piketty y Qian \(2009\)](#) destacan la importancia del umbral y sobre todo la actualización de dicho valor con el paso del tiempo. En este trabajo se analizan varios niveles de umbral y su actualización se realiza siguiendo la evolución de los precios al consumo, de modo que mantenga su valor en términos reales.

Determinar cuál es la mejor herramienta de redistribución excede el alcance de este trabajo. El objetivo aquí es testear si pasar de un impuesto al ingreso proporcional a uno progresivo tiene como contrapartida una disminución del crecimiento económico.

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. Un repaso de las características de esta metodología se abordan en la siguiente sección.

Capítulo 3

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 dinámica 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.

3.1. 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 \(2005\)](#) y [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. Se hará mención más adelante a la relevancia que tiene la cantidad de agentes dentro del sistema. Es habitual

que se trate de agentes heterogéneos, es decir, agentes que se diferencian de algún modo entre sí. Las diferencias pueden radicar en características propias del agente, como su tamaño, su ubicación o alguna otra dimensión mensurable. Las diferencias también pueden obedecer al comportamiento, en este sentido las acciones que son capaces o no de realizar y el conjunto de agentes con los que pueden interactuar, son ejemplos de heterogeneidad en el comportamiento. 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. En el modelo utilizado aquí no hay agentes aislados. Todos los agentes interactúan con otros en formas que se describirán más adelante.

La retroalimentación es otra de las características que se observa en los sistemas complejos. El fenómeno por el cual una acción repercute en el estado de situación que determina dicha acción, es destacado por [Arthur \(1990\)](#). Se hace referencia aquí a que la ocurrencia de una acción está determinada por el estado del sistema. Ante distintos estados del sistema ocurren distintas acciones. La retroalimentación sucede cuando la acción impacta en el estado del sistema alterando las características que son determinantes de la acción. El resultado de la acción puede ser favorable o contrario a una nueva ocurrencia de la acción. Esto se conoce como retralimentación positiva o negativa, respectivamente. Un típico ejemplo en Economía de retroalimentación negativa es un cambio de precio. Supongamos un estado del sistema donde la cantidad demandada es lo suficientemente alta como para determinar un aumento de precio. El aumento de precio afectará negativamente la cantidad demandada. Si se concreta una disminución de la cantidad demandada de cuantía suficiente, como para determinar un cambio de precio en sentido contrario al cambio de precio inicial, se trata de un ejemplo de retroalimentación negativa.

El ejemplo anterior resulta útil para introducir el concepto de umbral. 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. En el ejemplo está implícito un umbral que al alcanzarse dispara una acción. El umbral se refiere a un nivel de la cantidad demandada y la acción que dispara al alcanzarse es un cambio de precio. Este comportamiento determina que no habrá cambios de precio ante cualquier cambio de la cantidad demandada, solo cambiará el precio una vez que la cantidad demandada alcance cierto umbral. Este tipo de dinámica explica por qué los modelos concebidos desde este enfoque no pueden ser lineales ni contemplar un único equilibrio posible.

El ejemplo que se utilizó para retroalimentación y umbral, es una acción que modifica el estado del sistema, pero que resulta reversible. En el ejemplo, si el precio aumenta, la cantidad demandada disminuye hasta alcanzar un umbral, que dispara una disminución del precio. De esta forma, el precio puede volver a su nivel original y, quizás, la disminución del precio repercuta en la cantidad demandada, de forma que esta aumente hasta alcanzar nuevamente su nivel original. En los sistemas complejos existen también cambios en el estado del sistema que resultan irreversibles. Una crisis financiera es un ejemplo en Economía. El estado del sistema, luego de la ocurrencia de una crisis, no será el mismo. En el modelo utilizado aquí, las quiebras de las firmas generan cambios irreversibles, que se mencionarán 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 de los estudios de sistemas complejos. Con especial atención a estas características, se generan aquí diversas simulaciones de largos períodos cada una. De esta forma, se procura realizar observaciones generales de la evolución del sistema, y no particulares por los sucesos ocurridos en cada simulación.

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.

En particular, resulta interesante modelar la economía desde su concepción como sistema complejo para poder incorporar la ocurrencia de estas propiedades dentro del funcionamiento del modelo. En contraposición con la incorporación de este tipo de desenlaces en forma de *shocks* exógenos, la modelización a través de ABM tiene el potencial de admitir la ocurrencia de corridas bancarias, frenos de financiamiento, quiebras de empresas o cambios repentinos de demanda, generadas en forma endógena.

3.2. Modelos basados en agentes

Desde la concepción de la economía como un sistema complejo, donde suceden acontecimientos que materializan 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. En particular, agentes con información limitada y local, que interactúan solo con un subconjunto de los agentes participantes de la economía. Los ABM son modelos dinámicos con trayectorias que permitan cambios repentinos en sus resultados, principalmente provocados endógenamente. 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 potencial emergencia de sucesos que alteren el estado del sistema, no tienen por qué conducir a un equilibrio de estado estacionario. (Kirman, 2017) Estos rasgos demandan un esfuerzo del lector, acostumbrado a los modelos utilizados tradicionalmente en la disciplina, para evitar razonamientos automáticos, basados en supuestos que no se asumen en este caso.

Los ABM se esfuerzan en definir con claridad los protocolos de actuación de cada unidad económica. Estos suelen ser simples. Definen también el entorno en el que actúa cada unidad económica. Por lo general son interacciones locales, que limitan la información disponible del individuo. Y definen los efectos que tiene la acción del agente sobre el resto de los integrantes del sistema. Existe una contraparte en cada acción, que recibirá como información el resultado de la misma y actuará en función de ella.

Las interacciones a nivel micro, entre los múltiples agentes heterogéneos de comportamiento simple, generan en su agregación los resultados a nivel macro. Se determina entonces las pautas de actuación que arrojan como resultado lo observado a nivel macro. Pero el comportamiento a nivel macro no tiene por qué reproducir las pautas de comportamiento a nivel micro. Introduciéndonos en la Economía y en el modelo concreto que se utiliza aquí, podemos tomar el consumo como ejemplo. Puede suceder que el consumo a nivel macro presente una evolución, que no se corresponde con la respuesta que tendría un individuo al consumir, si recibiera como información de precio el nivel de precios agregado de la economía. Análogamente se puede pensar en el ahorro, la inversión y el resto de las variables a nivel agregado. Las interacciones locales, el comportamiento heurístico y la dependencia del camino transitado por el propio individuo, determinan que el resultado de la acción combinada de todos los individuos no evolucione como si fueran uno. Esto implica que estas conductas no puedan ser imitadas por un agente representativo.

Fagiolo y Roventini (2017) resumen los ABM a través de sus palabras clave: heterogeneidad, racionalidad limitada, dinámica endógena fuera del equilibrio e interacción directa entre los agentes económicos.

Entre los antecedentes que conforman esta línea de trabajo, interesa destacar los relacionados a Dosi *et al.* (2013), quienes estudian la relación entre distribución funcional del ingreso y política fiscal y monetaria, en términos de su repercusión en la dinámica económica. Este trabajo incorpora el proceso de

innovación como aspecto clave del crecimiento en línea con la tradición schumpeteriana. Se destaca también la relevancia del ciclo crediticio en el modelo, representando el efecto hoja de balance como acelerador y freno del crédito. Concluyen que las economías más desiguales presentan menor nivel de crecimiento económico, están expuestas en mayor medida a fluctuaciones más severas del ciclo económico, a mayores tasas de desempleo y tienen mayor probabilidad de ocurrencia de crisis. [Dosi et al. \(2015\)](#) extienden el modelo anterior incorporando bancos heterogéneos, característica que se mantiene en el modelo utilizado en este trabajo.

[Russo \(2017\)](#) realiza un aporte relevante al romper con la imposición de una estructura social exógena, que comúnmente se observa en los ABM. En ese marco realiza un ejercicio modificando el subsidio por desempleo, como aproximación al poder de negociación de los trabajadores, y encuentra que la economía se ve beneficiada con niveles intermedios del subsidio, pero a niveles muy bajos o muy altos, las crisis se vuelven frecuentes. La endogeneización de la estructura social es uno de los puntos que pueden incorporarse en la agenda de investigación.

El modelo utilizado en esta tesis tiene su primera versión en [Caiani et al. \(2016\)](#), donde se presenta un modelo macroeconómico para ser utilizado como base 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, aspecto que no se enfatizaba en las aplicaciones previas. Para realizarlo se apoyaron en [Godley y Lavoie \(2006\)](#) y los trabajos pertenecientes a esa línea. El antecedente mencionado, reúne entonces varios esfuerzos realizados para aplicar esta modelización en Economía y le da robustez teórica aplicando el cierre contable de la actividad económica.

[Caiani et al. \(2019\)](#) enriquecen el modelo base anterior 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.

Capítulo 4

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. El detalle de los protocolos de actuación se desarrolla al exponer la secuencia de eventos que suceden en cada período de tiempo¹. En el Anexo A se encuentra una representación visual representando los intercambios que tienen lugar en el modelo.

Como es de uso común en los ABM, se mantiene constante la cantidad de agentes a lo largo de toda la simulación. Esto implica asumir que cuando quiebra una firma sus accionistas realizan un aporte de capital para rescatarla. También implica suponer que los hogares viven para siempre o que existen varias generaciones sin coincidir en el tiempo. También se impone que los hogares no cambian de calificación a lo largo de la simulación, se puede pensar en dinastías de generaciones que mantienen su profesión o en el caso de pensar en hogares de vida infinita, la interpretación resulta más directa.

Los agentes del modelo son personas, firmas, bancos, banco central y gobierno. A las personas se las llamará hogares. El trabajo no estudia la composición del hogar, se puede suponer que son hogares unipersonales o simplemente aceptar el término como sinónimo de persona en este contexto. Nótese también que los bancos se distinguen de las firmas. Se verá a continuación que la modelización de los bancos no incluye trabajadores. El énfasis está en el canal que une el sector productivo con el financiero y no en la organización indus-

¹Una descripción ordenada según el seguimiento de cada tipo de agente y la totalidad de sus acciones durante el período de tiempo puede consultarse en [Caiani *et al.* \(2019\)](#)

trial al interior del sistema financiero. Se distingue también el banco central del gobierno, podría pensarse en un sector público consolidado, pero resulta útil distinguirlos y trabajar con cajas separadas, como se verá más adelante.

4.1. Agentes

4.1.1. 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 tipo de hogares, distinguidos por su calificación: Operarios, oficinistas, investigadores y gerentes. Cada hogar tiene una única calificación que se mantendrá incambiada¹. Los trabajadores se incorporan en el proceso de producción según su calificación. 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. Se puede pensar en su contribución con líneas estratégicas o decisiones de mediano plazo que trascienden las tareas diarias de producción. Los investigadores participan exclusivamente en tareas de Investigación y desarrollo (I+D) y son los participantes del proceso de innovación. Todos los trabajadores recibirán un salario, en caso de ser contratados, y un subsidio por desempleo, en caso de estar desocupados. El punto de partida de la simulación asume que los operarios tienen un salario menor al de oficinistas e investigadores, que reciben un salario equivalente, y al de los gerentes, que son los trabajadores con mayor nivel de ingreso.

Los gerentes además, participan en las ganancias de las firmas, se puede pensar en las retribuciones de los altos cargos empresariales que suelen recibir bonos o retribuciones asociadas a las ganancias de la empresa, o sencillamente concebir a los denominados aquí gerentes como propietarios de las firmas. Los gerentes son entonces propietarios de las firmas para la cual trabajan, en proporción a su riqueza, y son propietarios colectivamente de cada banco que compone el sistema. Reciben en cada período de tiempo, en caso de estar ocu-

¹El levantamiento de este supuesto puede incorporarse en la agenda de investigación.

pados, salario y dividendos de una firma particular, y dividendos de los bancos. En caso de estar desocupados reciben subsidio y dividendos de los bancos. Veremos más adelante el caso de bancarrota, cuando puede ser necesario que los gerentes capitalicen 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. El hogar determina su demanda de bienes de consumo como el máximo entre una proporción de su ingreso y una proporción de su consumo pasado. Este comportamiento permite que ante una caída en los ingresos del individuo, su pauta de consumo se mantenga en línea con su historial (Gali, 1994), haciendo uso de sus ahorros. Los hogares fijan una proporción fija de su ingreso actual como consumo mínimo, según su calificación. 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.

4.1.2. 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 tiempo¹. Los operarios representan 60 % de la plantilla de cada firma, los gerentes 10 % y el restante 30 % corresponde a oficinistas, en el caso de las firmas de consumo, y se divide en partes iguales entre oficinistas 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.

La producción de capital se realiza a partir de la utilización de trabajo, cuya productividad se supone constante² y en paralelo llevan a cabo el proceso de I+D utilizando investigadores. A través del mismo la firma generará la capacidad de producir una nueva variedad de bienes de capital en el siguiente proceso de producción. El proceso de I+D se divide en una parte de innovación y otra de imitación. El proceso de innovación puede arrojar como resultado el desarrollo de una nueva variedad de capital, incorporando una ganancia en productividad respecto a la variedad que produce actualmente la firma. Mientras el proceso de imitación permite, en caso de éxito, producir la misma variedad de bienes de capital que produce un competidor con mayor productividad. En caso que ambos sucesos sean exitosos la firma producirá la variedad con mayor productividad.

