



Tecnológico de Monterrey

TECNOLÓGICO DE MONTERREY, CAMPUS PUEBLA

Proyecto Final: Evolución de la distribución de la riqueza entre poblaciones con características heterogéneas: Un enfoque basado en agentes.

Luis Manuel Espinoza Juárez A01731858

Emilio Linarez Meneses A01731719

*Materia: Seminario Avanzado de Investigación Económica – Profesores: Omar Augusto
Guerrero García y René Rosado González*

Fecha: 06 de Diciembre de 2021

Índice

Introducción	1
Metodología	2
Hipótesis	2
Explicación General del Modelo	2
Estrategia General	3
Modelo	3
¿Qué tipos de agentes hay?	3
¿Qué características tiene cada tipo de agente?	3
¿Qué conductas tiene cada tipo de agente?	4
¿Cómo se modela en ambiente?	4
¿Cómo interactúan los agentes en el ambiente?	4
¿Cuáles son las variables exógenas y cuales son las endógenas?	5
¿Cuáles son las variables macro y cuáles las micro?	5
¿Qué variables son homogéneas y cuáles son heterogéneas?	5
¿Cuál es el algoritmo del modelo?	5
Análisis	6
Evolución del Modelo	6
Interpretación de los resultados	9
Vínculo de los resultados con el mundo real	10
Conclusiones	11
Resumen del artículo	11
Posibles mejoras	12
Reflexión conjunta	12
Anexo: Repositorio del Código del Modelo	13

Introducción

El estudio de la dinámica social focalizada en fenómenos concretos es una tarea increíblemente compleja; entender y explicar los comportamientos tanto macroscópicos como microscópicos, reconociendo e incorporando en el plano de análisis y representación la complejidad social intrínseca a estos procesos, puede ser prácticamente imposible sin ayuda de herramientas como la simulación.

La literatura al respecto de la importancia y validez de hacer ciencia utilizando las simulaciones como vehículo es extensa, desde los trabajos de Epstein and Axtell(1996) se reconoce por primera vez que los modelos de agentes computacionales son de gran utilidad para plantear y validar hipótesis, a la vez que las herramientas computacionales se utilizan cada vez más para representar sistemas socioeconómicos con atributos afines a los de un sistema adaptativo complejo como lo vemos en Castañeda(2020).

Es importante realizar estas precisiones, ya que regularmente el marco conceptual neoclásico tiende a representar este tipo de interacciones por medio de sistemas de ecuaciones o modelaciones matemáticas ‘complejas’, pero que se quedan bastante cortas para dotar de realismo y de consistencia empírica a dichos modelos, por lo que finalmente estos modelos son representaciones simplificadas y generalmente ingenuas de la realidad compleja que se plantean modelar. En Castañeda(2020) se profundiza al respecto, pues el autor menciona que en la economía neoclásica y demás disciplinas sociales sustentadas en la elección racional (rational choice), el marco teórico se desarrolla matemáticamente a partir de supuestos que no necesariamente son avalados con datos. Mientras que la validación externa de las hipótesis que se generan con los teoremas se lleva a cabo mediante métodos inductivos, siendo el más común la estimación de modelos econométricos. En ocasiones, los supuestos neoclásicos permiten obtener implicaciones (o soluciones) analíticas a partir de modelos teóricos contruidos con razonamientos deductivos. En otros casos, las implicaciones se derivan de modelos dinámicos que el investigador tiene que resolver con técnicas numéricas, o bien se desprenden del análisis cualitativo de sistemas de ecuaciones; es decir, mediante el análisis de sus estados estacionarios, las condiciones de estabilidad y la naturaleza de las trayectorias que siguen las variables de estado Castañeda(2020).

Además de lo anterior, en Nigel and Klaus(2005), Epstein(2006), Axelrod(2006), Axtell(2000) y Castañeda(2020) se comenta desde distintas perspectivas y empleando ejemplos el hecho de que cuando se reconoce el componente de complejidad social resulta muy difícil, si no es que completamente imposible, construir modelos matemáticos mediante sistemas de ecuaciones (ya sean lineales o no lineales), y en caso de que esto se logre, la solución analítica de dichos sistemas suele quedar descartada. Por ello, la opción más lógica disponible es el análisis por métodos algorítmicos. Es decir, simular la actividad que se desarrolla en sociedades artificiales contruidas a partir de ABM lo cual se aborda ampliamente desde la perspectiva económica en Nigel and Klaus(2005).

Una vez establecido lo anterior y el marco conceptual en el que se basan este tipo de esfuerzos, en el presente documento se abordará un modelo basado en agentes que explora la distribución de la riqueza en una sociedad artificial simplificada, donde los agentes tienen características heterogéneamente distribuidas, entre estas características se encuentran: 1) Nivel de Racionalidad, 2) Dotación inicial de Riqueza y 3) Nivel de

consumo.

Lo anterior con el objetivo de estudiar cómo se comporta la acumulación de riqueza entre una sociedad heterogénea y si esto conduce inevitablemente a la desigualdad social y a la distribución asimétrica de la riqueza la cual ha sido abordada desde distintas perspectivas, mayoritariamente desde una perspectiva econométrica que van desde la inversión en capital humano (i.e. educación) Mincer(1958) como determinante del ingreso, hasta la inclusión parcial de perspectivas de género Mroz(1987) y estructuras sociales que propiciasen la desigualdad Hagenaars(1986) en el estudio de este fenómeno.

