

# Modelo de consumidores y bancos en un entorno con dos regiones con diferentes niveles de desigualdad económica

Alejandro Blasco & Roberto Mendoza

Mayo 27, 2018

## Abstract

En el presente artículo se presenta un modelo ABM con consumidores y bancos heterogéneos que interactúan en un espacio discreto con diferencias en desigualdad. Se realizan diversas simulaciones enfocándose en variaciones de parámetros relacionadas con la desigualdad en ingreso y cuotas de consumo. Los resultados del modelo muestran que ante variaciones en los parámetros que modelan la desigualdad es posible encontrar como se incrementa la densidad poblacional en zonas urbanas, se pierde la situación de equilibrio de los bancos y se modifican las proporciones en los tipos de bancos.

## Introducción

Un fenómeno social recurrentemente observado y el cual es estudiado de una manera amplia, especialmente por la economía, son las decisiones de consumo de los hogares a lo largo del tiempo. Usualmente, los modelos tradicionales buscan responder la interrogante ¿cómo estos agentes económicos toman decisiones de consumo que maximizan su utilidad? Esta pregunta se ha analizado en una gran variedad de contextos que incluyen economías con presencia de gobierno, con bienes públicos, con sistemas financieros, etc. Esta pregunta tampoco ha quedado exenta al análisis a través del enfoque de los modelos basados en agentes (ABM de aquí en adelante); sin embargo, al utilizar esta técnica de modelación, son pocos los autores que incluyen en su análisis la interacción que existe con otro tipo de agentes.

El presente trabajo pretende estudiar de una manera más explícita la interacción entre consumidores que desean cumplir con una cuota de consumo y bancos que deciden su localización en el mundo. Todo esto bajo un marco en el cual el mundo está conformado por ciudades con distintas distribuciones de riqueza.

Este trabajo está organizado de la siguiente manera: En la Sección 1 se realiza una breve revisión de la literatura tanto de referencias con enfoques tradicionales como con ABM. En la Sección 2 se describe el modelo *teórico* bajo el cual se trabaja. En la Sección 3 se presentan los resultados de las simulaciones. En la sección 4 se concluye.

## 1 Revisión de la literatura

### 1.1 Las decisiones de los consumidores

La literatura relacionada con decisiones de consumo con agentes heterogéneos es amplia y usualmente tiene dos clases de motivaciones: (i) entender fenómenos distributivos, y (ii) entender el papel de la heterogeneidad de los agentes en los fenómenos sociales en agregado.

Uno de los primeros trabajos en esta literatura es el de Gorman (1961), quien concluye que un concepto clave para realizar la agregación de agentes heterogéneos es que la propensión marginal a consumir (PMC) sea constante. Otros artículos en este grupo de literatura incluyen los resultados de Rubinstein (1974) y Constantinides (1982), quienes extienden el resultado de Gorman cuando se incluye un horizonte dinámico y riesgo. Estos dos autores encuentran las condiciones bajo las cuales hablar de agregación es posible y, para ambos resultados, la PMC constante tiene un papel central.

Asimismo, tratando de responder las preguntas relacionadas con la primera clase de motivación, existen modelos que han intentado explicar a qué se debe la desigualdad entre agentes. Un enfoque muy recurrido es el de agentes heterogéneos. Un artículo muy relacionado con el presente trabajo es el de Iacoviello (2008), en donde se emplea un modelo que incorpora agentes heterogéneos que enfrentan impactos externos y pueden incurrir en deuda para tratar de entender el comportamiento de la desigualdad y la deuda en los Estados Unidos durante la segunda mitad del siglo XX.

Por otro lado, existen distintos ABM que analizan las decisiones de consumo con agentes heterogéneos en ingreso. Para el presente trabajo, se considera de suma importancia mencionar específicamente la referencia obligada de Epstein & Axtell (1996) conocida como *Sugarscape*. En éste, los autores simulan una sociedad nómada dedicada a la recolección y explotación de recursos para sobrevivir. Este modelo es considerado uno de los más complejos acerca de sociedades artificiales ya que involucra decisiones como consumo, búsqueda de pareja, sustento de hijos, intercambio comercial, migración, muerte, contaminación, etc.

## 1.2 Las decisiones de los bancos

El segundo tipo de literatura consultada se encuentra enfocada en las decisiones que toman las instituciones bancarias. Si bien éstas son múltiples y existe una literatura abundante en el tema, el presente trabajo se concentró en una decisión muy particular: la ubicación de los bancos.

Partiendo del artículo fundamental de 1929 sobre competencia en localización de Hotelling (1990), se tienen diversos artículos que han realizado extensiones al modelo original. Una de estas extensiones es la de Okabe & Suzuki (1987), donde se analiza la competencia en localización en un espacio bidimensional. Los autores encuentran que, en presencia de un gran número de empresas, las decisiones de ubicación son estables en el área interna del espacio. Asimismo, los autores mencionan que las decisiones tomadas bajo competencia resultan muy similares a las decisiones socialmente óptimas y que el modelo contradice lo encontrado por la versión original del modelo en lo que respecta al número de empresas.

El presente trabajo incluye un nivel de complejidad adicional al introducir el elemento de ciudades. Serra & ReVelle (1994) realizan un modelo de competencia oligopólica en localización en un espacio discreto y proponen una técnica de solución. La principal relevancia del modelo es que establece tres supuestos de este tipo de competencia: (1) el producto vendido es homogéneo, (2) los agentes basan su decisión de compra en la ubicación y no en el precio de la empresa, y (3) se consideran los mismos costos de producción para todas las empresas. Es importante observar cómo para el caso de los bancos que se presentará en este trabajo estos tres supuestos se rompen.

Finalmente, nos referiremos a dos ABM relacionados con las decisiones de los bancos. El primero de ellos es el de Chao et. al (2009), en el cual se recrea el modelo de Hotelling para un espacio bidimensional. Los autores concluyen que es posible encontrar un equilibrio en el modelo, incluso en presencia de más de 2 empresas. Por su lado, Baradi (2007) presenta un ABM en el cual existen bancos y hogares heterogéneos que interactúan entre sí para estudiar el multiplicador monetario. El autor concluye subrayando la importancia que tiene la heterogeneidad de las características de

los bancos para el estado en el que resulta la economía.