Las firmas priorizan utilizar su capital propio, pero, en caso que sea insuficiente, solicitan crédito a los bancos. Los créditos se suponen con una duración fija de 20 períodos, lo que determina que una misma firma adquiera compromisos con distintos bancos. Como se desprende de lo anterior, las firmas de capital ofrecen sus productos a las firmas de consumo y estas lo hacen a los hogares. En caso de generar ganancias las firmas deben pagar impuestos sobre ellas y reparten dividendos entre los gerentes. El excedente lo conservan en forma de depósitos bancarios.

4.1.3. 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

¹El 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.

²El levantamiento de este supuesto puede ser incorporado a la agenda de investigación. Su asunción no impide la evolución creciente del producto de la economía, guiada por el aumento de productividad en los bienes de capital.

los bancos está sujeta a requisitos de capital y liquidez por parte del banco central, que se detallan en la secuencia de eventos. La tasa a la que remuneran los depósitos es menor que la cobrada por la asistencia del banco central y la tasa activa de los préstamos es mayor a la pagada por los bonos del gobierno. Por lo tanto, los bancos tienen incentivos a operar con el sector privado y no con el público. 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.

Si al finalizar su interacción con el sector privado el banco genera un exceso de liquidez, lo utiliza para adquirir bonos del gobierno. Si se da el caso contrario, en que no alcanza un nivel mínimo de liquidez, tiene la posibilidad de acceder al financiamiento del banco central. En caso de generar ganancias, pagan impuestos sobre ellas y reparten dividendos entre todos los gerentes de la economía, quienes se suponen accionistas de los bancos en relación a su riqueza.

4.1.4. 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)¹. 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.

El diseño del banco central en el modelo es plausible de críticas y podría ser eliminado como agente, atribuyéndosele sus funciones al gobierno. Sin embargo, resulta útil su separación para el manejo de flujos y stock. Respecto al comportamiento de este agente, el foco de este trabajo no se encuentra en el rol del banco central, ni en el funcionamiento del sistema financiero, por lo que el diseño actual, plausible de mejoras, resulta funcional a los objetivos aquí perseguidos.

¹El modelo no incorpora la posibilidad de préstamos entre bancos, este aspecto puede ser incorporado a la agenda de investigación, en caso que el interés sea el funcionamiento del sector financiero.

4.1.5. Gobierno

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

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.

4.2. 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. Este mecanismo se detalla más adelante. En caso que la oferta del proveedor seleccionado no sea suficiente para saciar la demanda del agente, éste interactúa con el siguiente oferente de la lista buscando completar su cantidad demandada. La participación del demandante en el mercado finaliza una vez que consiguió satisfacer su demanda, cuando agota sus recursos financieros o cuando se agota la oferta disponible. En el caso del oferente, su participación en el mercado finaliza una

vez agotada su oferta o en caso de haber finalizado la interacción con todos los demandantes que lo seleccionaron.

Dicho protocolo, caracterizado por la información limitada, reconoce imperfecciones de mercado y habilita que exista demanda insatisfecha y oferta excedente, incluso ambas a la vez.

4.3. 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 crédito
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

A continuación se describen los acontecimientos que tienen lugar en cada paso de la secuencia de eventos. En las expresiones matemáticas la nomenclatura se guía por las iniciales de los términos en inglés, en línea con la literatura. El subíndice t indica el período de tiempo al cuál refiere el valor de la variable. El subíndice x hace referencia a una firma independientemente de su tipo,

mientras c es utilizado para referir a las firmas de consumo, k a las de capital y b a los bancos. Cuando se hace referencia a los hogares en términos genéricos se utiliza el subíndice h , al tiempo que se utiliza w para referirse a los operarios, o a los oficinistas, r a los investigadores y m a los gerentes. Cuando se hace referencia a las variedades de capital, se indican con la letra j . Los valores esperados de las variables tienen el superíndice e y los niveles deseados para una variable, el superíndice D .

4.3.1. Planificación de la producción

La firma x define su nivel de producción deseado en el momento t (y_{xt}^D) de acuerdo a su nivel de ventas esperado (s_{xt}^e) y un stock de inventario que la firma desea mantener, como precaución ante cambios inesperados de demanda, equivalente a una proporción ν de sus ventas esperadas.

$$y_{xt}^D = s_{xt}^e(1 - \nu) - inv_{xt-1} \text{ con } x = \{c, k\} \quad (4.1)$$

Las ventas esperadas, al igual que todas las variables esperadas, se definen tomando expectativas adaptativas. Esta formación de expectativas rige para todos los agentes.

$$s_{xt}^e = s_{xt-1}^e + \lambda(s_{xt-1} - s_{xt-1}^e) \quad (4.2)$$

4.3.2. Demanda de trabajo

En base a su producción planificada, las firmas deciden la cantidad de trabajo demandado. En primera instancia definen la cantidad de operarios necesarios para alcanzar el nivel de producción deseado. Establecida la cantidad de operarios, dado que se utilizan proporciones fijas de trabajadores, quedan determinadas las cantidades de oficinistas, investigadores y gerentes, demandados.

La demanda de operarios de la firma de capital k en el momento t (N_{kwt}^D), al utilizar trabajo como único factor de producción, se determina de acuerdo a la productividad de los operarios (μ_N) y el producto deseado (y_{kt}^D).

$$N_{kwt}^D = y_{kt}^D / \mu_N \quad (4.3)$$

En el caso de las firmas de consumo, al utilizar capital y trabajo, combina-

dos, en su proceso de producción, la demanda de operarios está determinada en base a la productividad de ambos. Al existir variedades de los bienes de capital y tener una vida útil de κ períodos, el stock de bienes de capital de la firma de consumo c (K_{ct}) está compuesto por unidades de distinta productividad (μ_j). Al suponer un ratio de capital-trabajo fijo ($\bar{l}_k$) para todas las variedades de capital, la productividad de los operarios al utilizar la variedad de capital j es $\mu_{Nj} = \mu_j \bar{l}_k$. Las firmas de capital ordenan sus variedades de capital en orden descendente de productividad numerándolas desde 1 en adelante. En ese orden determinan el grado de utilización deseado para cada variedad de capital (u_{cjt}^D). Luego de definir el nivel de producción deseado y_{ct}^D , conociendo la cantidad de capital de cada variedad k_{cj} y su productividad μ_j , el grado de utilización deseado de cada variedad de capital se deriva de la siguiente ecuación:

$$y_{ct}^D = \sum_{j \in K_{ct}} u_{cjt}^D k_{cj} \mu_j \quad (4.4)$$

Recordando que la variedad 1 es la más productiva y la que la firma prefiere utilizar en mayor medida, la utilización deseada de cada variedad de capital es:

$$u_{cjt}^D = \begin{cases} 1 & \text{si} & \sum_{i=1}^{j-1} u_{cit}^D k_{ci} \mu_i + k_{cj} \mu_j \leq y_{ct}^D \\ \frac{y_{ct}^D - \sum_{i=1}^{j-1} u_{cit}^D k_{ci} \mu_i}{k_{cj} \mu_j} & \text{si} & \sum_{i=1}^{j-1} u_{cit}^D k_{ci} \mu_i \leq y_{ct}^D \text{ y } \sum_{i=1}^{j-1} u_{cit}^D k_{ci} \mu_i + k_{cj} \mu_j > y_{ct}^D \\ 0 & \text{si} & \sum_{i=1}^{j-1} u_{cit}^D k_{ci} \mu_i \geq y_{ct}^D \end{cases} \quad (4.5)$$

Definido esto, la demanda de operarios por parte de la firma de consumo c es

$$N_{cwt}^D = \sum_{j \in K_{ct}} u_{cjt}^D \frac{k_{cj}}{\bar{l}_k} \quad (4.6)$$

En caso que N_{xwt}^D sea un número decimal, se redondea al siguiente entero, de forma que permita alcanzar el nivel de producción y_{xt}^D . Una vez definida la demanda de operarios, teniendo en cuenta la proporción de trabajadores de cada calificación que requiere la firma $share_h$, siendo h el tipo de trabajador, quedan definidas las demandas de oficinistas, investigadores y gerentes.

$$N_{xht}^D = N_{xwt}^D \frac{share_h}{share_w} \text{ con } h = \{o, r, m\} \quad (4.7)$$

4.3.3. Precios, tasas de interés y salarios

4.3.3.1. Precios

Al suponer competencia imperfecta, las firmas fijan sus precios aplicando un margen positivo mu_{xt} sobre costos (*mark-up*). Dicha cantidad se define considerando los costos laborales unitarios. Estos representan los costos variables, tanto para las firmas de consumo, como para las de capital.

$$p_{xt} = (1 + \mu_{xt}) \frac{W_{xt}^e N_{xt}^D}{y_{xt}^D} \quad (4.8)$$

donde $N_{xt}^D = N_{xwt}^D + N_{xot}^D + N_{xrt}^D + N_{xmt}^D$ representa la demanda total de trabajadores de la firma x y W_{xt}^e es el salario promedio esperado de los trabajadores de dicha firma.

La firma ajusta su *mark-up* de forma adaptativa a la evolución de su grado de utilización y su inventario. En caso que el grado de utilización se encuentre por debajo de un nivel deseado $\bar{u}$ o su inventario sea mayor al nivel deseado, la firma ajusta su *mark-up* a la baja. En caso contrario lo incrementa de acuerdo al siguiente protocolo:

$$mu_{xt} = \begin{cases} mu_{xt-1}(1 + FN_1) & \text{si } \frac{inv_{xt-1}}{s_{it-1}} \leq \nu \quad \text{y} \quad u_{ct-1} \geq \bar{u} \\ mu_{xt-1}(1 - FN_1) & \text{si } \frac{inv_{xt-1}}{s_{it-1}} > \nu \quad \text{o} \quad u_{ct-1} < \bar{u} \end{cases} \quad (4.9)$$

donde FN_1 es un número extraído del valor absoluto de una distribución normal (*folded normal distribution*) con parámetros $(\mu_{FN_1}, \sigma_{FN_1}^2)$.

4.3.3.2. Tasas de interés

Las tasas de interés son fijadas por los bancos, como oferentes. Al igual que los precios, se fijan de forma adaptativa a la evolución de una variable de referencia respecto a su valor deseado. En el caso de la tasa de interés activa del banco b en el período t (i_{bt}^l), su determinación responde al desajuste del nivel de capital respecto a su objetivo CR_t^T ¹. Éste no puede ser inferior al 6 % exigido por el banco central.

$$i_{bt}^l = \begin{cases} \bar{i}_{bt-1}^l (1 + FN_2) & \text{si } CR_{bt} < CR_t^T \\ \bar{i}_{bt-1}^l (1 - FN_2) & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (4.10)$$

¹El ratio objetivo se fija como el promedio del sector en el período anterior

donde $\bar{i}_{bt-1}^l = \frac{\sum_{b \in \phi_b} i_{bt-1}^l}{size_{\phi_b}}$ es la tasa de interés promedio de mercado en el período anterior, siendo $size_{\phi_b}$ una medida del tamaño del mercado. En este caso se calculó la tasa promedio ponderada por la cartera de créditos. FN_2 refiere, como siempre que se utiliza esta notación, a un número extraído del valor absoluto de una distribución normal con parámetros $(\mu_{FN_2}, \sigma_{FN_2}^2)$. De esta forma, el banco con un nivel de capital superior al deseado busca ofrecer una tasa de interés menor y así aumentar el peso de su cartera en el balance. En caso contrario, si el capital es bajo, el banco busca contener el tamaño de su cartera fijando una tasa alta por sus préstamos.

Al establecer la tasa pasiva i_{bt}^d , la referencia es el ratio de liquidez LR_t^T ¹. Dado que la tasa a la cual el banco central puede asistirlo financieramente supera la tasa a la cual se remuneran los depósitos, esta es la mejor manera de obtener liquidez. Los bancos que se ven necesitados de obtener liquidez fijan una tasa mayor a la de mercado. Procuran así resultar más atractivos para los depositantes. Y viceversa en caso de tener liquidez en exceso. Más allá de su nivel deseado, el banco debe mantener un ratio mínimo de 8 % fijado por el banco central.

$$i_{bt}^d = \begin{cases} \bar{i}_{bt-1}^d (1 - FN_2) & \text{si } LR_{bt} \geq LR_t^T \\ \bar{i}_{bt-1}^d (1 + FN_2) & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (4.11)$$

donde $\bar{i}_{bt-1}^d = \frac{\sum_{b \in \phi_b} i_{bt-1}^d}{size_{\phi_b}}$ es la tasa promedio de mercado en el período anterior, siendo $size_{\phi_b}$ una medida del tamaño del mercado. En este caso se calculó la tasa promedio ponderada por el monto de depósitos.