Sin embargo, de manera general, bajo el enfoque económico clásico del estudio de los determinantes de la riqueza, este tema se ha estudiado poco a través de simulaciones, en eso se centra el aporte de este modelo, en incorporar de manera mucho más práctica, nociones como el nivel de racionalidad de los agentes y otras características individuales para analizar cómo desemboca esto en la acumulación de riqueza por ello nuestra pregunta de investigación es ***¿Qué factores individuales determinan la acumulación de riqueza entre los individuos?***

Metodología

En esta sección abordaremos los mecanismos generales a través de los cuales se generó el modelo, así como su estrategia simplificada de funcionamiento y las hipótesis que se buscan validar o matizar con los hallazgos del modelo.

Hipótesis

Existen numerosas hipótesis que es posible explorar para verificar o matizar a través del modelo, sin embargo se optó por hacer hincapié en las siguientes:

- 1)La desigualdad en la distribución de la riqueza entre agentes tiende a incrementar pese a la distribución heterogénea de las características que influyen en la acumulación de riqueza.
- 2)Pese a la distribución de la riqueza, existen evidencias de crecimiento económico.
- 3)La ‘suerte’ es un factor sumamente relevante en la determinación de la inequidad en la distribución de la riqueza.

Explicación General del Modelo

El modelo del presente documento es un modelo basado en agentes, cada agente es representado por una secuencia de características individuales que en términos sencillos son una lista de números relacionados con un ‘ID’. Cada agente tiene 3 características principales: 1)Nivel de Racionalidad, 2)Nivel de Consumo y 3)Riqueza.

El modelo básicamente replica una parte del fenómeno de distribución desigual de la riqueza total de la sociedad a través de un conjunto simple de reglas que determinan si los agentes incrementan su nivel de riqueza o la disminuyen. Con el objetivo de hacer más evidente la desigualdad en esta sociedad artificial, partiendo de la premisa de que cada

individuo debe consumir una proporción de riqueza para solventar sus funciones básicas (como un ser humano real), un agente que pierda su riqueza al nivel de no poder solventar su característica de consumo: muere. Esto, en conjunto con otras reglas de desarrollo de los agentes, nos permite modelar cómo evolucionan mecanismos como la concentración de la riqueza en una sociedad donde todos los individuos son distintos pero donde cada uno parte de una distribución de ingreso desigual (como en la vida real), esto en conjunción con la variación de ciertos parámetros iniciales nos permite entender qué factores influyen más en la desigualdad de distribución de la riqueza.

Estrategia General

Para verificar o matizar las hipótesis anteriormente mencionadas, a continuación se desarrolla de manera simplificada los mecanismos que se plantearon.

1) Se generó una población de agentes con características heterogénea y aleatoriamente distribuidas. 2) Se simuló un escenario desigual de inicio para analizar la desigualdad entre periodos. 3) Se analizó el efecto en la evolución de las etapas del modelo a través de variar los parámetros iniciales de distribución del ingreso y del parámetro estocástico de ‘suerte’. 4) Se realizó una comparación visual de las salidas de las gráficas de evolución del modelo, así como una tabla comparativa de distintos estadísticos como valor esperado y desviación estándar. 5) Se interpretaron los resultados.

Modelo

Con el objetivo de tener claridad y especificidad, en esta sección se detallará el modelo computacional que se creó desde cero, a través de atender a distintas preguntas puntuales sobre cada uno de los detalles en particular del modelo.

¿Qué tipos de agentes hay?

En términos generales existe solo un tipo de agente, sin embargo cada agente tiene características aleatoriamente distribuidas en rangos acotados según la característica de la que se trate.

¿Qué características tiene cada tipo de agente?

Como se ha mencionado en reiteradas ocasiones, cada agente tiene tres posibles características: 1) Nivel de Racionalidad, 2) Nivel de Consumo y 3) Riqueza. Para el caso de la racionalidad y el consumo, ambos son proporciones, por lo que van de 0 a 1 en el periodo inicial, (ya que existen reglas para que los agentes se desarrollen al avanzar la simulación). Por otra parte, también se simula un valor puntual de riqueza inicial para cada agente, a través de una distribución binomial negativa (ya que es más sencillo generar distribuciones desiguales y concentradas con los parámetros correctos).