## 2 Modelo

### 2.1 Agentes y espacio

El modelo del presente trabajo está basado en un espacio continuo que representa el mundo y uno discreto (*grid*) que representa las diferentes ciudades que representan el mundo en el que dos tipos de agentes interactúan entre sí: consumidores y bancos. En (a) de la figura 1 se muestra una visualización de un mundo de 9 ciudades.

Los consumidores reciben periodo a periodo un ingreso y deben enfrentar una cuota de consumo al final del periodo. Si no logran cumplir con ella mueren, pero es posible que recurran a bancos que se encuentren en su ciudad para solicitar un préstamo. Asimismo, si tienen dinero sobrante pueden invertir el dinero en los bancos y obtener un retorno. Tanto los pagos de los préstamos obtenidos como las inversiones realizadas siempre se pagan (hasta donde sea posible) el siguiente periodo. En (b) de la figura 1 se muestra una visualización de 10 consumidores.

Los bancos, por su lado, cada periodo deben otorgar préstamos de quienes cumplen con sus condiciones de historial crediticio y recibir las inversiones de los consumidores con dinero sobrante que se encuentren en la misma ciudad. Asimismo, deben cobrar los préstamos otorgados y pagar las inversiones realizadas en periodos anteriores. Cuando un banco no se encuentra contento con el desempeño que ha tenido (ya sea en préstamos o en inversiones) debe decidir una nueva ubicación. En (c) de la figura 1 se muestra una visualización de 3 bancos.

Finalmente en (d) de la figura 1 podemos ver cómo se vería un mundo completo, con consumidores y bancos.

### 2.2 Formalización del modelo

Existe un mundo de un tamaño  $K \times K$  ciudades en donde se encuentran  $N$  consumidores y  $M$  bancos. Cada ciudad del mundo tiene una probabilidad  $p = 0.5$  de ser *rural* y una probabilidad  $1 - p$  de ser *urbana*. En  $t = 0$  cada consumidor recibe un *ingreso inicial* y una *cuota de consumo inicial* que depende de la ciudad en donde nace, esto puede apreciarse mejor en las siguientes ecuaciones

$$\hat{Y}^i \sim D(\lambda_1^j, \lambda_2^j, \lambda_3^j), j \in \{r, u\} \quad (1)$$

$$\hat{C}^i = \gamma^j \hat{Y}^i, j \in \{r, u\} \quad (2)$$

donde  $\hat{Y}^i$  es el ingreso inicial del consumidor  $i$  que sale de una distribución Dagum que depende de tres parámetros, los cuales dependen de si la zona es rural ( $r$ ) o urbana ( $u$ ), y  $\hat{C}^i$  es la cuota de consumo inicial del consumidor  $i$  que depende de una proporción  $\gamma^j$  del ingreso inicial. Esta proporción también depende de si el consumidor nace en una zona rural o urbana.

En cada periodo  $t=1, \dots$  los consumidores reciben un ingreso y una cuota de consumo. El ingreso se obtiene de la siguiente manera  $Y_t^i \sim N(\hat{Y}^i, \sigma_y)$ , con  $\sigma_y$  siendo la desviación estándar del ingreso. La cuota de consumo se obtiene de la siguiente manera  $C_t^i \sim N(\hat{C}^i, \sigma_c^j)$  con  $\sigma_c^j, j \in \{r, u\}$  igual a la desviación estándar del consumo, la cual depende de si la ciudad es rural o urbana. Con ello los consumidores calculan su dinero disponible  $M_t^i = Y_t^i + M_{t-1}^i + F_t^i$ , donde  $M_0^i = 0$  para todo  $i$  y  $F_t^i$  es el estatus financiero del consumidor.