4.3.3.3. Salarios

El hogar h fija su salario de reserva con referencia a su historial reciente de empleo. Se establece una ventana de 4 períodos hacia atrás para determinar dicho historial. En caso de haber estado desempleado por más de τ_u períodos, ajusta su salario de reserva a la baja. De esa forma aumenta la probabilidad de ser contratado. En caso contrario, ajusta su salario de reserva al alza, suponiendo un mayor poder de negociación.

$$w_{ht}^D = \begin{cases} w_{ht-1}^D (1 - FN_1) & \text{si } \sum_{n=1}^4 u_{ht-n} > \tau_u \\ w_{ht-1}^D (1 + FN_1) & \text{si } \sum_{n=1}^4 u_{ht-n} \leq \tau_u \end{cases} \quad (4.12)$$

¹El ratio objetivo se fija como el promedio del sector en el período anterior

donde $h = w, o, r, m$, $\tau_u = 2$ y $u_{ht} = 1$ en caso que h esté desempleado en el período t y 0 en otro caso.

4.3.4. Inversión

En este modelo la inversión¹ se determina en la interacción entre firmas de consumo y de capital. Las primeras establecen la cantidad de capital deseado a partir de la reposición del capital que se vuelve obsoleto y una tasa de crecimiento deseado de su capacidad productiva g_{ct}^D . Esta se determina de forma adaptativa ante desvíos de los niveles "normales" de rentabilidad $\bar{r}$ y utilización $\bar{u}$, los que se suponen constantes e iguales para todas las firmas y cuyo peso relativo en la tasa de crecimiento deseado de la capacidad productiva está determinado por los parámetros γ_1 y γ_2 respectivamente, como se muestra en la ecuación B.1 del Anexo B.

La rentabilidad de la firma se calcula mediante la relación entre su flujo de fondos operativo neto OCF_{ct} y su stock nominal de capital

$$r_{ct} = \frac{OCF_{ct}}{\sum_{j \in K_{ct-1}} (k_{cj} p_j) (1 - \frac{age_j t - 1}{\kappa})} \quad (4.13)$$

OCF_{ct} se define como la suma de los ingresos por ventas $p_{xt} s_{xt}$ y los intereses recibidos por depósitos $i_{bt-1}^d D_{xt-1}$, menos los desembolsos por salarios $\sum_{n \in N_{xt}} w_{nt}$ y el pago de intereses $\sum_{j=t-\eta}^{t-1} i_j^l L_{xj} \frac{\eta - [(t-1) - j]}{\eta}$ y amortización de créditos $\sum_{j=t-\eta}^{t-1} L_{xj} \frac{1}{\eta}$ donde L_{xj} es el crédito adquirido por la firma x en el momento j a la tasa i_j^l .

Las firmas de consumo desean aumentar su capacidad productiva, entonces, cuando su utilización y/o su rentabilidad, resultan extraordinarias. El resultado de este proceso determina la demanda que enfrentan las firmas de capital, como se ve a continuación.

4.3.5. Mercado de bienes de capital (pedidos)

Una vez definido el incremento deseado en la capacidad productiva de las firmas de consumo, se adiciona la cantidad necesaria de capital requerido para reponer las unidades que alcanzan el fin de su vida útil, y queda determinada

¹Se define inversión como acumulación de capital físico. Se excluye entonces la inversión en I+D, aunque, como se verá más adelante, la cantidad de investigadores contratados (inversión en I+D) se vincula directamente con la acumulación de capital físico

la inversión deseada de la firma de consumo en el período t (i_{ct}^D). Cabe señalar que ante $g_{ct}^D < 0$ la firma de consumo no repondrá la totalidad de su capital obsoleto. i_{ct}^D constituye la demanda de bienes de capital. Su expresión en términos nominales se obtiene multiplicando el precio de los bienes de capital $I_{ct}^D = i_{ct}^D p_{jt}$ ofrecidos por el proveedor j elegido por c en el período t .

La oferta de bienes de capital es la producción planificada por las firmas de capital. Cada firma de capital ha fijado su precio. El capital ofrecido por cada firma se distingue por ser de una variedad particular con un nivel productividad determinado. El demandante, la firma de consumo, ordenará los oferentes, desde el más al menos preferido, atendiendo la diferencia entre el costo unitario de producción esperado al emplear cada variedad y la diferencia de precios entre las variedades ofrecidas. La variedad j será preferida a la variedad i cuando

$$uc_{it}^e \kappa + p_{it} > uc_{jt}^e \kappa + p_{jt} \quad (4.14)$$

Esta medida se retoma más adelante, como indicador de precio, para definir a qué proveedor le comprará la firma de consumo. Como se muestra en la ecuación B.2 del Anexo B, surge de la comparación entre costos unitarios esperados y precios. Los costos laborales unitarios se calculan como

$$uc_{zt}^e = \frac{W_{xt}^e}{\mu_{zt} l_k share_w} \quad \text{con } z = \{i, j\} \quad (4.15)$$

Si se recuerda que el ratio capital trabajo $\bar{l}_k$ refiere a la relación entre unidades de capital y cantidad de operarios, se observa que los costos unitarios esperados aquí son equivalentes a los esperados en 4.8 sobre los que se define el *mark-up*. Esta regla de preferencia se le aplica a la cantidad de oferentes de capital χ_k con los que la firma de consumo puede interactuar. La firma definirá entre ellos su proveedor preferido y realizará su compra a éste o a su proveedor del período anterior, según la probabilidad Pr_k de cambiar de proveedor. Se incorpora de esta forma al modelo la relevancia de las relaciones comerciales estables. Una vez generado el vínculo con un proveedor, existe cierta inercia a conservarlo. No obstante, ante la aparición de un oferente con mejores condiciones ese vínculo puede romperse con la siguiente probabilidad:

$$Pr_k = \begin{cases} 1 - e^{\epsilon(p_{new} - p_{old})/p_{new}} & \text{si } p_{new} < p_{old} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (4.16)$$

siendo p_{new} y p_{old} los indicadores de precio definidos en 4.14. Este cálculo de

probabilidad se realiza también para definir proveedor de bienes de consumo, crédito y depósitos. En cada caso p_{new} y p_{old} referirán directamente a precios o tasa de interés. Con la salvedad que en el caso de los depósitos, la tasa de interés es un ingreso en lugar de un egreso, por lo que el cálculo se realiza a la inversa. Se muestra más adelante.

Queda definida entonces la contraparte de la firma de consumo en el mercado de capital. En caso que su oferta disponible no sea suficiente para satisfacer la demanda de la firma de consumo, se repite el proceso con el candidato que le sigue en el orden de preferencia al mejor oferente. En caso que la primera interacción haya sido con su proveedor anterior y la transacción no haya alcanzado la cantidad deseada, se completa con el candidato preferido y luego se continúa el orden de preferencias.

El mercado de bienes de capital presenta una particularidad, su entrega no es inmediata. En esta primera interacción las firmas de capital ofrecen sus productos y las firmas de consumo realizan pedidos. En una instancia posterior las firmas de capital producen lo ofrecido. Y en un tercer momento, entregan los bienes de capital a las firmas de consumo para ser incorporados al proceso de producción en el período siguiente.

4.3.6. Demanda de crédito

Definidas producción e inversión deseadas, las firmas evalúan su capacidad de financiamiento para afrontar su planificación. La primera opción es utilizar fondos propios. Pero, aún cuando sean suficientes para completar su producción e inversión deseadas, las firmas desean conservar un saldo monetario como precaución. Dicho saldo equivale a una fracción σ de su gasto esperado en salarios.

En caso que sus fondos no sean suficientes para afrontar las necesidades de financiamiento, las firmas solicitan crédito bancario por un monto equivalente a $L_{xt}^D = \text{Max}\{I_{ct}^D + Div_{xt}^e + \sigma W_{xt}^e N_{xt}^D - OCF_{xt}^e - D_{xt}, 0\}$. Nótese que I_{ct}^D aplica únicamente para las firmas de consumo.

De acuerdo al protocolo de cada mercado, las firmas evalúan a los posibles oferentes según el precio establecido, en este caso la tasa de interés, y definen su proveedor entre el mejor candidato y aquel con el que ya mantienen un vínculo comercial. La cantidad ofrecida se detalla a continuación.

4.3.7. Oferta de crédito

El banco recibe las solicitudes de crédito y estudia caso a caso al demandante decidiendo si le concede la totalidad del monto solicitado, una fracción o rechaza la solicitud.

La evaluación de la solicitud de crédito se realiza atendiendo la probabilidad de default asociada a cada momento de pago. El crédito se concede en el momento, por un plazo de $\eta = 20$ períodos y genera la obligación de η pagos a partir del siguiente período con una amortización equivalente a $1/\eta$ y los intereses correspondientes.

El cálculo de la probabilidad de default incluye un valor asociado al servicio de la deuda $dsL^d = (i_{bt-1}^l + \frac{1}{\eta})L^D$ y lo compara con OCF_{xt}^e .

$$pr_x^D = \frac{1}{1 + \exp(\frac{OCF_{xt}^e - \varsigma_x dsL^d}{dsL^d})} \quad (4.17)$$

siendo ς_x un parámetro asociado positivamente a la aversión al riesgo del banco por prestarle a cada tipo de firma, con $x = \{c, k\}$. La diferencia entre una firma de capital y una de consumo, radica en la presencia o no de colateral. En caso de default de las firmas de capital, la pérdida es total, dado que no poseen colateral. En el caso de las firmas de consumo, se asume que su stock de bienes de capital pasa a manos de sus acreedores. Estos se lo venden a los propietarios de las firmas de consumo, quienes se muestran dispuestos a aceptar, luego que los acreedores asumen una pérdida de ι sobre el valor de los bienes. Este protocolo se retoma en el apartado 4.3.20. En caso de default de la firma de consumo el monto nominal del capital descontada una proporción ι podrá ser repartido entre sus acreedores. Al banco le corresponde la fracción δ equivalente de su derecho en relación a la totalidad de deudas de la firma. El banco calcula el beneficio esperado de la operación en base a esta información, como se muestra en la ecuación B.3 del Anexo B. En caso de ser positivo, se concede el crédito. En caso contrario, se concede un monto menor, para el cual el beneficio esperado alcanza un valor positivo. Y en caso de no existir dicho monto, la solicitud se rechaza en su totalidad.

4.3.8. Mercados de trabajo

Previo a la apertura del mercado laboral, se impone una rotación de personal equivalente a una fracción θ de la plantilla de cada firma. Este mecanismo

simula los casos de renunciaciones. Las altas y bajas, que se ven a continuación, sí obedecen a decisiones de la firma. Introducir una rotación compulsiva en el modelo extiende los casos de negociación salarial, ya que un trabajador sin movilidad laboral mantiene su salario del período anterior. Los ajustes salariales suceden, entonces, entre los trabajadores que se ven afectados por la rotación, los que son despedidos voluntariamente por la firma y aquellos que permanecieron desocupados en el período anterior. La rotación opera imponiéndole a la firma el despido de una proporción θ de trabajadores elegidos aleatoriamente, sin importar su calificación, previo a la apertura del mercado laboral. El gobierno también se ve sujeto a esta imposición.

Los mercados de trabajo de cada calificación funcionan en forma separada. Abriendo en primer turno el mercado de operarios, seguido de oficinistas, investigadores y gerentes. De esta manera, la cantidad demandada de cada tipo de trabajador está sujeta a haber conseguido contratar la cantidad de trabajadores deseados en los mercados de trabajo que funcionaron previamente.

La particularidad de este mercado es que la firma puede contratar o despedir trabajadores. En caso de poseer trabajadores en exceso para alcanzar su nivel de producción deseado, la firma puede despedirlos al momento de participar en el mercado. Los trabajadores despedidos pasan a integrar inmediatamente la oferta de trabajo con el salario de reserva que determinaron para el período t .

La firma que desea contratar observa los salarios de reserva establecidos por una cantidad χ_h de trabajadores¹, siendo $h = \{w, o, r, m\}$, entre ellos contratará, en orden creciente con el salario de reserva, la cantidad suficiente para alcanzar el nivel deseado, hasta agotar sus disponibilidades o hasta haber contratado todos los trabajadores con los que puede interactuar.

4.3.9. Producción

Luego de cerrado el mercado laboral, se concreta el proceso de producción. La realización de y_{xt}^D depende de contar con los operarios necesarios para llevarla a cabo. La no realización de la inversión esperada en t no tiene consecuencias sobre y_{ct} debido a que los bienes de capital adquiridos en t se incorporan al

¹Este parámetro opera como mínimo, pero no limita la expansión de la firma. En caso que la demanda de la firma sea superior, observa tantos trabajadores como desee contratar. Nótese, que en esta situación, la firma no puede rechazar a una contraparte si desea alcanzar su nivel deseado de trabajadores.

proceso de producción de $t - 1$.