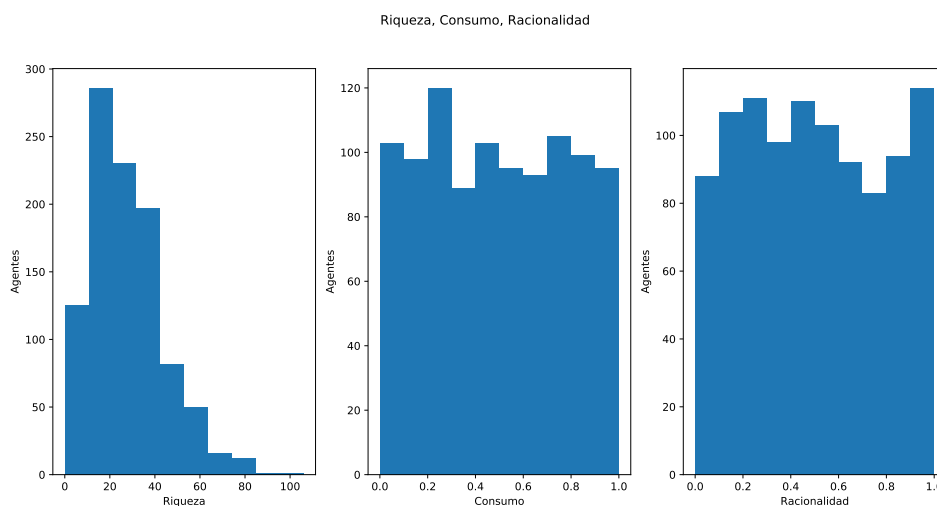


Figura 1: Distribución Inicial de Características de los Agentes

¿Qué conductas tiene cada tipo de agente?

Cada agente tiene conductas particulares que están determinadas por su ‘dotación inicial’ de racionalidad (i.e. inteligencia), de consumo y de riqueza en cada periodo. En general los agentes que tienden a acumular más riqueza también incrementan sus niveles de consumo y viceversa. Además la interacción con la simulación le permite a cada agente a través de un parámetro estocástico, (considerado como ‘suerte’ a nivel de interpretación) evolucionar o desarrollarse en términos de su nivel de racionalidad, la cual puede incrementar o disminuirse en rangos muy acotados entre cada periodo, de este modo se simula un proxy del aprendizaje. Así mismo, cada agente, debe satisfacer su nivel potencialmente cambiante de consumo con su stock de riqueza individual, ya que de no hacerlo el agente morirá. Finalmente, se determinó que los agentes con un mayor más alto de inteligencia (racionalidad) pudieran tener mejor posibilidades de incrementar su ingreso, pero sin sesgar el modelo hacia ello.

¿Cómo se modela en ambiente?

Este modelo en particular no tiene una representación visual del ambiente y los agentes en él, por lo que el ambiente es abstracto y definido únicamente en los términos de las reglas de la simulación, sin embargo, el desarrollo del modelo se ‘mapea’ a través de las gráficas de las características más relevantes de los agentes a lo largo de los periodos de la simulación. A la par de sintetizarse en una métrica macroeconómica muy bien conocida: El PIB.

¿Cómo interactúan los agentes en el ambiente?

En este modelo los agentes no tienen una interacción mutua, únicamente interactúan con el ambiente y reglas de simulación (los cuales son equivalentes), de este modo, con el objetivo de generar una dinámica de aprendizaje y desarrollo de los agentes, se determinaron reglas

para modificar atributos como la racionalidad entre periodos del modelo para cada agente, con el objetivo se emular las experiencias y aprendizajes personales, al mismo tiempo que se suplementa la ausencia de interacción puntual entre agentes individuales. Del mismo modo, la interacción con la simulación modifica atributos como el nivel de consumo, de este modo se recrea el fenómeno humano de relación positiva entre ingreso y gasto.

¿Cuáles son las variables exógenas y cuales son las endógenas?

Como se mencionó con anterioridad, casi todas las variables involucradas en el modelo se determinan y modifican dentro de los límites de la simulación, sin embargo, se puede caracterizar como variable exógena la distribución inicial del ingreso, ya que sus parámetros iniciales son discrecionales y determinados fuera de los límites de la simulación. Además de lo anterior, parámetros como el de ‘suerte’ o probabilidad de adaptación (capturados por la variable inicial *at*) son igualmente exógenos, pues se determinaron de forma discrecional.

El resto de las variables involucradas, que son en esencia las características individuales de los agentes, son determinadas en los límites de la simulación, con un sembrado inicial aleatorio acotado y modificado a partir del desarrollo de la simulación.

¿Cuáles son las variables macro y cuáles las micro?

De forma general se pueden caracterizar las variables micro como las características heterogéneas de cada agente: 1) Nivel de Racionalidad, 2) Nivel de Consumo y 3) Riqueza.

Las cuales, en conjunto con un componente complejo de interacción social, dan forma a un comportamiento macro que es caracterizado por el equivalente al PIB dentro del modelo. El cual se determina a través de la suma de las riquezas individuales de los agentes en cada periodo.

¿Qué variables son homogéneas y cuáles son heterogéneas?

Como se mencionó anteriormente, las variables tres que son consideradas como características individuales de cada uno de los agentes simulados están distribuidas de manera puramente heterogénea.

Por otro lado, las variables homogéneas son los parámetros iniciales de generación de riqueza, ya que son comunes para todos los agentes de la simulación, además de ser constantes pues una vez que se determinó el nivel inicial, el resto de las interacciones son determinadas por las reglas de la simulación.

¿Cuál es el algoritmo del modelo?

En síntesis, el algoritmo del modelo puede describirse por medio de la siguiente secuencia de pasos:

1. Se crean los arreglos, del tamaño de la población por el número de periodos, para cada argumento, Racionalidad, Riqueza, Consumo y suerte, y se llena de ceros.