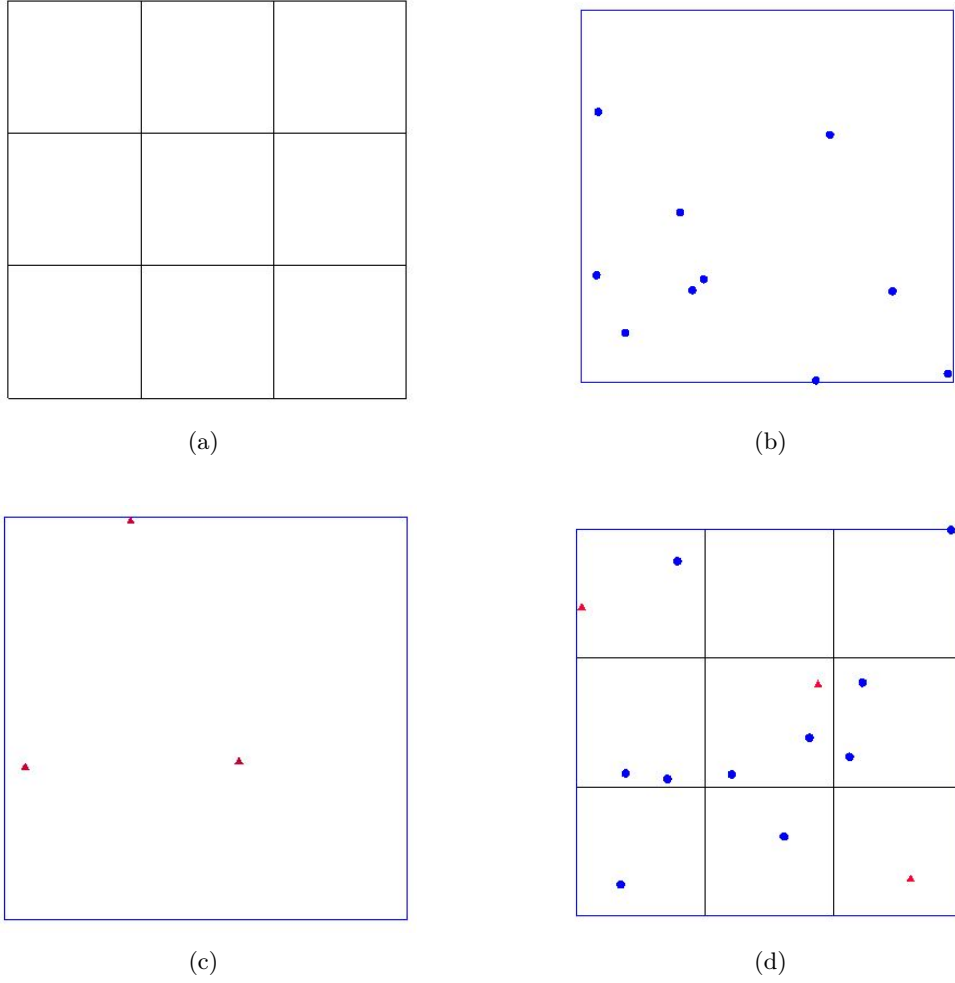


Figure 1: Visualización del ABM

Para calcular su estatus financiero, los consumidores pagan sus deudas si son deudores del periodo anterior  $D_{t-1}^i$  siguiendo la regla  $F_t^i = -\text{Min}\{F_{t-1}^i, M_t^i\}$ . En caso de que los consumidores hayan realizado una inversión en el periodo anterior  $I_{t-1}^i$  el estatus financiero se determina con la regla  $F_t^i = \text{Min}\{F_{t-1}^i, K_t^j\}$  donde  $K_t^j$  es el capital del banco  $j$  del momento actual. Una vez calculado el dinero disponible  $F_t^i$  pasa a ser igual a cero.

Una vez que calcula su dinero disponible, el consumidor debe decidir su deuda actual y su inversión actual. Un consumidor desea endeudarse si  $Y_t^i \leq C_t^i$  y puede hacerlo si tiene hay un banco en su ciudad que requiera un historial crediticio mínimo menor o igual al puntaje crediticio del consumidor. Si estas condiciones se cumplen, su deuda se calcula como  $D_t^i = \text{Min}\{C_t^i - Y_t^i + 0.1(x), K_t^j\}$ , con  $x \sim U(0, C_t^i - Y_t^i)$ . En caso de que el consumidor tenga  $Y_t^i > C_t^i$ , este querrá invertir en un banco y podrá hacerlo si hay un banco en su ciudad. Si se cumplen las condiciones de inversión, la inversión de un consumidor es  $I_t^i = Y_t^i - C_t^i - x$ , con  $x \sim U(0, Y_t^i - C_t^i)$ .

Posterior a esto, se calcula el nuevo estatus financiero de acuerdo a la siguiente lógica  $F_t^i = -(1 + r_a^j)D_t^i$  si se trata de un deudor y  $F_t^i = (1 + r_a^j)I_t^i$  si es un inversionista. Aquí  $r_a^j$  y  $r_a^j$  son respectivamente la tasa activa y la tasa pasiva del banco  $j$  con el que se realiza una relación. Finalmente, se calcula de nuevo el ingreso disponible considerando las deudas y las inversiones, y si es menor a la cuota de consumo el consumidor muere y es reemplazado por otro.

Por otro lado, los bancos nacen en  $t = 0$  en alguna ciudad y con la misma probabilidad se les asigna uno de dos tipos. Los bancos de tipo I son aquellos que tienen una tasa activa  $r_a^j \sim U(0, 1)$

y únicamente prestan a personas con puntajes crediticios mayores a 5. Los bancos de tipo II son tienen una tasa activa  $r_a^j \sim U(0.5, 1)$  y tienen exigencias crediticias de puntajes que van de 0 a 5. Cada banco obtiene un capital  $K_0^j = R_t^j$ , donde  $R_t^j = \rho * x$  con  $x \sim U(0.5, 2)$  donde  $R_t^j$  es su reserva y  $\rho$  es el parámetro de la reserva del banco promedio.

En una primer etapa los bancos cobran lo que les deben y pagar lo que deben, para ello utilizan las reglas de los estatus financieros de los consumidores. Posteriormente, el banco  $j$  observa su capital  $K_t^j$  y lo compara con la su reserva  $R_t^j$ , si  $K_t^j > (1 + \nu)R_t^j$  el banco decide moverse a una zona menos poblada porque sospecha que será rural, y si  $K_t^j > (1 - \nu)R_t^j$  decide moverse a una zona más poblada porque busca inversionistas y considera que es más probable que una zona urbana sea tenga mayor densidad poblacional. Aquí  $\nu$  representa el umbral de comportamiento de los bancos. Asimismo, en caso de ser necesario el banco ajusta su tasa pasiva si está por debajo del 90% de su reserva. Si un banco no puede pagar a todos sus inversionistas, este cierra y es reemplazado.

En una segunda etapa el banco recibe inversiones de aquellos consumidores que se encuentran en su ciudad, recalculando su capital con  $K_t^j = K_t^j + I_t^i$  y presta hasta donde le permite su capital siguiendo la regla  $K_t^j = K_t^j - D_t^i$ .

### 3 Resultados

La tabla 1 contiene los parámetros que se contiene el presente modelo, y la tabla 2 presenta un resumen de los resultados de las 6 simulaciones realizadas. Además se presentan los diferentes resultados del modelo en paneles de 3 imágenes ante movimientos particulares en cierto conjunto de parámetros. Para todas las simulaciones los parámetros comunes fueron  $K = 4$ ,  $M = 50$ ,  $N = 500$ ,  $\rho = 20,000$  y se corrieron 50 ticks. Cada panel incluye el mundo al originarse, el mundo al final de la simulación, y las proporciones de reglas crediticias de los bancos.