La producción de las firmas de consumo constituye la oferta en el mercado de bienes de consumo y la producción de las firmas de capital es la oferta en el mercado de bienes de capital. Como se ve en el punto 4.3.5 las firmas de capital ya ofrecieron sus productos y recibieron pedidos. En caso de no alcanzar a producir el nivel de ventas acordado, la firma de capital hace uso de sus inventarios para cumplir las entregas acordadas. Si las ventas superan el nivel de producción y el inventario de la firma, entonces los pedidos realizados a la firma se ven disminuidos proporcionalmente hasta alcanzar su cantidad disponible de bienes de capital.

Las firmas de consumo pueden verse impedidas de realizar I_{ct}^D debido, además de los motivos comentados en el apartado 4.3.5, a la imposibilidad de su proveedor de bienes de capital para completar su pedido.

4.3.10. Investigación y desarrollo

La actividad de I+D es realizada por las firmas de capital a través de los investigadores. Como se adelanta líneas arriba, la actividad incluye dos sucesos que ocurren en paralelo; innovación e imitación.

La innovación tiene una probabilidad de éxito

$$Pr_{tk}^{inn} = 1 - e^{-\psi^{inn} N_{krt}} \quad (4.18)$$

donde $\psi^{inn} > 0$. La probabilidad de éxito aumenta con la cantidad de investigadores y, al ser una proporción fija de la plantilla total, esta evoluciona de acuerdo a la demanda total de trabajadores vista en el punto 4.3.2. La cantidad de investigadores y con ella la probabilidad de éxito de la innovación, aumentarán con y_{kt}^D . Ésta a su vez es guiada por s_{kt}^e , que procura imitar la trayectoria de s_{kt} , que no es más que la realización de i_{ct}^D . He aquí el vínculo, mencionado en el apartado 4.3.4, entre la inversión en capital físico y la actividad de I+D.

En caso de éxito, la innovación permite producir una nueva variedad de capital en el siguiente período con un incremento de productividad $\Delta_{\mu_{jt}} = \mu_j FN_3$ siendo μ_j la productividad de la variedad producida actualmente por la firma y FN_3 un número extraído del valor absoluto de una distribución normal con parámetros $(\mu_{FN_3}, \sigma_{FN_3}^2)$.

En forma análoga, la probabilidad de éxito de la imitación es

$$Pr_{tk}^{imi} = 1 - e^{-\psi^{imi} N_{krt}} \quad (4.19)$$

donde $\psi^{imi} > 0$. En caso de éxito de la imitación, la firma puede producir la variedad de mayor productividad entre N^{imi} competidores seleccionados aleatoriamente.

4.3.11. Mercado de bienes de capital (pagos)

En esta etapa las firmas de capital deben entregar las cantidades acordadas en el punto 4.3.5 y las firmas de consumo reciben los bienes de capital que pueden ser empleados a partir del siguiente período. Como fue comentado, las cantidades acordadas pueden no concretarse en su totalidad debido a falta de acceso al crédito o falta de trabajadores.

4.3.12. Mercado de bienes de consumo

Aquí el hogar h decide su consumo deseado c_h^D considerando el precio esperado p_{ht}^e , su ingreso disponible NI_{ht} y su consumo en el período anterior c_{ht-1} .

$$c_{ht}^D = \text{Max} \left\{ \alpha_h \frac{NI_{ht}}{p_{ht}^e}, \beta c_{ht-1} \right\} \text{ con } \{h = w, o, r, m\} \quad (4.20)$$

donde α_h se asocia a la proporción de ingreso destinada a consumo. Siendo máximo en el caso de operarios, menor para oficinistas e investigadores, y tomando su valor mínimo en el caso de gerentes. Los valores se alinean a las diferencias establecidas en los niveles de ingreso inicial.

Este protocolo permite utilizar su riqueza como amortiguador del consumo ante descensos transitorios de su ingreso.

Al enfrentar la demanda, el comportamiento es análogo al resto de los mercados. Se selecciona una muestra aleatoria de χ_c oferentes. El hogar los ordena priorizando aquellos que presentan las condiciones más favorables, en este caso únicamente el precio, dado que son bienes homogéneos. Y siguiendo dicho orden compra sus bienes hasta agotar su demanda, sus recursos o la oferta disponible.

4.3.13. Pago de intereses, amortización de bonos y préstamos

Los bancos pagan intereses sobre los depósitos de firmas y hogares, realizados el período anterior a la tasa i_{bt-1}^d . Devuelven los avances del banco central CA_{bt-1} , cuyo plazo es un período, y pagan los intereses correspondientes $\bar{i}_{bt-1}^a CA_{bt-1}$. También cobran amortización e intereses de los créditos concedidos a las firmas y los bonos adquiridos al gobierno en $t - 1$.

4.3.14. Pago de salarios y subsidios

Se abonan los salarios y el Estado también transfiere el subsidio por desempleo d_t , cuyo monto es la fracción ω de la media salarial del tipo de trabajador correspondiente y está exonerado del impuesto al ingreso.

4.3.15. Dividendos

Firmas y bancos, calculan sus beneficios. Para $x = \{c, k\}$

$$\begin{aligned} \pi_{xt} = & p_{xt}s_{xt} + i_{bt-1}^d D_{xt-1} + (inv_{xt}uc_{xt} - inv_{xt-1}uc_{xt-1}) \\ & - \sum_{n \in N_{xt}} w_{nt} - \sum_{j=t-\eta}^{t-1} i_j^l L_{xj} \frac{\eta - [(t-1) - j]}{\eta} - \sum_{j \in K_{ct-1}} (k_{cj}p_k) \frac{1}{\kappa} \end{aligned} \quad (4.21)$$

siendo exclusivo de las firmas de consumo el término de amortización de capital. En el caso de los bancos, sus beneficios se determinan en base a los flujos señalados en el apartado 4.3.13.

En caso de obtener beneficios positivos, luego de pagar impuestos, se distribuye una ρ_x parte como dividendos exclusivamente entre los gerentes. $Div_{xt} = \text{Max}\{0, \rho_x \pi_{xt}(1 - \tau_{\pi t})\}$, siendo $\tau_{\pi t}$ la tasa impositiva sobre la renta empresarial.

4.3.16. 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.

$$rev_t = \begin{cases} rev_{t-1} + v & \text{si } \frac{def_{gt-1}}{GDP_{t-1}} > def^1 \quad \text{o} \quad \Delta \frac{debt_{gt-1}}{GDP_{t-1}} \geq 0 \\ rev_{t-1} - v & \text{si } \frac{def_{gt-1}}{GDP_{t-1}} < def^0 \quad \text{y} \quad \Delta \frac{debt_{gt-1}}{GDP_{t-1}} \leq 0 \\ rev_{t-1} & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (4.22)$$

Aplicando esta regla actualiza las tasas impositivas.

$$\tau_{imp} = \tau_0 rev_t \text{ con } \{imp = i_1, i_2, w, \pi\} \quad (4.23)$$

siendo τ_{i_1} y τ_{i_2} las tasas sobre el ingreso personal, τ_w sobre la riqueza del hogar y τ_π sobre la renta empresarial. 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_1t} (por debajo del umbral) y el monto grabado a tasa τ_{i_2t} (por encima del umbral).

Así, el monto de impuesto al ingreso personal a pagar por el hogar h es $T_{iht} = \text{Min}\{\tau_{i_1t}\psi, \tau_{i_1t}y_{ht}\} + \text{Max}\{0, \tau_{i_2t}(y_{ht} - \psi)\}$. Fijando $\psi = 0$, queda inoperativa τ_{i_1} y se obtiene el modelo de [Caiani et al. \(2019\)](#).

Luego de cobrar impuestos el gobierno está en condiciones de definir su necesidad de financiamiento. Esto determina el incremento de bonos emitidos respecto a $t - 1$

$$\bar{p}^b \Delta b_t = def_{gt} = T_t + \pi_{CBt} - \sum_{n \in N_{gt}} w_n - U_t d_t - \bar{i}^b \bar{p}^b b_{t-1} \quad (4.24)$$

donde, en el período t , T_t es la recaudación impositiva, N_{gt} son los funcionarios públicos, U_t es la cantidad de desocupados y d_t es el subsidio por desempleo. Los bonos b_t tienen una duración de un año, un precio de $\bar{p}^b$ y se remuneran a la tasa $\bar{i}^b$.

4.3.17. Depósitos

Luego de pagar impuestos, los agentes que mantienen saldos monetarios los depositan en los bancos de acuerdo al protocolo habitual de interacción en los mercados, seleccionan entre χ_d bancos al de mejor tasa de interés y lo eligen

en lugar del seleccionado en $t - 1$ con una probabilidad Pr_d ¹.

4.3.18. Bonos

En caso de tener un ratio de liquidez superior a su nivel deseado, los bancos compran bonos del gobierno. Si la emisión de bonos excede la demanda de los bancos, el banco central compra el remanente.

4.3.19. Avances del banco central

Aquellos bancos que no alcanzan el ratio de liquidez mínimo exigido por el banco central, adquieren avances de un período de plazo a una tasa $\bar{i}_{CB}^a$.

Quedan determinados los dividendos del banco central $\pi_{CBt} = \bar{i}_{t-1}^b B_{t-1} + \bar{i}_{CB}^a C A_{CBt-1}$, que son transferidos al gobierno.

4.3.20. Bancarrota

Las firmas entran en bancarrota al no poder asumir sus obligaciones y los bancos en caso que su valor neto sea negativo. Se realiza el supuesto de mantener constante la cantidad de firmas y en base a ello, en caso de quiebra, los gerentes deben rescatarla. Como se menciona líneas arriba, en el caso de las firmas de consumo, ante una quiebra, su capital funciona como garantía y pasa a manos de sus acreedores, quienes lo venden a los gerentes asumiendo una pérdida ι .

Además de los gerentes, hogares en general y bancos, afrontan las pérdidas generadas por la quiebra. Si la quiebra sucede al pagar salarios y los gerentes no disponen de la riqueza suficiente para afrontar la totalidad de la deuda, los trabajadores no cobrarán la totalidad de su salario.

Si la firma quiebra al no poder repagar un préstamo, entonces los bancos asumirán una pérdida asociada a dicha operación. Luego de la quiebra se supone que ingresa una nueva firma al mercado en lugar de la anterior. Sus gerentes serán los mismos que la firma quebrada y en caso que la firma no alcance el 25 % del valor neto promedio de las firmas del mercado, deberán afrontar un aporte adicional.

¹

$$Pr_d = \begin{cases} 1 - e^{\epsilon(p_{old} - p_{new})/p_{old}} & \text{si } p_{new} > p_{old} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (4.25)$$

En este caso i_{bt}^d es un ingreso, por lo que se prefiere el mayor en lugar del menor.

Capítulo 5

Resultados

5.1. Simulación

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. Las diferencias observadas son atribuibles a la diferencia en el diseño impositivo, dado que el resto del entorno está controlado y es el mismo en ambos set de simulaciones. Esta es una ventaja importante de usar esta técnica de modelización.

Antes de analizar los resultados, es preciso realizar algunas puntualizaciones acerca de las simulaciones. La gran cantidad de parámetros involucrados en esta clase de modelos determina que al analizar la variación en un número reducido de ellos, en este caso dos, se restrinja el entorno en el cual se observa el comportamiento del modelo. La fijación de los parámetros, que no son de interés, en valores constantes no permite contemplar el comportamiento del modelo en otra ubicación dentro del espacio de posibilidades¹. La determinación de los parámetros y las condiciones iniciales desde las cuales comienza la simulación, resultan relevantes para enmarcar el análisis. Se sigue aquí el conjunto de parámetros y condiciones iniciales propuesto por [Caiani *et al.* \(2019\)](#). Los parámetros, disponibles en el Anexo D, fueron establecidos para permitir que la simulación comience desde una situación estable de la economía.

Siguiendo a [Caiani *et al.* \(2019\)](#) y de acuerdo a las proporciones fijas de

¹En el Anexo E se incluyen resultados ante valores alternativos de los parámetros

empleo por categoría de trabajador, se modelan 4.000 hogares repartidos en 2.400 operarios, 1119 oficinistas, 81 investigadores y 400 gerentes. El desempleo inicial se establece en $u_0 = 8\%$ a nivel agregado, pero con distinto nivel por clase de trabajador. La distribución inicial al interior de la firma comienza sobrerrepresentando a los operarios, provocando que en los primeros períodos de la simulación aumente la demanda de trabajo por el resto de los trabajadores, reduciendo el nivel general de desempleo. La cantidad de funcionarios públicos se mantiene fija en 680 con una estructura similar a las firmas de consumo. El resto de los trabajadores se reparten 2.500 en firmas de consumo y 500 en firmas de capital, con una probabilidad $\frac{1}{size_{\phi_x}}$ de emplearse en cada una, siendo $size_{\phi_x}$ la cantidad de firmas del sector $x = c, k$. Para determinar la cantidad de trabajadores en las firmas de cada sector se procede del siguiente modo. A partir de la cantidad de trabajadores totales de cada tipo de firma se determina cuántos oficinistas se emplean en el sector calculando $N_x share_{ox}$ y redondeando al entero anterior, siendo N_x la cantidad de trabajadores totales del sector y $share_{ox}$ la proporción de oficinistas en el sector. El procedimiento se repite para investigadores y gerentes, completándose la dotación inicial con los operarios por la cantidad residual. Haber aproximado al entero anterior en las restantes categorías hace que la proporción de operarios supere $share_{wx}$, como consecuencia el desempleo inicial dentro de la categoría será inferior a las restantes y ante un buen desempeño en ventas, la tendencia en los primeros períodos será mantener la cantidad de operarios y aumentar el empleo de trabajadores en las restantes categorías.