2. Después se llena el primer periodo, con sus respectivas naturalezas de variables, es decir: a. Racionalidad: Numero aleatorio entre 0 y 1 b. Riqueza: Numero aleatorio de una distribución binomial negativa c. Consumo: Numero aleatorio entre 0 y 1 d. Suerte: Numero aleatorio entre 0 y 1

3. De la misma manera como se lleno el periodo 1 se llenan los siguientes periodos con las siguientes formulas: a. Suerte del periodo: Numero aleatorio entre 0 y 1 b. $Riqueza(t) = riqueza(t-1) * (1 + Racionalidad(t-1) + Consumo(t-1))$ c. $Racionalidad(t) = Racionalidad(t-1) * 1.01$ d. Racionalidad'suerte es Solo los que su suerte es mayor que el parametro de suerte: $Racionalidad * Suerte(t) = Racionalidad(t-1) * suerte * (1 + Consumo * suerte(t))$ e. $Consumo(t) = Consumo(t-1) * (1 + [Riqueza(t)/Riqueza(t-1)] - 1)$ f. Asi mismo se checa si algun agente murio, es decir si su nivel de riqueza quedo por debajo de 1.

4. Siguiendo con el codigo se grafica cada agente atraves del tiempo, graficando su racionalidad, riqueza, consumo.

5. Asi mismo se extraen los periodos de los arreglos completos y se grafican histogramas de las variables pero por periodo

6. De igual forma se crean arreglos como: a. PIB = Suma de toda la riqueza en un periodo b. Muertes = suma de las muertes por periodo c. Prom'PIB = Promedio de la riqueza d. desv'PIB = Desviacion estandar de la riqueza e. Prom'rac = Promedio de la racionalidad f. desv'rac = Desviacion estandar de la racionalidad

7. Una vez creados los arreglos se grafican por periodo

8. Por ultimo de igual forma se crean variaciones de cada variable, la riqueza, consumo y racionalidad de cada agente por periodo

Análisis

Una vez que ha quedado asentado el contexto y los detalles relativos al diseño del modelo, en la presente sección se comentará el análisis de la evolución del modelo a través de distintas etapas, además de una breve interpretación de los resultados, además comentará cómo se vinculan estos resultados con los datos la vida real, concretamente en los últimos datos de la distribución del ingreso en México.

Evolución del Modelo

Como puede observarse en la Figura 2, se puede observar la evolución de la riqueza, racionalidad y consumo de los 1000 agentes simulados, a pesar de la agrupación de las 1000 líneas correspondientes a cada agente, es posible observar la evolución de la riqueza, y por lo tanto de la desigualdad, es de resaltar el hecho de que existan relativamente pocas trayectorias de riqueza que conllevaran a una acumulación notablemente mayor de riqueza. Además, para hacer más evidente la existencia de agentes que fallecen debido a las reglas que se determinaron y detallaron anteriormente, se equivalen los niveles de racionalidad y consumo en niveles de -1, en conjunción con el nivel de riqueza el cual llega a ser cero para estos agentes.

Además, dado el parámetro inicial de 'at' en la simulación, el cual representa una probabilidad de desarrollo y adaptación de los agentes entre los distintos periodos, vemos que existen cambios notables en el nivel de consumo de los agentes, así como en su aprendizaje o 'racionalidad'.

Dichos cambios se concentran en las tablas 7 y 8 donde se ve la evolución del promedio y desviación estándar, tanto del PIB (Que es la suma de las riquezas de todos los agentes por etapa) como de los niveles de racionalidad. Esto posibilita la comparación entre periodos.

Adicional a lo anterior, se anexa en la Figura 4 que representa las distribuciones de riqueza, racionalidad y consumo en la última etapa del modelo, la cual considera a los agentes fallecidos, de ahí los valores negativos. Es válido mencionar que se decidió representar a los agentes que fallecieron con valores negativos con el objetivo práctico de diferenciar con mayor claridad a los agentes que fallecieron en la simulación. Con ese Objetivo se anexa la Figura 5, donde se puede analizar la cantidad de agentes que fallecen dadas las reglas establecidas. Se comenta que el hecho de que los agentes fallezcan está fuertemente influenciado por los parámetros iniciales de ‘suerte’ que se seleccionen, así como la distribución de la riqueza, pues en una variedad de escenarios modelados con altos niveles del parámetro ‘at’, no existían muertes de agentes, debido a que se adaptaban con mayor facilidad.