Table 1: Parámetros del Modelo

Parámetro	Descripción
$\sigma_c^r$	Desviación estándar del consumo en la zona rural
$\sigma_c^u$	Desviación estándar del consumo en la zona urbana
$\sigma_y$	Desviación estándar del ingreso
$\gamma^r$	Parte del ingreso destinado al consumo en la zona rural
$\gamma^u$	Parte del ingreso destinado al consumo en la zona urbana
$M$	Número de bancos
$N$	Número de consumidores
$K$	Tamaño del mundo
$\rho$	Reserva mínima de los bancos de tamaño promedio
$\nu$	Umbral de tolerancia de los bancos

A continuación mostramos la primera simulación, la cual servirá como *benchmark* para los distintos cambios en parámetros. Los parámetros elegidos representan lo que llamaremos el *mundo estándar*. Aquí es posible observar como las zonas urbanas se encuentran más pobladas y cómo los bancos se encuentran principalmente en las zonas urbanas.

La segunda simulación se caracteriza por un cambio en los parámetros de las proporciones de ingreso inicial y cuota de consumo inicial. Se podría decir que se trata de un mundo donde las personas de las zonas rurales deben vivir prácticamente al día. Aquí es posible observar como las zonas urbanas ahora son más densas en comparación con el *mundo estándar* y cómo si bien es cierto que la proporción de bancos del tipo II (bancos abusivos) ahora es menor aun así prevalecen algunos cuantos en las zonas rurales.

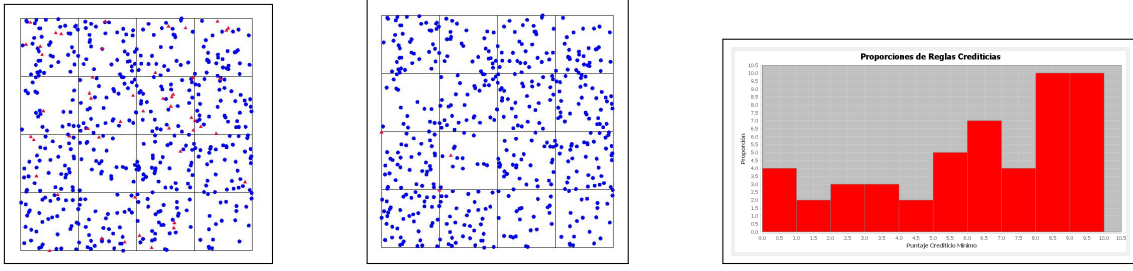


Figure 2: Simulación 1.  $\sigma_c^r = 0.4$ ,  $\sigma_c^u = 0.2$ ,  $\sigma_y = 0.05$ ,  $\gamma^r = 0.7$ ,  $\gamma^u = 0.5$ ,  $\nu = 0.25$

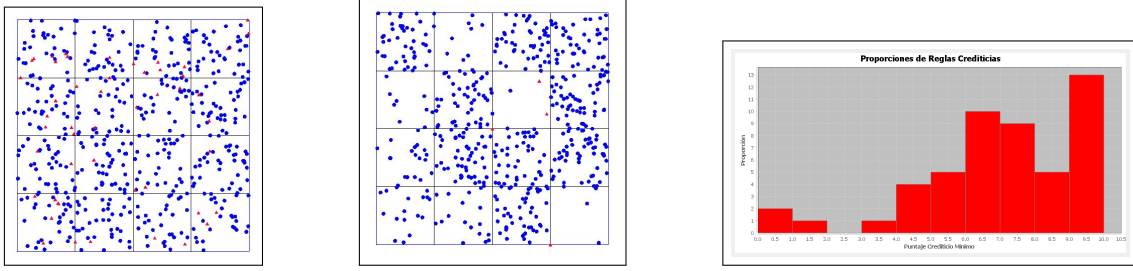


Figure 3: Simulación 2.  $\sigma_c^r = 0.4$ ,  $\sigma_c^u = 0.2$ ,  $\sigma_y = 0.05$ ,  $\gamma^r = 0.9$ ,  $\gamma^u = 0.5$ ,  $\nu = 0.25$

La tercera simulación se caracteriza por un cambio en los parámetros de las desviaciones estándar del consumo. Se trata de un mundo donde la diferencia de la incertidumbre de la cuota de consumo entre zonas rurales y urbanas es menor. Aquí el resultado de concentración en zonas urbanas resulta mucho menos evidente, al igual que la proporción de bancos de capa tipo resulta mucho más equilibrada.

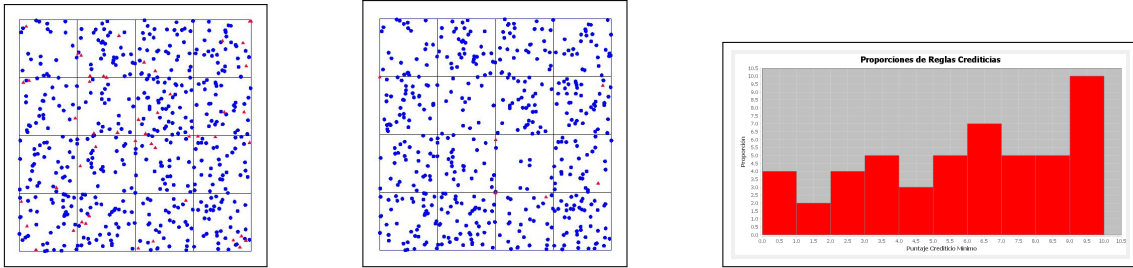


Figure 4: Simulación 3.  $\sigma_c^r = 0.4$ ,  $\sigma_c^u = 0.3$ ,  $\sigma_y = 0.05$ ,  $\gamma^r = 0.7$ ,  $\gamma^u = 0.5$ ,  $\nu = 0.25$

La cuarta simulación, por su parte, también posee cambios en los parámetros de las desviaciones estándar del consumo. Se trata de un mundo donde la diferencia en la incertidumbre de la cuota de consumo entre zonas rurales y urbanas es mucho mayor. Es posible observar como el incremento en la densidad de las zonas urbanas resulta más evidente que en el caso anterior y en el *mundo estándar*, incluso cuando en este caso hay más zonas urbanas. Asimismo, es posible observar como los bancos de segundo tipo se mantienen en una proporción considerable, pero son los bancos de menor exigencia crediticia los que parecen aumentar.