Los salarios iniciales se establecen de forma que el ingreso se distribuya 30 % a los gerentes, 40 % a los oficinistas e investigadores, y 30 % a los operarios, siguiendo el procedimiento descrito en [Caiani et al. \(2019\)](#). En igual proporción se distribuye la riqueza inicial, que corresponde a los saldos de depósitos de los hogares.

Las firmas de consumo son 100, de capital 10 y bancos 10. Se parte desde una asignación homogénea al interior de cada grupo de agentes, es así que para determinar en qué banco se ubica cada depósito o préstamo, en qué firma trabaja cada hogar o con qué proveedor se vinculó cada agente en el pasado, se le asigna la misma probabilidad a cada agente dentro del grupo para ser seleccionado. Resulta interesante apreciar cómo la heterogeneidad comienza a emerger entre los agentes de cada grupo a medida que transcurre el tiempo¹.

¹En la figura [A.6](#) del Anexo [A](#) refleja este proceso a través de las curvas de densidad del

5.2. Experimento

El experimento consiste en comparar, a través de simulaciones, dos economías que se diferencian únicamente en el diseño del impuesto al ingreso personal.

En la simulación que constituye el escenario base el umbral del impuesto al ingreso es cero. Esto implica que se aplica la misma tasa impositiva a la totalidad del ingreso de cada agente, determinando que el impuesto al ingreso sea proporcional. La tasa τ_{i_1} no está operativa, puesto que se aplica al tramo de ingreso que va desde 0 al umbral, cuando el umbral es 0, el monto gravado a esta tasa es 0. Por lo tanto, el ingreso del hogar se grava por entero a la tasa τ_{i_2} .

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 $Max\{0, y_{ht} - \psi\}\tau_{i_2}$ 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

$$\frac{\partial (y_{ht} - T_{iht})}{\partial y_{ht}} > 0 \quad (5.1)$$

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. Interesa observar aquí los cambios generados en el comportamiento de los hogares exclusivamente a partir del nuevo diseño impositivo. Es de esperarse que la recaudación no evolucione en la misma forma que el escenario base, pero, al igual que el resto de las variables, su nuevo comportamiento obedecerá al cambio de conducta de los agentes ante un diseño distinto en el impuesto al ingreso personal. Los niveles de umbral utilizados en las distin-

primer y último período, para un conjunto de variables de las firmas

tas configuraciones son: 40 %, 60 %, 80 %, 100 % y 120 % del salario promedio inicial (5).

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

$$\tau_{i_{2\text{exper}}} = \frac{\left[\sum_{h=\{w,o,r,m\}} (w_{h0}nh)(1 - u_0) + \sum_{x=\{c,k,b\}} (Div_{x0}) \right] \tau_{i_2}}{\sum_{h=\{w,o,r,m\}} [(w_{h0} - \text{umbral}_0)nh](1 - u_0) + \sum_{x=\{c,k,b\}} (Div_{x0})} \quad (5.2)$$

Se simulan 50 períodos de cada escenario y se realizan 100 repeticiones de Monte Carlo para cada uno¹. 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 90 % de confianza.

5.2.1. 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, esta se asemeja a su tendencia. La figura 5.1 muestra la evolución del Producto Interno Bruto (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, puede apreciarse en la figura 5.2(a) que el desempleo muestra una fuerte caída al comienzo de la simulación y luego permanece estable en niveles cercanos a 2 %. El consumo, graficado en la figura 5.2(b), sigue una trayectoria similar al producto, mientras se observa en la figura 5.2(c) una caída de la

¹Aumentar 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.

inversión a partir del período 30. La figura 5.2, muestra la evolución de un conjunto de variables relevantes en el escenario base.

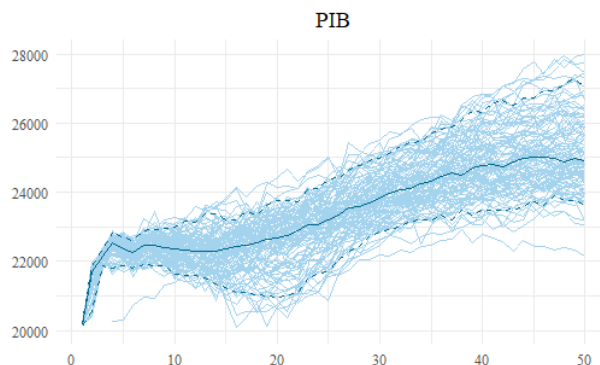


Figura 5.1: Escenario base. PIB a precios constantes en el escenario base. En oscuro, la mediana en línea continua y percentiles 5 y 95 en líneas punteadas. En claro, cada simulación.

La caída de la inversión en términos reales se compensa con un aumento de precios, graficado en la figura 5.2(g), que determinan una trayectoria de la inversión en valores nominales similar a que sigue el producto. El aumento en la productividad del capital, generado a través del proceso de innovación, opera disminuyendo la cantidad de capital necesario para alcanzar un mismo nivel de producto y con él los costos unitarios, dado el ratio capital / trabajo constante. Esto implica que las firmas de consumo utilicen menos unidades de capital por unidad de producto deseado, impactando a la baja en la cantidad de bienes de capital demandados y al alza en su rentabilidad al utilizar los bienes de capital con mayor productividad. Este último punto incrementaría la cantidad demandada de bienes de capital, pero se ve contrarrestado por el incremento en su precio. Dicha variación amplía el margen de ganancia de las firmas de capital, compensando de esa forma la menor cantidad de unidades de bienes vendidos. En la figura 5.2(d) puede apreciarse la productividad del capital empleado en la producción y en la figura 5.2(e) su variación entre períodos consecutivos.

Los primeros períodos de las simulaciones de ABM suelen mostrar trayectorias bruscas hasta que la economía se estabiliza en un nivel donde los cambios de tendencia se hacen menos frecuentes. Los mecanismos de ajuste determinados por los protocolos de actuación de los agentes incrementan su incidencia en el estado de la economía a medida que transcurren los períodos de la simulación. En el comienzo las condiciones iniciales son las que determinan el

estado de la economía, pero con el transcurrir de los períodos su influencia disminuye a manos de los mecanismos de ajuste mencionados. En este caso los primeros 5 períodos muestran mucha volatilidad, luego se observa un comportamiento estable, donde la economía se reproduce cada período en niveles similares, hasta el período 20 aproximadamente, donde comienza una etapa de crecimiento sostenido. El consumo sigue la dinámica descrita, mientras el mercado de bienes de capital parece no lograr ajustarse a un comportamiento estable a lo largo de los 50 períodos. Estas diferencias pueden apreciarse a través del coeficiente de variación¹ presentado en la figura A.3 del Anexo A.

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. Si se recuerda el capítulo 4, se tiene presente que para generarse un aumento de productividad es necesario que las firmas de capital generen una innovación. En caso de éxito, la ganancia de productividad es un incremento acotado sobre la productividad de la variedad producida por la firma hasta ese momento. Puede ocurrir que la ganancia de productividad no sea suficiente para sostener el *mark-up* en la dinámica que venía siguiendo la economía. En caso de éxito, la maquinaria con mayor productividad será ofrecida a las firmas de consumo en el siguiente período y quienes la adquieran podrán 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

¹ $cv_z = \frac{sd_z}{\mu_z}$ donde cv_z es el coeficiente de variación de la variable z , sd_z su desvío estándar y μ_z su media

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, como son el grado de utilización de dicha maquinaria o el proceso de imitación llevado a cabo por los competidores en el mercado de bienes de capital. 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. Solo una vez consolidada esta nueva etapa, la demanda de bienes de capital vuelve a fortalecerse. Mientras tanto las firmas de capital aumentaron sus costos fijos para producir maquinaria con la misma productividad o muy poca diferencia. En poco tiempo acumularon inventario que redujo su producción deseada y con ella su probabilidad de éxito en innovación e imitación. En línea con ello, debieron ajustar su *mark-up* luego del impulso inicial, lo que deteriora su rentabilidad sumado a la carga de intereses por el endeudamiento inicial. Esta sucesión de eventos se refleja en las oscilaciones y posterior tendencia a la baja de la inversión (5.2(c)), materializada en la compra de bienes de capital. Una vez que la productividad de los bienes de capital ofrecidos al mercado muestra un aumento de productividad considerable (5.2(e)), estas firmas pueden ajustar al alza sus precios (5.2(g)) y recuperar rentabilidad.

Como puede apreciarse en el gráfico 5.2(e), 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. La excepción en los primeros períodos se explica por las condiciones impuestas inicialmente, como se indicó líneas arriba. Una vez que las innovaciones se suceden período tras período y se incorporan bienes de capital con mayor productividad en el proceso productivo, se logra encausar la trayectoria de crecimiento económico.

La trayectoria de crecimiento descrita no se encuentra ajena a la presencia

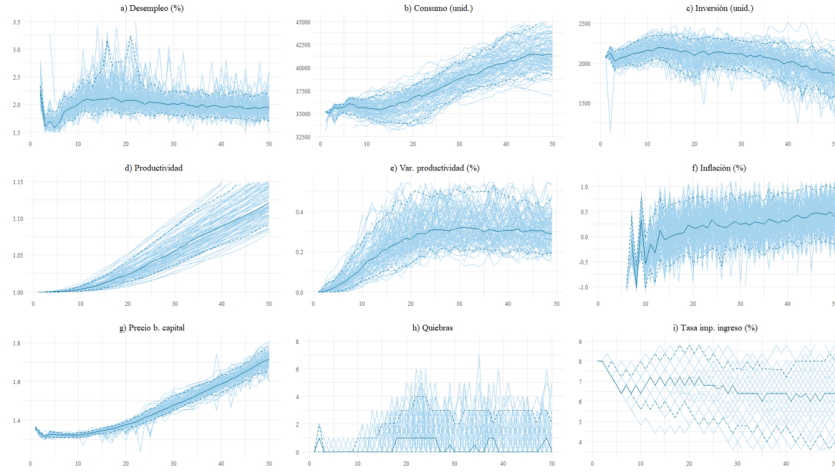


Figura 5.2: Escenario base. Arriba: a) Desempleo, b) Consumo en unidades de bienes de consumo y c) Inversión en unidades de bienes de capital. Centro: d) Productividad, e) Variación de productividad (%) y f) Inflación (%). Abajo: g) Precio promedio de los bienes de capital ponderado por ventas, h) Bancarrotas e i) Tasa del impuesto al ingreso personal. En oscuro, la mediana en línea continua y percentiles 5 y 95 en líneas punteadas. En claro, cada simulación.

de bancarrotas, como muestra la figura 5.2(h). En los primeros períodos estas son poco frecuentes. El impulso inicial que sucede a nivel generalizado, resulta favorable a las finanzas de las firmas. La homogeneidad inicial entre firmas, que puede apreciarse en la figura A.6 del Anexo A, también contribuye a la ausencia de bancarrotas. No existen competidores que destaquen por su mayor productividad y logren superioridad en el mercado ofreciendo precios bajos. El stock inicial de depósitos con el que cuentan las firmas es otro factor que evita las bancarrotas tempranas, les permite soportar un mal desempeño en el período. Con el transcurrir de los períodos las reservas desaparecen si se suceden malos desempeños y comienza a emerger la heterogeneidad entre competidores determinando diferentes niveles de productividad. En el caso de firmas que no logran incorporar bienes de capital con mayor productividad, sus costos unitarios elevados determinarán que deban disminuir el *mark-up* para ofrecer un precio aceptable a los consumidores.

El deterioro en la rentabilidad vuelve vulnerables a las firmas ante situaciones donde las imperfecciones de mercado le generan un impacto negativo. En el caso de las firmas de consumo, estos acontecimientos suceden cuando la información local de los consumidores no las comprende o solo se ven compitiendo con firmas que ofrecen mejores condiciones a las suyas y cuando su información local comprende proveedores con condiciones desfavorables res-

pecto al resto, con los que la firma no puede interactuar. Firmas de capital que ofrecen bienes de menor productividad a los adquiridos por sus competidores, mayores precios o una oferta que luego no alcanzan a producir y/o bancos que ofrecen créditos a altas tasas de interés o depósitos a bajas tasas. En el caso que estos sucesos se materialicen en una situación de fragilidad financiera de la firma, acontece la bancarrota.