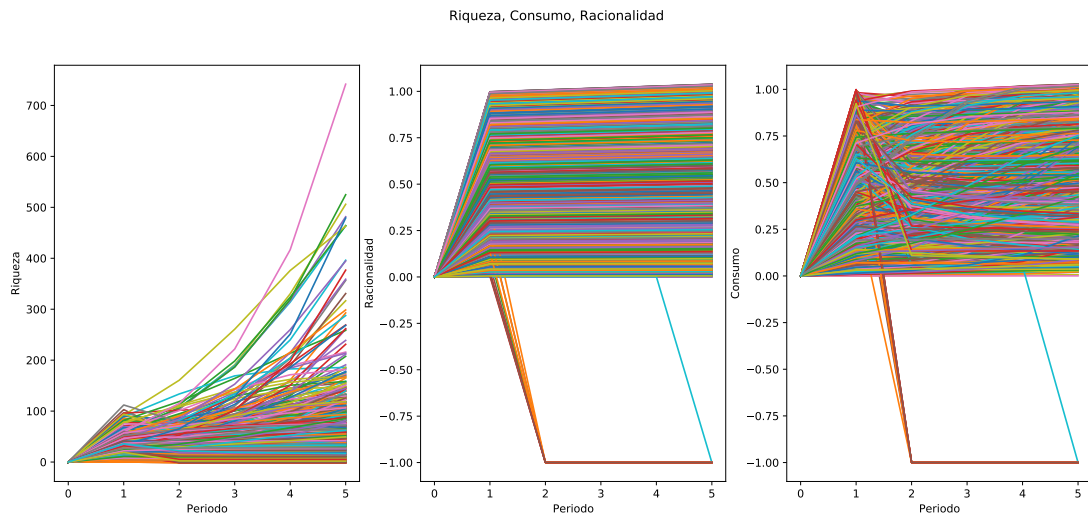


Figura 2: Evolución de los agentes

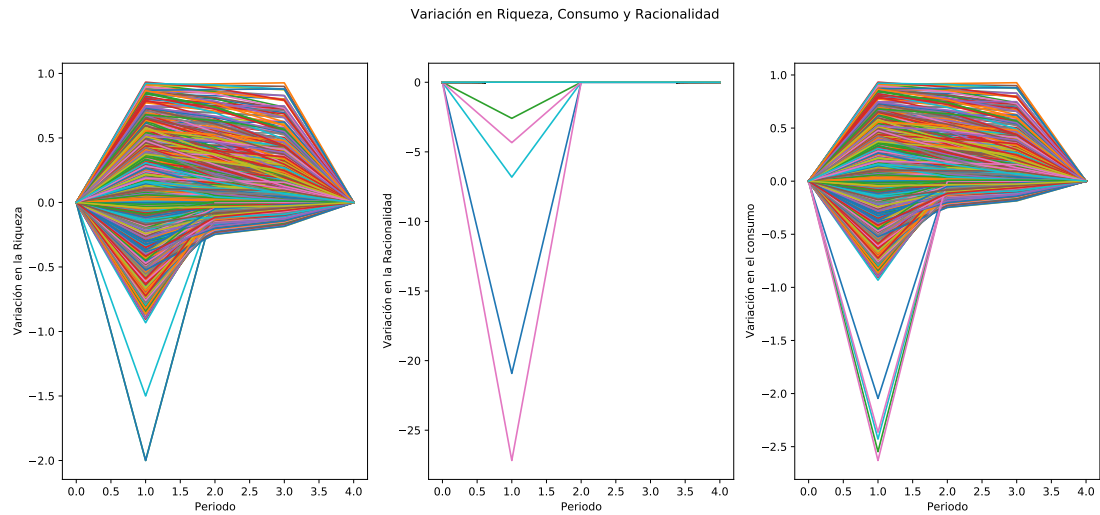


Figura 3: Variación en las características de los agentes, por etapa

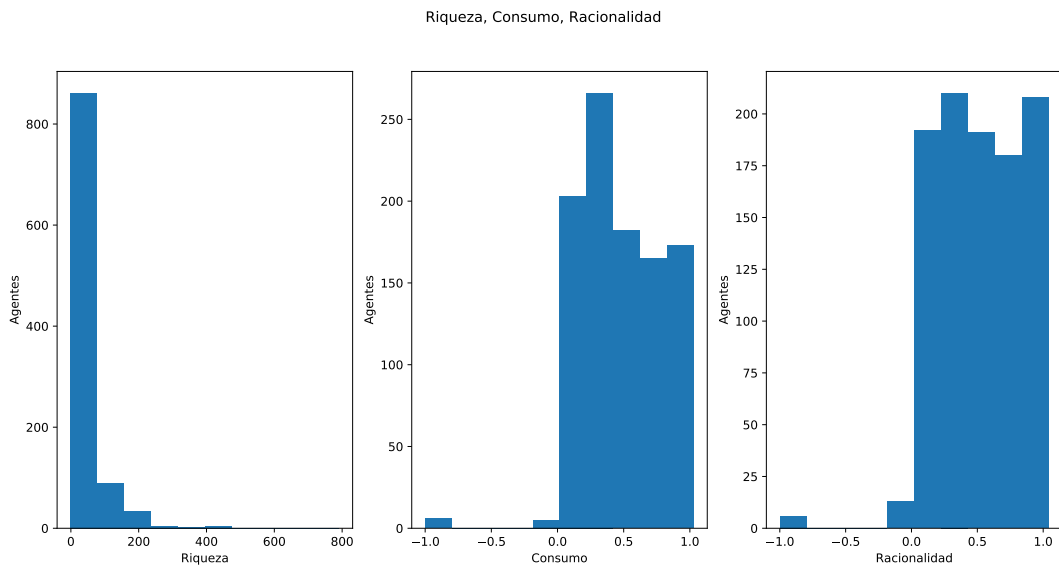


Figura 4: Distribución de las características de los agentes luego de n periodos

Número de muertes

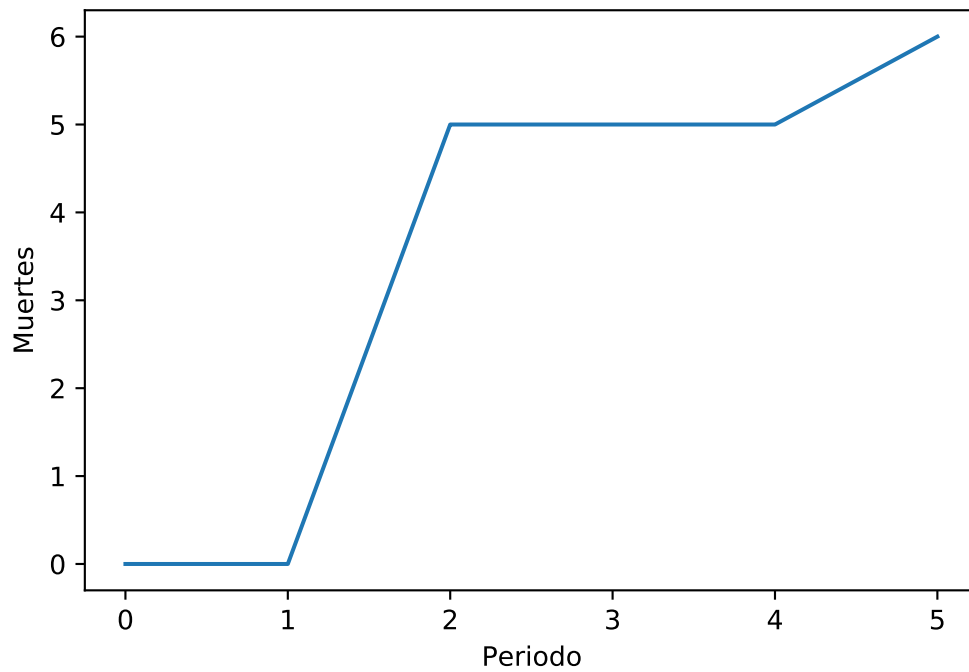