Una quinta simulación en la cuál el cambio fue en la desviación estándar del ingreso refleja una mayor incertidumbre en el ingreso de los consumidores. En este caso se puede observar como la distribución de la densidad poblacional cambia pero tanto en las zonas urbanas como en las rurales. Por su parte, aquí la proporción de bancos de cada tipo resulta más equitativa.

Finalmente se realizó una sexta simulación donde el cambio fue en la sensibilidad a cambios en las reservas de los bancos, lo que implica que los bancos optan por moverse con mayor facilidad. En este caso sigue siendo un tanto equilibrada la proporción entre tipo de banco.

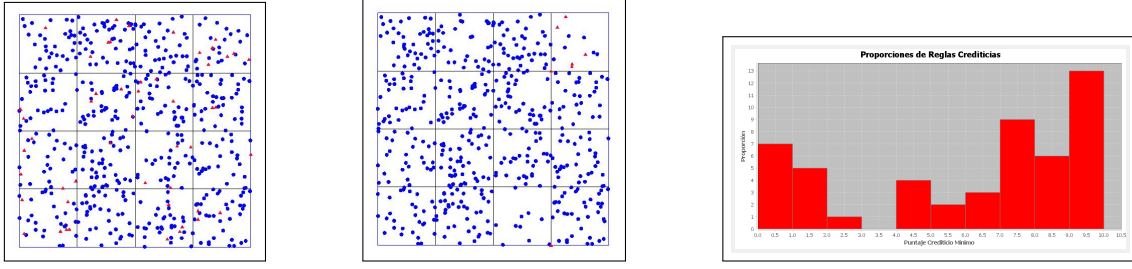


Figure 5: Simulación 4.  $\sigma_c^r = 0.5$ ,  $\sigma_c^u = 0.2$ ,  $\sigma_y = 0.05$ ,  $\gamma^r = 0.7$ ,  $\gamma^u = 0.5$ ,  $\nu = 0.25$

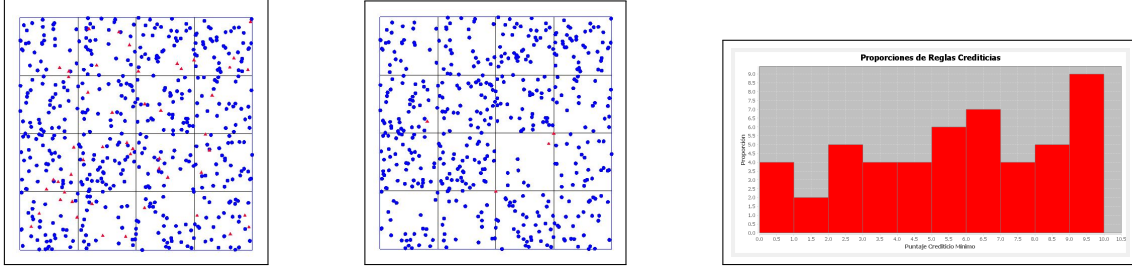


Figure 6: Simulación 5.  $\sigma_c^r = 0.4$ ,  $\sigma_c^u = 0.2$ ,  $\sigma_y = 0.15$ ,  $\gamma^r = 0.7$ ,  $\gamma^u = 0.5$ ,  $\nu = 0.25$

## 4 Conclusiones

El modelo basado en agentes del presente trabajo combina diversos elementos encontrados en la literatura de decisiones bancarias y de consumo, y algunos ya explorados en otros ABM; esto con el objetivo de rescatar cierto realismo y a la par tener un marco teórico con el cual comparar y poder analizar ciertos resultados. Las características principales de este modelo son tres: primero, los consumidores son hasta cierto punto un agente que reacciona a los bancos y al entorno pero no actúa sobre estos. La segunda característica principal permitida es que se permitió que los bancos fuesen heterogéneos y compitieran en localización discreta, en el mundo, y continua, al interior de las ciudades. Por último, se utiliza un mundo continuo para caracterizar el espacio sobre el cual los agentes pueden moverse y un grid para poder dar ciertas diferencias en el entorno a los consumidores.

Este modelo se enfoca en la desigualdad que existe entre los consumidores de distintos tipos de ciudades y cómo alteran (1) las decisiones de movimiento de los bancos, (2) la densidad poblacional y (3) el papel que juega el hecho de que hay más de un tipo de banco (buenos y malos). Las simulaciones presentadas lo que hacen es, a través de diversos cambios en diversos parámetros, ver que ocurre con estos tres elementos ante alteraciones de distintos tipos en la desigualdad. Se encuentran tres resultados ante incrementos en la desigualdad por distintas vías, (i) el equilibrio en las decisiones de localización de los bancos disminuye, (ii) la densidad poblacional en las zonas urbanas se incrementa, y (iii) el efecto en la proporción de los bancos por tipo resulta ambiguo.

La intuición detrás de ello parece ser que si existe una mayor diferencia en las condiciones entre una zona urbana respecto a una rural, existen bancos, seguramente los de tipo II, que encuentran provechoso seguir moviéndose a las zonas rurales, pero eso no significa que se queden estáticas ahí. El segundo resultado puede interpretarse como una explicación muy simplificada de porque las zonas urbanas tienden a gentrificarse o incrementar el movimiento hacia ellas. Finalmente, la proporción de los bancos por tipo parece responder a un efecto más complicado, ya que si bien hay dos tipos de bancos pareciera ser que ante los distintas variaciones realizadas en las simulaciones es posible que los bancos de mucho menor exigencia crediticia prevalezcan. Lo que explicaría porque en este tipo de circunstancias bancos bastante abusivos o malos pueden llegar a encontrar