A partir del décimo período la figura 5.2(h) muestra que la presencia de bancarrotas, si bien en cantidades bajas (una por período en mediana), comienza a ser frecuente. Reflejo que la dinámica seguida a nivel agregado no representa la situación de algunas firmas, a nivel individual, que se ven desplazadas del mercado, incluso en momentos de crecimiento a nivel agregado. La cantidad de bancarrotas presenta un coeficiente de variación alto¹ entre las variables del trabajo, si bien la mediana es uno, como máximo, el percentil 95 llega a ser 4 entre el período 21 y el 24.

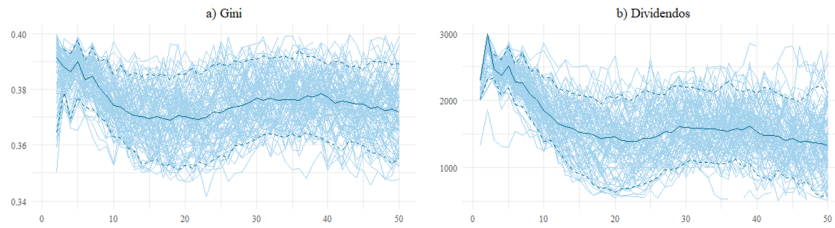


Figura 5.3: Escenario base. a) Índice de Gini y b) Dividendos. En oscuro, la mediana en línea continua, percentiles 5 y 95 en líneas punteadas. En claro, cada simulación.

Como se observa en la figura 5.3(b), 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 5.3 muestra como dicha evolución se repite en la desigualdad medida a través del índice de Gini (5.3(a)). 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 corresponden con las 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

¹Ver figura A.3(h) del Anexo A

impacta en la desigualdad, dado que exclusivamente los gerentes reciben este ingreso adicional al salario.

En el nivel general de precios, al ser una variable que se ajusta rápidamente al desequilibrio en los mercados, se destacan sus oscilaciones, principalmente en los primeros períodos. En la figura 5.2(f) puede apreciarse que su variación, si bien oscila en valores cercanos a cero, evoluciona al alza a medida que transcurren los períodos. Este comportamiento se corresponde con el aumento de la heterogeneidad entre las firmas, que parten desde una situación homogénea. A medida que se generan diferencias en la productividad y se gestan relaciones estables con los clientes, algunas firmas comienzan a ganar participación y pueden comenzar a incrementar su *mark-up* sin quedar fuera del mercado. A partir del poder de mercado ejercido por dichas firmas se generan diferencias entre gerentes. Quienes están empleados en estas reciben mayores dividendos que el resto. Se genera de esa forma una desigualdad entre los individuos de mayores ingresos a partir de la concentración de mercado en manos de algunas firmas. En la figura A.6 del Anexo A se puede apreciar como partiendo desde una situación homogénea en el primer período, las firmas llegan al período 50 con diferencias en las variables mencionadas. Las diferencias en el rango de las variables entre el período 1 y 50, da cuenta del proceso de diferenciación. En particular, se observa que es un número reducido de firmas el que reparte altos dividendos y el que establece un *mark-up* elevado, en el período 50.

5.2.2. 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 radican en que algunas etapas del proceso se ven más acentuadas. De todas formas, más allá de diferentes niveles en la mediana de las observaciones, las diferencias no resultan significativas a un nivel de confianza de 90 %, ni siquiera en el caso más extremo de los escenarios propuestos, donde el valor inicial del umbral es 120 % del salario promedio inicial y la tasa impositiva comienza en 31,74 %. La figura 5.4 superpone la evolución del PIB en este caso sobre la del escenario base. En la figura A.2 del Anexo A se compara el resto de las variables. 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.

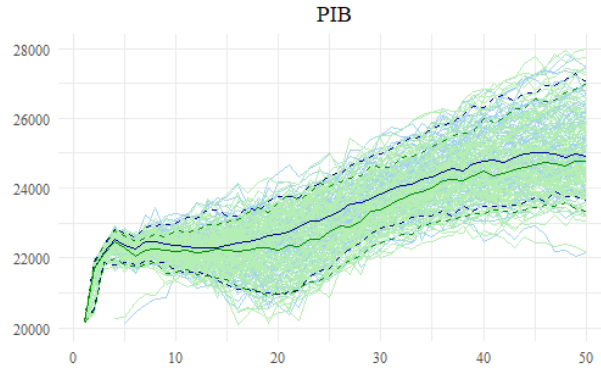


Figura 5.4: Escenario base y alternativo (umbral inicial = 6). En azul escenario base. En verde y en la capa superior (donde coinciden azul y verde, se ve verde) escenario alternativo. En oscuro, la mediana en línea continua, percentiles 5 y 95 en líneas punteadas. En claro, cada simulación.

La figura 5.5 presenta la evolución de umbral y tasa, del impuesto al ingreso personal en el caso más extremo del escenario alternativo. El umbral del impuesto al ingreso personal (figura 5.5(a)), al evolucionar según el comportamiento de los precios al consumo, muestra oscilaciones en los primeros períodos y luego toma una trayectoria creciente. La tasa impositiva (figura 5.5(b)) tiene un comportamiento similar a las tasas impositivas del escenario base. Cae en los primeros períodos fruto del aumento recaudatorio que genera el crecimiento de la actividad. Aumenta en la fase de estancamiento, como consecuencia del freno en el crecimiento de la recaudación y el aumento del gasto por seguro de paro. Desciende levemente y se estabiliza en la segunda etapa de crecimiento en línea con el equilibrio del resultado fiscal y el ratio deuda/producto.

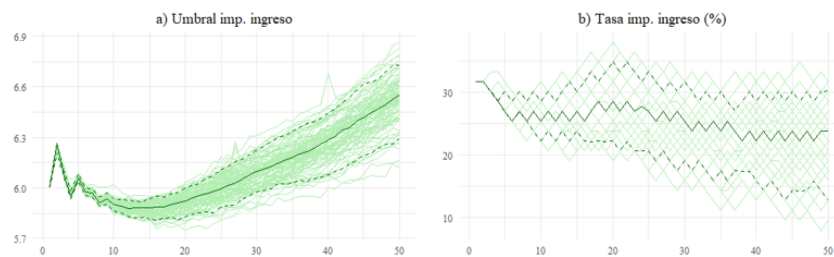


Figura 5.5: Escenario alternativo (umbral inicial = 6). a) Umbral del impuesto al ingreso personal y b) Tasa del impuesto al ingreso personal. En oscuro, la mediana en línea continua y percentiles 5 y 95 en líneas punteadas. En claro, cada simulación.

Como puede apreciarse en la figura 5.6(b), 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 línea con los resultados de [Piketty y Saez \(2003\)](#) la política tributaria parecería ser un instrumento con capacidad para disminuir la desigualdad. En el caso del escenario con mayor nivel de umbral, este comportamiento se observa también en los intervalos de confianza al 90 %, con excepción de los últimos períodos. En estos se incrementa la amplitud del intervalo en el escenario alternativo. La separación de los valores del índice de Gini observados en distintas simulaciones se repite en los escenarios alternativos de mayores niveles de umbral, como se representa en la figura 5.6(c). 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 en niveles similares. Es a partir del período 20, aproximadamente, cuando los percentiles cinco y noventa y cinco, se distancian de la mediana. El momento coincide con el repunte de los dividendos¹, 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.

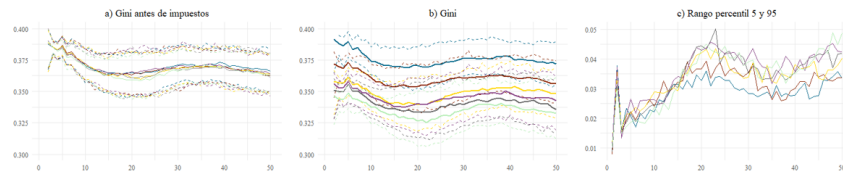


Figura 5.6: Escenario base y escenarios alternativos. a) Índice de Gini antes de impuestos, b) Índice de Gini y c) Rango entre el percentil 5 y 95. En azul escenario base, rojo escenario alternativo (umbral inicial = 2), amarillo escenario alternativo (umbral inicial = 3), violeta escenario alternativo (umbral inicial = 4), gris escenario alternativo (umbral inicial = 5) y en verde escenario alternativo (umbral inicial = 6). Mediana en línea continua, percentiles 5 y 95 en líneas punteadas.

Los ingresos adicionales de los gerentes provenientes del reparto de dividendos parecerían imponerse como impulsor de la desigualdad, permeando sobre el impuesto progresivo. El reparto de dividendos opera ampliando la desigual-

¹En la figura A.5 del Anexo A puede apreciarse que en mediana los dividendos alcanzan un menor valor mínimo en el escenario alternativo (umbral inicial = 6), aunque no puede afirmarse que exista diferencia al 10 % de significación. De todas formas, un menor ingreso extraordinario de los individuos de altos ingresos contribuiría a observar un menor nivel de desigualdad

dad entre los hogares que reciben ingresos por encima del umbral, dado que es un pago que no perciben oficinistas e investigadores. De esta forma, dispara un mecanismo que el impuesto no contrarresta. Sería necesaria una nueva tasa diferencial sobre los altos ingresos para poder mitigar la desigualdad entre gerentes con altos dividendos y el resto de los hogares.

La figura 5.6 muestra la evolución del Índice de Gini (b), este índice calculado antes de impuestos (a) y el rango entre el percentil 5 y 95 del índice (c), en cada uno de los escenarios. El carácter progresivo del impuesto se pone de manifiesto al observar, en la figura 5.6(a), que el cálculo del índice antes de impuestos arroja valores similares en todos los escenarios. Mientras que, una vez considerado el efecto redistributivo de los impuestos (5.6(b)), el resultado difiere en cada escenario.

En la figura 5.6(b) puede apreciarse 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 valor del 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 a través de las exoneraciones sobre la población de menores ingresos está realizada. 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.

En caso de querer contrarrestar la desigualdad sobre el tramo alto de la distribución de ingresos utilizando este diseño impositivo, se debe incrementar de sobremanera el valor del umbral hasta que el impuesto se aplique solo sobre la parte de la población que recibe los ingresos determinantes de esta dinámica, los dividendos. Como alternativa se puede complejizar la estructura del impuesto agregando un nuevo umbral de ingresos a partir del que se aplique una tasa impositiva mayor. O, como tercer alternativa, se puede introducir un nuevo impuesto que grave los dividendos y de esa manera reduzca su efecto sobre la desigualdad.

Respecto a la evolución del producto, como muestra la figura 5.4, la trayectoria es similar en presencia del impuesto proporcional y progresivo. Con 90 % de confianza no puede afirmarse que difieran en ningún momento de la simulación. La diferencia que puede apreciarse es al observar exclusivamente la

Tabla 5.1: Crecimiento promedio y acumulado

Nominal	Umbral imp. Ingreso		Tasa imp. Ingreso (%)	Crecimiento promedio		Crecimiento acumulado (%)
	% del salario promedio			(%)		
0	0		8.00	0.4245		23.59
				(0.3241:0.5861)		(17.56:33.94)
2	40		12.79	0.4267		23.73
				(0.3256:0.5491)		(17.65:31:50)
3	60		16.78	0.4347		24.22
				(0.3218:0.5789)		(17.43:33.46)
4	80		19.91	0.4237		23.54
				(0.2973:0.5635)		(16.00:32.44)
5	100		24.47	0.4249		23.61
				(0.3080:0.5565)		(16.62:31.98)
6	120		31.74	0.4125		22.85
				(0.2969:0.5831)		(15.98:33.74)

mediana en los casos más extremos, donde el valor inicial del umbral es 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.

La tabla 5.1 muestra el crecimiento promedio y acumulado, de la series construidas con la mediana de cada escenario y los valores mínimo y máximo, de sus intervalos de confianza al 10 % de significación. En ella puede apreciarse que, 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.

Estos resultados se encuentran en línea con [Ostry *et al.* \(2014\)](#), quienes no encuentran un efecto negativo de las políticas redistributivas sobre el crecimiento. No se alinean, por lo tanto, con los postulados de [Alesina y Rodrik \(1994\)](#); [Persson y Tabellini \(1994\)](#) quienes sostienen que sí tienen un efecto negativo. En relación al vínculo entre crecimiento y desigualdad, los resultados no se alinean con las teorías que defienden un vínculo positivo, ni con las que manifiestan que el vínculo es negativo. Aquí se advierte que ante el cambio impositivo, la desigualdad disminuye, pero el crecimiento no se ve alterado. Un punto que puede ser profundizado en futuros trabajos es la coincidencia del momento de estancamiento con el mayor cambio en el nivel de desigualdad, en todos los escenarios del ejercicio. Un resultado que podría tener vínculos con [Banerjee y Duflo \(2003\)](#), quienes afirman que son los cambios en los niveles de desigualdad los que deterioran el crecimiento.