Figura 5: Número de Agentes que fallecen, por etapa

Interpretación de los resultados

Evolución del PIB

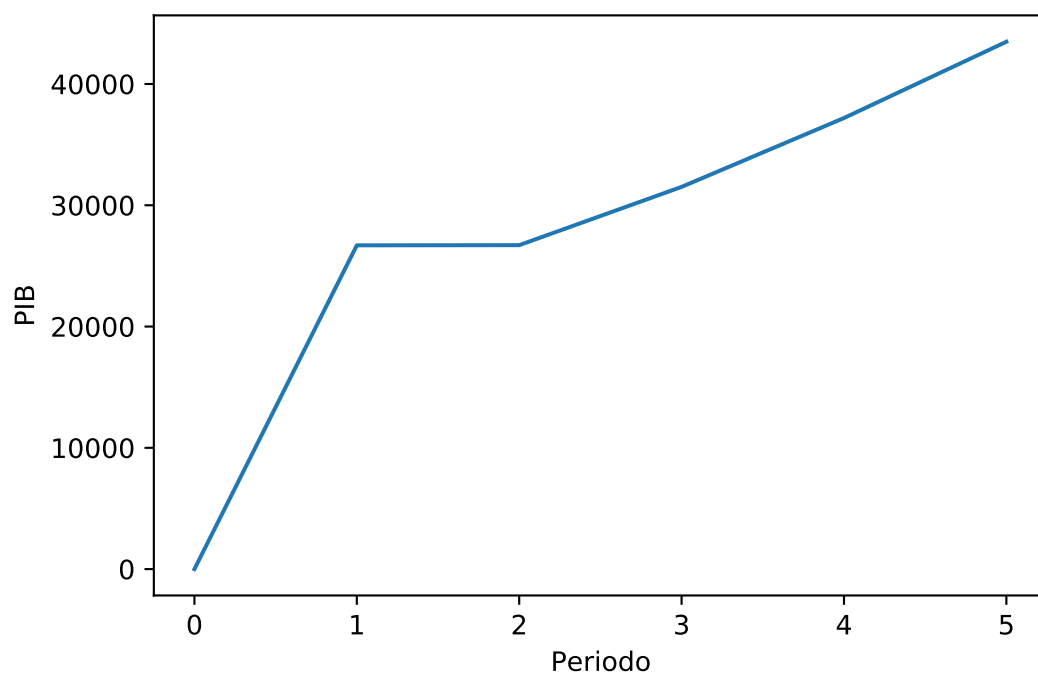


Figura 6: Evolución del PIB en el Modelo

Etapas	Promedio Racionalidad	Promedio PIB
1	0	0
2	0.499235	27.709
3	0.499812	27.659373
4	0.502577	32.204741
5	0.507663	37.48963
6	0.511619	43.059998