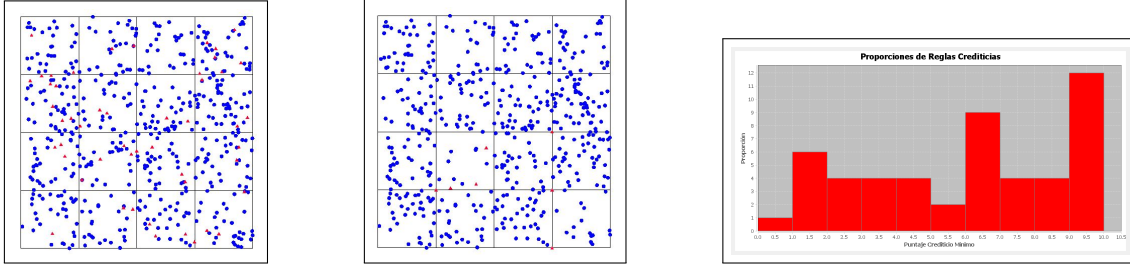


Figure 7: Simulación 6.  $\sigma_c^r = 0.4$ ,  $\sigma_c^u = 0.2$ ,  $\sigma_y = 0.05$ ,  $\gamma^r = 0.7$ ,  $\gamma^u = 0.5$ ,  $\nu = 0.1$

Table 2: Proporción de bancos por tipo por simulación

Simulación	Banco Tipo I	Banco Tipo II
1	28%	72%
2	16%	84%
3	36%	64%
4	34%	66%
5	46%	54%
6	38%	62%

un camino para sobrevivir a través del tiempo.

## Referencias

Berardi, Michele (2007): Beyond the static money multiplier: in search of a dynamic theory of money. *Artificial Markets Modeling*, Vol. 599.

Descargado de [https://mpr.ub.uni-muenchen.de/19287/1/MPRA\\_paper\\_19287.pdf](https://mpr.ub.uni-muenchen.de/19287/1/MPRA_paper_19287.pdf)

Chao, Y., Guo, J., Wang, Q., & Yue, Y. (2009, August). *Agent-based location choice simulation*. In *Geoinformatics, 2009 17th International Conference on* (pp. 1-4). IEEE. Descargado de <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5293061/>

Constantinides, G. M. (1982). Intertemporal asset pricing with heterogeneous consumers and without demand aggregation. *Journal of business*, 253-267. Descargado de <http://www.jstor.org/stable/2352702>

Epstein, J. M., & Axtell, R. (1996). *Growing artificial societies: social science from the bottom up*. Brookings Institution Press.

Gorman, W. M. (1961). On a class of preference fields. *Metroeconomica*, 13(2), 53-56. Descargado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1467-999X.1961.tb00819.x>

Hotelling, H. (1990). Stability in competition. In *The Collected Economics Articles of Harold Hotelling* (pp. 50-63). Springer, New York, NY. Descargado de

Iacoviello, M. (2008). Household debt and income inequality, 1963–2003. *Journal of Money, Credit and Banking*, 40(5), 929-965. Descargado de <http://www.jstor.org/stable/25096287>

Okabe, A., & Suzuki, A. (1987). Stability of spatial competition for a large number of firms on a bounded two-dimensional space. *Environment and Planning A*, 19(8), 1067-1082. Descargado de <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1068/a191067?journalCode=epna>



Rubinstein, M. (1974). An aggregation theorem for securities markets. *Journal of Financial Economics*, 1(3), 225-244. Descargado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304405X74900191>

Serra, D., & ReVelle, C. (1994). *Competitive location in discrete space*. Descargado de <https://repositori.upf.edu/bitstream/handle/10230/20879/96.pdf?sequence=1>

## A Panorama, conceptos de diseño y características del modelo, *ODD*

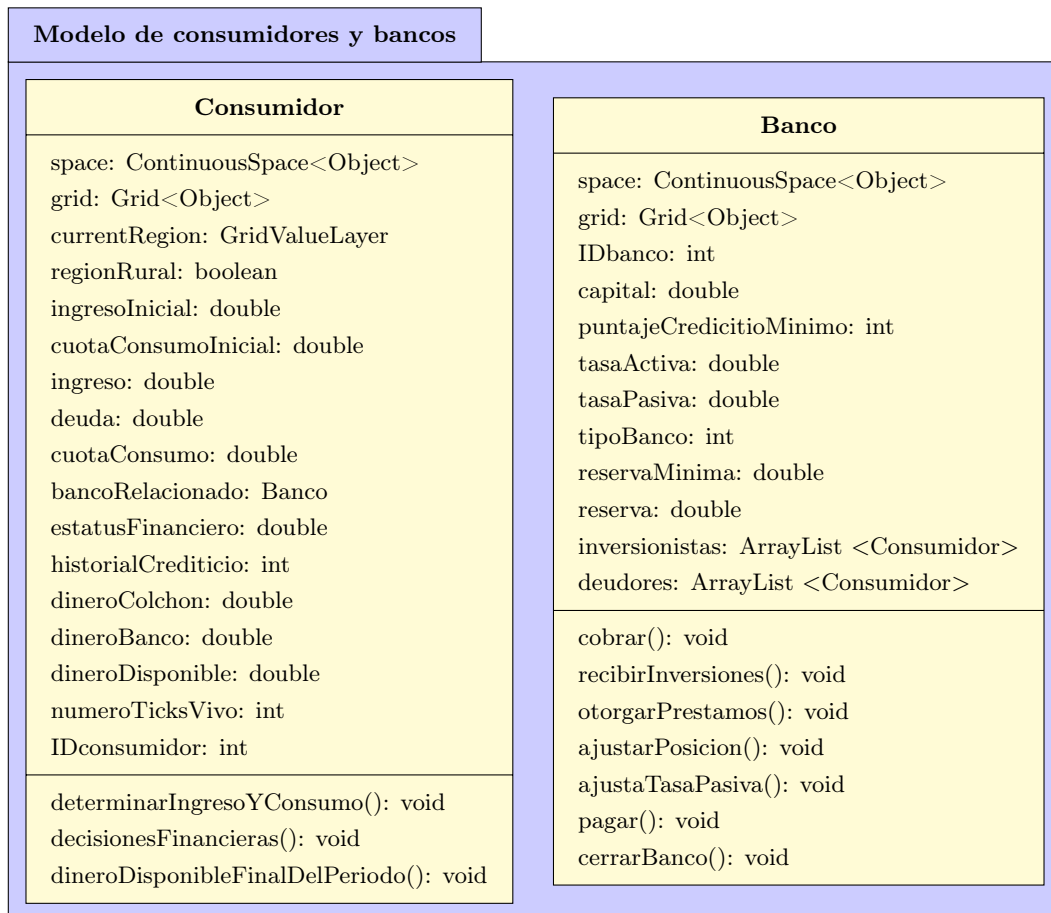
### A.1 Panorama general del modelo

#### Objetivo

El objetivo de este modelo es observar cómo se comportan los bancos y los consumidores en una sociedad simulada donde se tienen dos regiones con diferentes niveles de ingreso y coeficientes de Gini. En particular, nos interesa observar cuáles son las características de los agentes exitosos, es decir, de aquellos que logran sobrevivir después de un cierto número de períodos, de modo que podamos derivar algunas conclusiones sobre temas como los mecanismos de propagación de la desigualdad social o sobre la migración desde el campo a la ciudad.