Capítulo 6

Consideraciones finales

En esta tesis se aplica un ABM al estudio del desempeño económico ante distintos diseños del impuesto al ingreso personal. En línea con [Ostry *et al.* \(2014\)](#) no se encuentra evidencia de un deterioro en la actividad económica ante la aplicación de un impuesto progresivo al ingreso, en lugar de uno proporcional. No se comprueba lo planteado por [Alesina y Rodrik \(1994\)](#); [Persson y Tabellini \(1994\)](#). Al diferenciar únicamente dos tramos de ingreso, uno exonerado y otro gravado, 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 menores ingresos mediante la exoneración total a los hogares de menores ingresos. La disminución de la desigualdad al incrementar el monto de ingreso exonerado disminuye luego que el ingreso de los hogares de bajos ingresos ya se encuentra totalmente por debajo de dicho monto.

Se realiza un experimento mediante el cual se observa la evolución de dos economías simuladas, cuya única diferencia es el diseño impositivo sobre el ingreso personal. En la economía que constituye el escenario base el impuesto es proporcional, mientras en la economía que constituye el escenario alternativo el impuesto es progresivo. En el primer caso, la tasa efectiva es igual para cualquier individuo. En el segundo, la tasa efectiva aumenta con el nivel de ingreso. Se prueban varios niveles de tasa, manteniendo el mismo nivel de recaudación inicial en todos los escenarios.

En este ejercicio no se verifica un deterioro del crecimiento económico al sustituir un impuesto al ingreso personal proporcional, por uno progresivo.

Ambas economías presentan una evolución similar a lo largo de los 50 períodos que comprende el análisis y no es posible establecer diferencias con

90 % de confianza. Comienzan experimentando un impulso de crecimiento económico que conduce a una situación de exceso de oferta, aumento de costos y guerra de precios. La actividad atraviesa una etapa de estancamiento donde se aprecia un aumento del desempleo, una reducción de los dividendos repartidos por las firmas y una reversión del aumento de la inversión. La economía retoma el crecimiento luego que se generan innovaciones y se incorporan al proceso productivo. Como consecuencia, aumenta la rentabilidad de algunas firmas y comienzan a ejercer poder de mercado. Esta comparación es válida para todos los niveles de tasa analizados. En los casos de mayor progresividad se advierte una recuperación más lenta de la economía, si se considera únicamente la serie construida a partir de la mediana de las observaciones para cada momento del tiempo. Las diferencias no resultan significativas al 90 % de confianza. Por lo tanto no se evidencia un deterioro de la actividad asociado al diseño impositivo progresivo.

Estos resultados parecen mostrar que una tasa efectiva creciente con el nivel de ingreso no representa, de por sí, una limitante significativa para el crecimiento económico. Las repercusiones de la variación en el ingreso disponible de los individuos parecen compensarse a nivel agregado. Consumo e inversión se mantienen en niveles similares a pesar de la redistribución en la carga impositiva. El experimento no contempla tasas impositivas iniciales mayores a 31.74 %, por lo tanto las conclusiones aplican a tasas inferiores a dicho valor.

El diseño del impuesto presentado en este trabajo parecería actuar sobre la desigualdad generada en el tramo bajo de la distribución del ingreso, pero no en el tramo de mayores ingresos.

Se advierten incrementos de la desigualdad provocados en el momento que aumentan los dividendos, rentas extraordinarias que solo reciben los gerentes, individuos de altos ingresos. Cuando estos pagos extraordinarios disminuyen, la desigualdad está contenida o se reduce. Estos resultados parecen indicar que el diseño con una única tasa aplicada sobre los ingresos superiores al valor del umbral, no resulta efectivo para revertir la desigualdad a lo largo de toda la distribución del ingreso. En los valores de umbral utilizados en el experimento el impuesto no revierte la desigualdad generada en los tramos elevados de la distribución del ingreso debido a que no discrimina entre ingresos superiores al mismo. El impuesto se aplica sin discriminar entre ingresos medios y altos.

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. Esta podría ampliarse extendiendo el análisis de sensibilidad presentado en el Anexo E e incorporando escenarios con tasas por encima de 34.74 % y umbrales con valor superior a 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.

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 \(2003\)](#). 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.

Referencias bibliográficas

- 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.
- Aronson, J. R., Johnson, P., & Lambert, P. J. (1994). Redistributive Effect and Unequal Income Tax Treatment. *The Economic Journal*, 104(423):262.
- 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.
- Bénabou, R. (2002). Tax and education policy in a heterogeneous-agent economy: What levels of redistribution maximize growth and efficiency? *Econometrica*, 70(2):481–517.
- 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.
- 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.
- Cowell, F. A. (2000). Chapter 2 Measurement of inequality.
- Deaton, A. (2015). *The great escape. Health, wealth, and the origins of inequality*. Princeton University Press, New Jersey.
- Dosi, G., Fagiolo, G., Napoletano, M., & Roventini, A. (2013). Income distribution, credit and fiscal policies in an agent-based Keynesian model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 37(8):1598–1625.
- Dosi, G., Fagiolo, G., Napoletano, M., Roventini, A., & Treibich, T. (2015). Fiscal and monetary policies in complex evolving economies. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 52:166–189.
- 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*.
- Easterly, W. & Rebelo, S. (1993). Marginal income tax rates and economic growth in developing countries. *European Economic Review*, 37(2-3):409–417.
- Eichhorn, W., Funke, H., & Richter, W. F. (1984). Tax progression and inequality of income distribution. *Journal of Mathematical Economics*, 13(2):127–131.
- Fagiolo, G. & Roventini, A. (2017). Macroeconomic Policy in DSGE and Agent-Based Models Redux: New Developments and Challenges Ahead. *Journal of Artificial Societies & Social Simulation*, 20(1).
- 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.

- Gali, J. (1994). Keeping up with the Joneses: Consumption Externalities, Portfolio Choice, and Asset Prices. *Journal of Money, Credit and Banking*, 26(1):1.
- 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, D. S., Parker, J. A., & Souleles, N. S. (2006). Household expenditure and the income tax rebates of 2001.
- 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.
- Judd, K. L. (1985). Redistributive taxation in a simple perfect foresight model. *Journal of Public Economics*, 28(1):59–83.
- Kakwani, N. C. (1977a). Applications of Lorenz Curves in Economic Analysis. *Econometrica*, 45(3):719.
- Kakwani, N. C. (1977b). Measurement of Tax Progressivity: An International Comparison. *The Economic Journal*, 87(345):71.
- Kaldor, N. (1955). Alternative Theories of Distribution. *The Review of Economic Studies*, 23(2):83.
- Kanbur, R., Keen, M., & Tuomala, M. (1994). Optimal non-linear income taxation for the alleviation of income-poverty. *European Economic Review*, 38(8):1613–1632.

- 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.
- 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.
- Li, W. & Sarte, P. D. (2004). Progressive taxation and long-run growth. *American Economic Review*, 94(5):1705–1716.
- Mirrlees, J. A. (1971). An Exploration in the Theory of Optimum Income Taxation. *The Review of Economic Studies*, 38(2):175.
- Muinelo-Gallo, L. & Roca-Sagalés, O. (2013). Joint determinants of fiscal policy, income inequality and economic growth. *Economic Modelling*, 30:814–824.
- Musgrave, R. A. & Thin, T. (1948). Income Tax Progression, 1929-48. *Journal of Political Economy*, 56(6):498–514.
- 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.
- Russo, A. (2017). An Agent Based Macroeconomic Model with Social Classes and Endogenous Crises. *Italian Economic Journal*, 3(3):285–306.
- Shorrocks, A. F. (1983). Ranking Income Distributions. *Economica*, 50(197):3.
- Silber, J. (1999). *Handbook of Income Inequality Measurement*. Springer Netherlands, Dordrecht.
- 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.
- Wagstaff, A., Van Doorslaer, E., Van Der Burg, H., Calonge, S., Christiansen, T., Citoni, G., Gerdtham, U. G., Gerfin, M., Gross, L., Häkkinen, U., John, J., Johnson, P., Klavus, J., Lachaud, C., Lauridsen, J., Leu, R. E., Nolan, B., Peran, E., Propper, C., Puffer, F., Rochaix, L., Rodríguez, M., Schellhorn, M., Sundberg, G., & Winkelhake, O. (1999). Redistributive effect, progressivity and differential tax treatment: Personal income taxes in twelve OECD countries. *Journal of Public Economics*, 72(1):73–98.

- Weymark, J. A. (2006). The normative approach to the measurement of multidimensional inequality. En *Inequality and Economic Integration*, capítulo 12, pp. 296–321. Routledge, New York.
- 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.

ANEXOS

Anexo A

Complemento visual

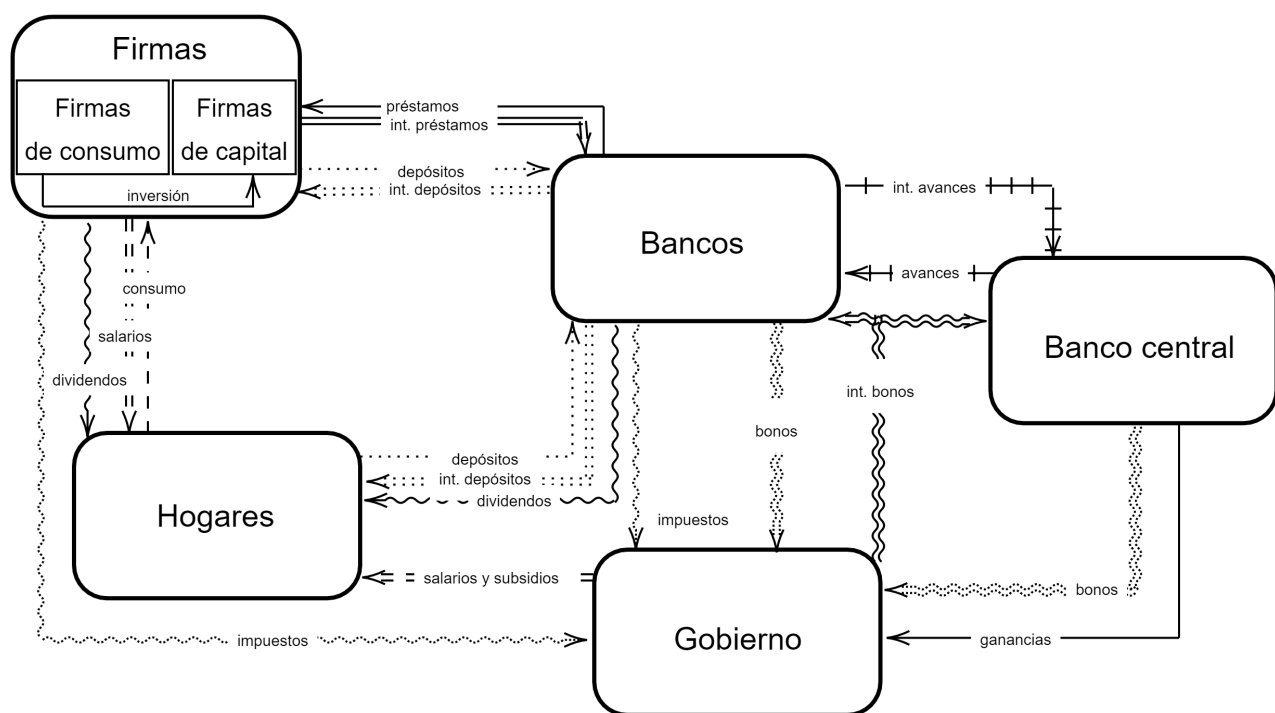


Figura A.1: Intercambios entre los agentes. El sentido de las flechas indica egresos.