Figura 7: Tabla Descriptiva: Promedios PIB y Racionalidad

Etapas	Desviación Estándar Racionalidad	Desviación Estándar PIB
1	0	0
2	0.292002	17.432163
3	0.308762	21.853134
4	0.318393	30.184096
5	0.321295	41.407799
6	0.327567	55.633678

Figura 8: Tabla Descriptiva: Desviación Estándar PIB y Racionalidad

Vínculo de los resultados con el mundo real

Con el objetivo de hacer más fácil la comparación de los resultados simulados con los observados en el mundo real se incluye la figura 9, donde se aprecia que, al menos en México, existe una fuerte desigualdad en la distribución de ingreso, si bien no es posible establecer relación con otras variables del modelo, con los datos de la vida real, es interesante resaltar cómo la distribución de ingresos (si se ordenara por quintiles) no diferirían demasiado. Además, es de apreciarse que en la Figura 6, pese a que en el modelo en general existe desigualdad, también existe crecimiento económico, por lo que es de resaltar que las métricas de crecimiento económico no son necesariamente representativas de la distribución del ingreso.

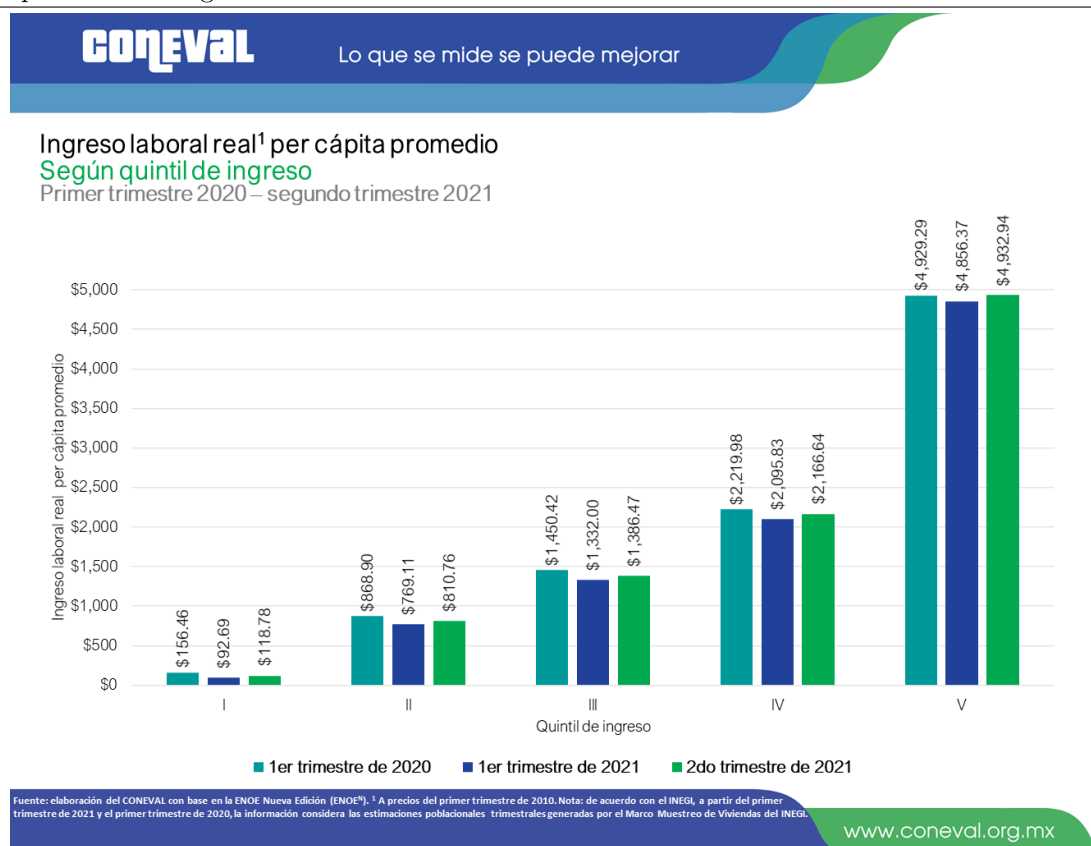


Figura 9: Ingreso Laboral Real Per Cápita - México 2021: Fuente CONEVAL(2021)

Conclusiones

Resumen del artículo

El presente documento presenta un enfoque alternativo en el estudio de la distribución de la riqueza así como las factores asociados a ella, así pues, por medio de un modelo basado en agentes. El modelo básicamente replica una parte del fenómeno de distribución desigual de la riqueza total de la sociedad a través de un conjunto simple de reglas que determinan si los agentes incrementan su nivel de riqueza o la disminuyen. Esto, en conjunto con otras reglas de desarrollo de los agentes, nos permite modelar cómo evolucionan mecanismos como la concentración de la riqueza en una sociedad donde todos los individuos son distintos pero donde cada uno parte de una distribución de ingreso desigual (como en la vida real), esto en conjunción con la variación de ciertos parámetros iniciales nos permite entender qué factores influyen más en la desigualdad de distribución de la riqueza. De esta forma se logra encontrar evidencia para afirmar que:

1) La desigualdad en la distribución de la riqueza entre agentes tiende a incrementar pese a la distribución heterogénea de las características que influyen en la acumulación de riqueza. Sin embargo esto es sensible a las condiciones iniciales de simulación, no obstante, bajo ninguno de los posibles escenarios se llega a una situación sin desigualdad.