#### Agentes, variables de instancia y escalas

El modelo se compone de dos tipos de agente: bancos y consumidores. Podemos pensar que cada tick de la simulación representa un mes para los consumidores y los bancos, de modo que el ingreso y las cuotas de consumo corresponden a las de este lapso de tiempo, y los préstamos que otorgan los bancos también son mensuales. Este supuesto es factible, dado que estamos suponiendo que los préstamos que piden los consumidores no se destinan a inversiones más grandes, como la compra de un automóvil o una casa, sino a cumplir con los gastos necesarios para cubrir sus necesidades del mes. A continuación, presentamos un *UML* donde mostramos las dos clases de nuestro modelo, así como sus variables de instancia y los métodos asociados que se ejecutan cada período.



### Panorama de los procesos y sucesión de los eventos

A continuación presentamos un cuadro donde mostramos el ordenamiento de los eventos en cada período.

Table 3: Sucesión de eventos

Orden	Agente	Acción
1	$Consumidor_i$	Determinar ingreso y cuota de consumo para $t$
2	$Banco_j$	Cobrar intereses a deudores
3	$Banco_j$	Pagar intereses a inversionistas
4	$Banco_j$	Ajustar tasa pasiva
5	$Banco_j$	Ajustar posición
6	$Consumidor_i$	Determinar decisiones financieras
7	$Banco_j$	Recibir inversiones
8	$Banco_j$	Otorgar préstamos
9	$Consumidor_i$	Actualizar variables
10	$Consumidor_i$	Morir o seguir viviendo

## A.2 Conceptos de diseño

### Principios básicos y objetivos de cada agente

Nuestro modelo se construye sobre dos conjuntos de supuestos, uno para cada tipo de agente. Para los consumidores, éstos consisten en la idea de que (1) cada consumidor recibe un ingreso en cada período, (2) que debe cumplir con una cuota de consumo básico y que (3) en caso de ser incapaz de hacerlo, puede recurrir a préstamos bancarios. Además, (4) en caso de que un consumidor tenga un excedente después de haber consumido, podrá invertir en un banco para aumentar su dinero disponible en el siguiente período, de modo que su riesgo de morir disminuya. Cuando un consumidor es incapaz de cumplir con sus obligaciones financieras, el banco le quitará todo el dinero que tiene y le restará un punto crediticio. Si esto ocurre varias veces, el consumidor podrá acceder cada vez solamente a bancos con tasas activas más altas. Por su parte, el objetivo de los bancos es maximizar su capital a partir de la posibilidad de recibir inversiones, realizar préstamos, y cobrar y pagar los intereses que de esto se derive.

### Emergencia

En el modelo, el principal patrón emergente que se puede observar es que en las zonas rurales se muere la mayoría de los consumidores, lo cual no ocurre en el caso de las zonas urbanas. Podríamos interpretar este resultado como una migración de la población del campo hacia la ciudad, donde encuentran mayores oportunidades financieras, además de que la cuota de consumo no es tan alta en relación con su ingreso.

### Adaptación

El principal mecanismo de adaptación en el modelo lo encontramos en los ajustes que hacen los bancos de sus tasas pasivas y posición. Las reglas para ello son sencillas: en todos los períodos, si un banco no logra prestar todo el dinero que tenía para préstamo o si sus operaciones le llevaron a tomar una parte importante de su reserva mínima, entonces ajustará su tasa pasiva y/o su posición. En la sección donde exponemos los submodelos nos referiremos a esto con mayor detalle.

### Aprendizaje

En este modelo, no construimos ningún mecanismo por medio del cual alguno de los agentes pudiera aprender. Sin embargo, la determinación de los candidatos para préstamos por parte de un banco a partir del historial crediticio se podría considerar como una especie de aprendizaje colectivo,

donde el conjunto de los bancos con tasas activas bajas identifica cuáles son los consumidores a los que no les conviene prestar por el riesgo que esto implica.

### **Predicción**

En el modelo, los agentes no pueden predecir acciones futuras. Sólo conocen lo que ocurre en tiempo presente.

### ***Sensing***

El *sensing* lo encontramos en los consumidores quienes, para relacionarse con un banco, deben buscar en su entrono inmediato y evaluar al banco que más les convenga, ya sea para invertir o para pedir prestado. Por su parte, en cada período los bancos evaluarán si se encuentran «contentos» en la zona donde se encuentran. En caso de no estarlo, buscarán en las zonas vecinas a la que tenga más o menos consumidores —dependiendo de si buscan inversionistas o prestatarios— y se moveran a ésta.

### **Interacción**

El único tipo de interacción que encontramos en nuestro modelo es el que se da entre un consumidor y un banco. Estas interacciones están basadas en la necesidad del consumidor de pedir dinero prestado o de invertir en un banco.

### **Aleatoriedad**

Una fuente de aleatoriedad en el modelo la encontramos en la creación de cada agente, ya sea al inicio de la simulación o conforme éstos mueren y se generan nuevos agentes que los sustituyan. Para los consumidores, esto lo encontramos expresado en la determinación de la región a la que pertenecerán. Análogamente, el tipo de un banco se determinará aleatoriamente al momento de su creación. Además, tanto consumidores como bancos son posicionados aleatoriamente en el espacio continuo al momento de su creación. La segunda fuente de aleatoriedad consiste en la realización del ingreso de cada consumidor en cada período, la cual se determina a partir de las distribuciones Dagum, así como su cuota de consumo específica para cada período.