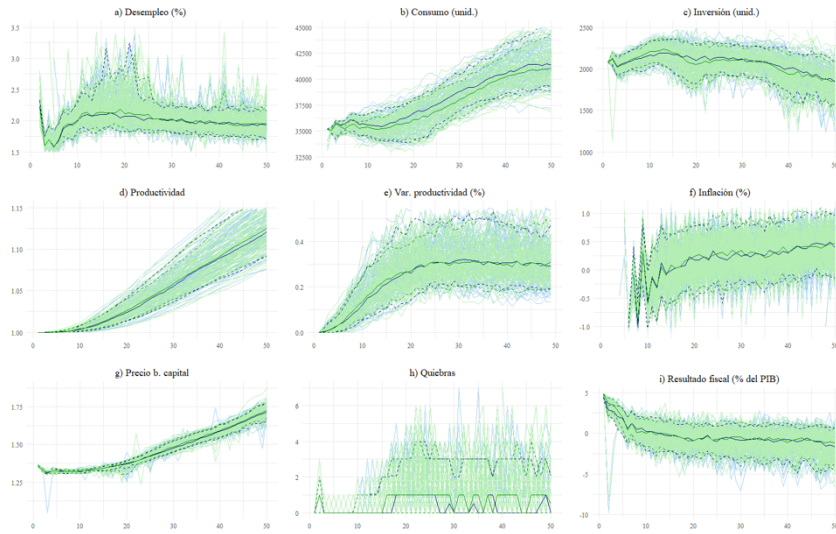


Figura A.2: Escenario alternativo (umbral=6). Arriba: a) Desempleo (%), b) Consumo en unidades de bienes de consumo y c) Inversión en unidades de bienes de capital. Centro: d) Productividad, e) Variación de productividad (%) y f) Inflación (%). Abajo: g) Precio promedio de los bienes de capital ponderado por ventas, h) Bancarrotas e i) Resultado fiscal (% del PIB). En azul escenario base. En verde y en la capa superior (donde coinciden azul y verde, se ve verde) escenario alternativo. En oscuro la mediana en línea continua, percentiles 5 y 95 en líneas punteadas. En claro cada simulación

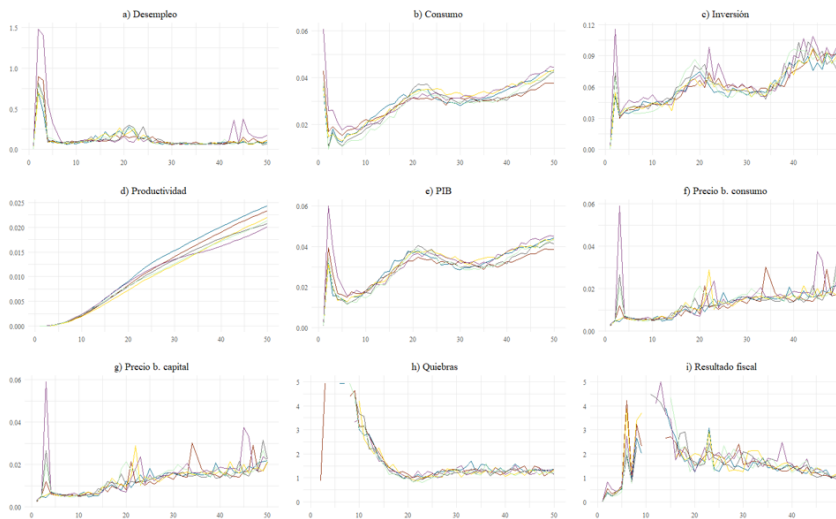


Figura A.3: Coeficientes de variación Arriba: a) Desempleo, b) Consumo y c) Inversión. Centro: d) Productividad, e) PIB y f) Precio promedio de los bienes de consumo ponderado por ventas. Abajo: g) Precio promedio de los bienes de capital ponderado por ventas, h) Bancarrotas e i) Resultado fiscal. En azul escenario base, rojo escenario alternativo (umbral inicial = 2), amarillo escenario alternativo (umbral inicial = 3), violeta escenario alternativo (umbral inicial = 4), gris escenario alternativo (umbral inicial = 5) y en verde escenario alternativo (umbral inicial = 6).

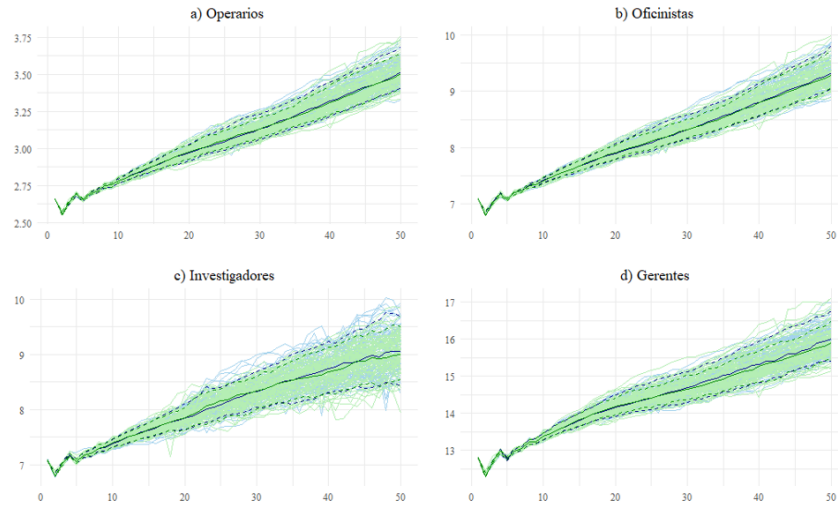


Figura A.4: Salario promedio por calificación Arriba: a) Operarios y b) Oficinistas. Abajo: c) Investigadores y d) Gerentes. En azul escenario base. En verde y en la capa superior (donde coinciden azul y verde, se ve verde) escenario alternativo (umbral inicial = 6). En oscuro la mediana en línea continua, percentiles 5 y 95 en líneas punteadas. En claro cada simulación.

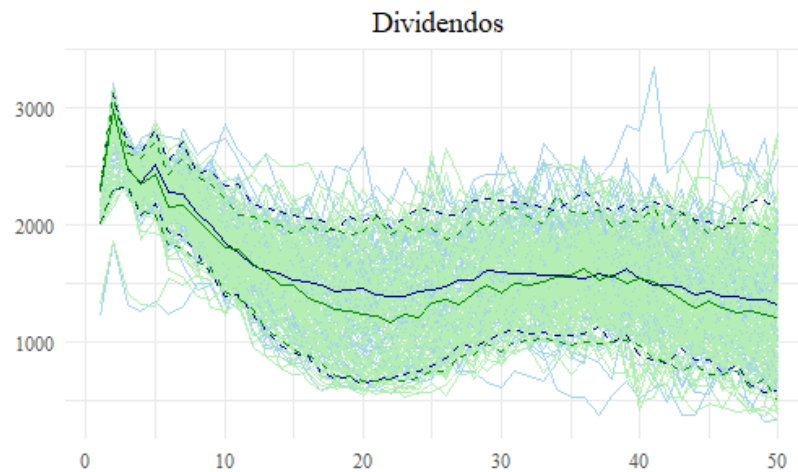


Figura A.5: Dividendos En azul escenario base. En verde y en la capa superior (donde coinciden azul y verde, se ve verde) escenario alternativo (umbral inicial = 6). En oscuro la mediana en línea continua, percentiles 5 y 95 en líneas punteadas. En claro cada simulación.

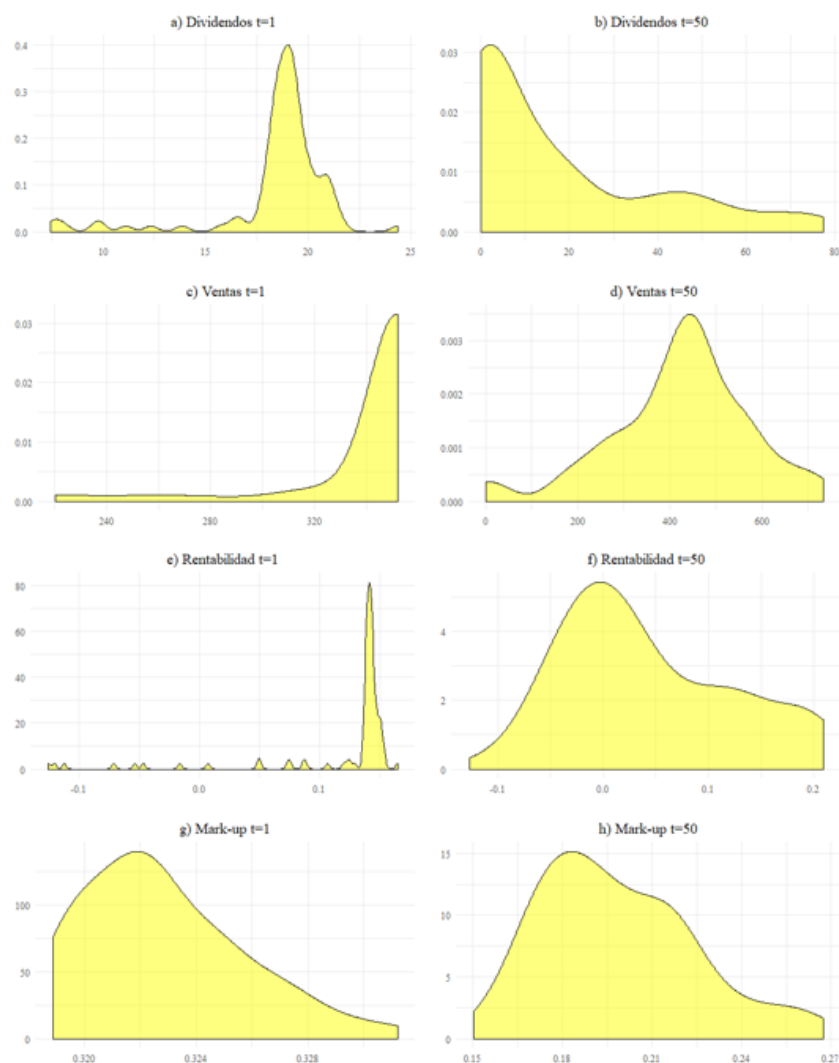


Figura A.6: Curvas de densidad Se muestra la distribución de las firmas al final del primer y último período de una simulación. Arriba: a) Dividendos repartidos en el primer período y b) Dividendos repartidos en el último. Centro-Arriba: c) Ventas en unidades durante el primer período y d) Ventas en unidades durante el último período. Centro-Abajo: e) Rentabilidad en el primer período y f) Rentabilidad en el último. Abajo: g) *mark-up* del primer período y h) *mark-up* en el último.

Anexo B

Ecuaciones complementarias

$$g_{ct}^D = \gamma_1 \frac{r_{ct-1} - \bar{r}}{\bar{r}} + \gamma_2 \frac{u_{ct}^D - \bar{u}}{\bar{u}} \quad (\text{B.1})$$

$$\kappa(uc_{it}^e - uc_{jt}^e) > p_{jt} - p_{it} \quad (\text{B.2})$$

$$\begin{aligned} bene_{L_x^D} = L_x^D & \left\{ i_{bt}^l (1 - pr_x^D)^\eta \left(\sum_{a=0}^{\eta-1} \left(1 - \frac{z}{\eta} \right) \right) + \right. \\ & pr_x^D i_{bt}^l \sum_{q=1}^{\eta-1} \left[(1 - pr_x^D)^q \left(\sum_{f=0}^{q-1} \left(1 - \frac{f}{\eta} \right) \right) \right] - \\ & \left. (1 - \delta) pr_x^D \left(\sum_{z=0}^{\eta-1} (1 - pr_x^D)^z \left(1 - \frac{z}{\eta} \right) \right) \right\} \quad (\text{B.3}) \end{aligned}$$

Anexo C

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 de consumo	KA firmas de consumo	CA firmas de capital	KA firmas de 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
amortización de capital	0	-2506	2506	0	0	0	0	0	0	0	0
impuestos	-4552	-450	0	-42	0	-34	0	5078	0	0	0
intereses de depósitos	101	31	0	6	0	-139	0	0	0	0	0
intereses de bonos	0	0	0	0	0	128	0	-170	43	0	0
intereses de préstamos	0	-194	0	-5	0	199	0	0	0	0	0
intereses de avances	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
beneficios	2136	-2052	205	-193	19	-154	38	0	0	0	0
beneficios del banco central	0	0	0	0	0	0	0	43	-43	0	0
variación de activos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
variación de depósitos	1761	0	-1777	0	176	0	-159	0	0	0	0
variación de avances	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
variación de reservas	0	0	0	0	0	0	25	0	0	-25	0
variación de bonos	0	0	0	0	0	0	859	-884	0	25	0
variación de préstamos	0	0	766	0	-3	0	-763	0	0	0	0
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla C.1: 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 de consumo	KA firmas de consumo	CA firmas de capital	KA firmas de 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
amortización de capital	0	-3389	3389	0	0	0	0	0	0	0	0
impuestos	-3593	-275	0	-23	0	-23	0	3914	0	0	0
intereses de depósitos	144	61	0	8	0	-212	0	0	0	0	0
intereses de bonos	0	0	0	0	0	8	0	-224	216	0	0
intereses de préstamos	0	-389	0	-1	0	389	0	0	0	0	0
intereses de avances	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
beneficios	1979	-1476	-239	-141	-2	-162	40	0	0	0	0
beneficios del banco central	0	0	0	0	0	0	0	216	-216	0	0
variación de activos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
variación de depósitos	-755	0	138	0	-3	0	619	0	0	0	0
variación de avances	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
variación de reservas	0	0	0	0	0	0	297	0	0	-297	0
variación de bonos	0	0	0	0	0	0	-1006	709	0	297	0
variación de préstamos	0	0	-54	0	4	0	49	0	0	0	0
TOTAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla C.2: Flujos del período 50. Valores positivos representan ingresos y negativos egresos. CA simboliza la cuenta corriente y KA la cuenta capital.

Stocks	hogares	firmas de consumo	firmas de 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

Tabla C.3: 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

Tabla C.4: Stocks del período 50

Anexo D

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

continúa en la siguiente página

Símbolo	Descripción	Base	Experimento
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
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

continúa en la siguiente página

Símbolo	Descripción	Base	Experimento
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
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

continúa en la siguiente página

Símbolo	Descripción	Base	Experimento
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
ς_c	Aversión al riesgo de los bancos respecto a las firmas de consumo	3.9	3.9
ς_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
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

Tabla D.1: 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 E

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^{imn}	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

Tabla E.1: 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.