2) Puede concluirse que a pesar de la distribución desigual de la riqueza, existe un notorio crecimiento económico en la sociedad simulada, esto medido por la métrica de

PIB que se calculó.

3) Existe evidencia de que el parámetro de probabilidad de adaptación o ‘suerte’ es un factor sumamente relevante en la determinación de la inequidad en la distribución de la riqueza así como en la existencia de agentes que fallecen.

Finalmente, los resultados de este modelo sugieren que la desigualdad es un fenómeno inherente al funcionamiento del sistema económico, aún en uno simplificado, por ello las implicaciones de propuestas de modelación como la presente o alguna otra alternativa que aborde la misma problemática, no son para nada despreciables, pues los mecanismos de simulación nos ayudan a entender y demostrar que, si fenómenos como la desigualdad social son intrínsecos al desarrollo económico, este debe estar acompañado de políticas públicas extensivas que se propongan atacar tanto los factores sociales como los factores sistémicos de este tipo de fenómenos.

Posibles mejoras

En el reconocimiento y análisis de las áreas de oportunidad de nuestro modelo detectamos muchas mejoras posibles y reimplementaciones para estudiar fenómenos en conjunto, sin embargo, queremos destacar las siguientes:

1) Implementación de un ambiente visual (como las retículas de los autómatas celulares) para analizar interacciones en tiempo real. 2) Variación de los métodos de generación de la distribución de ingreso para evaluar su impacto en las conclusiones a las que se llegan con el modelo. 3) Desarrollo de reglas de interacción mucho más extensivas entre los agentes con el objetivo de posibilitar comportamientos emergentes más evidentes.

Reflexión conjunta

Luego de la realización del presente proyecto, el cual representa una inversión considerable en investigación, lectura y prueba y error, podemos concluir que los aprendizajes que obtuvimos en términos del entendimiento y simplificación de una mecánica social compleja para posteriormente poder modelarla por medio de simulación computacional, es de lejos uno de los procesos más enriquecedores que hemos experimentado como estudiantes de la disciplina. Sin embargo, inicialmente, creímos haber generado expectativas y metas demasiado optimistas en cuanto a la creación e implementación de un modelo original que tuviera consistencia y sentido en términos económicos y empíricos, no obstante, el reto que ello representó, de la mano de las técnicas y práctica adquirida durante el curso, resultaron compatibilizarse de modo tal que logramos superar exitosamente el reto impuesto.

Referencias

- [Axelrod(2006)] Robert Axelrod. Chapter 33 agent-based modeling as a bridge between disciplines. volume 2 of *Handbook of Computational Economics*, pages 1565–1584. Elsevier, 2006. doi: [https://doi.org/10.1016/S1574-0021\(05\)02033-2](https://doi.org/10.1016/S1574-0021(05)02033-2). URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574002105020332>.
- [Axtell(2000)] Robert Axtell. Why agents? on the varied motivations for agent computing in the social sciences. 12 2000.
- [Castañeda(2020)] Gonzalo Castañeda. *The Paradigm of Social Complexity: An Alternative Way of Understanding Societies and their Economies Praise for the book*. 09 2020. ISBN 978-607-8036-53-0.
- [CONEVAL(2021)] CONEVAL. *Medición de la Pobreza - Segundo Trimestre de 2021*. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), 2021. URL https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/ITLP-IS_resultados_anivel_nacional.aspx.
- [Epstein(2006)] Joshua Epstein. Chapter 34 remarks on the foundations of agent-based generative social science. *Handbook of Computational Economics*, 2:1585–1604, 12 2006. doi: 10.1016/S1574-0021(05)02034-4.
- [Epstein and Axtell(1996)] Joshua Epstein and Robert Axtell. Growing artificial societies: Social science from the bottom up. 1, 1996. URL <https://EconPapers.repec.org/RePEc:mtp:titles:0262550253>.
- [Hagenaars(1986)] Aldi J.M. Hagenaars. Chapter 3 - determinants of income. In *The Perception of Poverty*, volume 156 of *Contributions to Economic Analysis*, pages 67–85. Elsevier, 1986. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-87898-4.50010-X>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978044487898450010X>.
- [Mincer(1958)] Jacob Mincer. Investment in human capital and personal income distribution. *Journal of Political Economy*, 66(4):281–302, 1958. ISSN 00223808, 1537534X. URL <http://www.jstor.org/stable/1827422>.
- [Mroz(1987)] Thomas A. Mroz. The sensitivity of an empirical model of married women’s hours of work to economic and statistical assumptions. *Econometrica*, 55(4):765–799, 1987. ISSN 00129682, 14680262. URL <http://www.jstor.org/stable/1911029>.
- [Nigel and Klaus(2005)] Gilbert Nigel and Troitzsch Klaus. Simulation for the social scientist. *Open University Press*, 2, 01 2005. doi: 10.5565/rev/papers/v80n0.1837.

Anexo: Repositorio del Código del Modelo

<https://github.com/LuisManuelEspinoza/ABM>