### **Grupos colectivos**

En el modelo no hay grupos colectivos: cada agente actúa por cuenta propia, y los comportamientos de los agentes sólo afectan a aquellos con los que se relacionan directamente.

### **Observación**

El modelo permite obtener datos para los dos tipos de agente, los cuales pueden ser empleados para un posterior análisis. De los bancos, se puede obtener su capital, el número de ticks que llevan viviendo, su identificador único, el puntaje crediticio mínimo que deben tener los consumidores candidatos a préstamo, sus coordenadas, sus tasas activas y pasivas, su reserva mínima y el tamaño de la lista de sus deudores e inversionistas. De los consumidores, se puede obtener su identificador único, la región a la que pertenecen, su ingreso y su cuota de consumo para cada período, el tamaño de su deuda, su historial crediticio, su dinero disponible para consumir o invertir, además de sus coordenadas.

## A.3 Características

### Inicialización

Al momento de inicializarse este modelo, se crea una cantidad definida de bancos y consumidores. A cada banco se le asigna un tipo, una tasa activa y una pasiva dentro de un cierto rango, dependiendo del tipo de banco. A cada consumidor se le asigna una región —rural o urbana— y, de acuerdo con ello, se le asigna un ingreso y una cuota de consumo inicial. Como se señaló en la sección 2.1, la media del ingreso de los consumidores estará determinada de acuerdo con una distribución Dagum, con diferentes parámetros para cada región. Además, a cada agente se le asigna una posición en el espacio continuo, la cual tiene una coordenada correspondiente en el *grid*. En las simulaciones, el número de consumidores oscila entre 1,000 y 5,000, mientras que el número de bancos se encuentra entre 100 y 500.

### Input

Como *inputs* del modelo empleamos dos distribuciones Dagum para los ingresos medios de los consumidores de cada región. Los parámetros de la distribución de ingreso para los consumidores de la región urbana corresponden a los de Australia (1981), mientras que los de la región rural están basados en los de México (1996), los cuales se pueden encontrar en Bandourian et al., 2002. Como segunda fuente de *inputs* empleamos los datos disponibles de la ENIGH 2016 para determinar las cuotas de consumo iniciales de los consumidores. Para ello, simplemente calculamos la razón entre el ingreso y el consumo de bienes básicos observados para las regiones urbana y rural de la encuesta. Como se expone en la sección 2.1, estas razones resultaron ser de 0.42 para la región urbana, y de 0.34 para la rural.

### Submodelos

En el Cuadro 1, donde se describe brevemente la sucesión de eventos del modelo, se pueden observar cuáles son los submodelos del proceso. A continuación, los presentamos con mayor detalle.

#### *Determinar ingreso y cuota de consumo (Consumidor)*

Al inicio del período  $t$ , cada consumidor determinará cuáles serán su ingreso y su cuota de consumo específicas para ese período. Su ingreso en  $t$  se determina aleatoriamente a partir de una distribución normal, cuya media es el ingreso inicial del consumidor y su desviación estándar está parametrizada. La cuota de consumo también se determina a partir de una distribución normal, cuya media es la cuota de consumo inicial. La cuota de consumo inicial de cada consumidor es una fracción de su ingreso inicial. Para el caso de los hogares o consumidores rurales, esta fracción se fijó en 0.9; para el caso de los urbanos, ésta es de 0.4. Ambas fracciones también están parametrizadas, por lo que hay flexibilidad para modificarlas.

#### *Cobrar intereses a deudores (Banco)*

En el período  $t$ , cada banco revisará la lista de deudores generada en  $t - 1$ , para cobrar el pago del principal y los intereses (en el modelo, todos los préstamos e inversiones duran un solo período). Para cada deudor, el banco cobrará actualizando el estatus financiero de éstos. En caso de que el deudor no tenga dinero suficiente para pagarle al banco, el banco le quitará todo el dinero que tiene y le quitará un punto crediticio, lo cual afectará la reputación crediticia del deudor. Al final de este submodelo, el banco vacía su lista de deudores.

#### *Pagar intereses a inversionistas (Banco)*

Análogamente a lo que se hace con el submodelo anterior, el banco revisará su lista de acreedores

generada en  $t - 1$ . A cada uno de éstos, le devolverá el capital principal y los intereses, según la tasa vigente del banco en  $t - 1$ . En caso de que el banco se quede sin capital en el proceso de pagarle a sus acreedores, éste se verá obligado a cerrar. Los acreedores a quienes no les pudo pagar el banco pierden su capital invertido. Cuando un banco cierra, inmediatamente se genera uno nuevo, cuya probabilidad de ser de uno u otro tipo es la misma.

#### *Ajustar tasa pasiva (Banco)*

Si el capital del banco es menor a 0.9 veces su reserva mínima requerida, quiere decir que el banco necesita más inversionistas. Por ello aumentará su tasa pasiva, cuidando que no quede por arriba de la activa.

#### *Ajustar posición (Banco)*

Si el capital del banco es  $x$  veces mayor a su reserva mínima, entonces el banco no ha prestado todo el capital que podría. Por ello, buscará moverse a zonas donde es más factible que haya gente que necesita préstamos, que típicamente son las rurales en nuestro modelo. Dado que el banco sabe que las regiones rurales normalmente son las que tienen una menor densidad de población, buscará cuál de las zonas de su vecindad es la menos poblada para desplazarse hacia ella. Si el capital del banco es  $x$  veces menor a su reserva mínima, éste necesita más inversionistas. Por ello, ajustará su posición siguiendo la lógica contraria al primer caso, es decir, buscará moverse a zonas más densamente pobladas.

#### *Determinar decisiones financieras (Consumidor)*

Cada período, el consumidor analizará el dinero disponible que tiene y verá si le alcanzará para cumplir con su cuota de consumo. En caso negativo, necesitará de un préstamo pues, de no cumplir con su cuota de consumo, morirá. Esto le llevará a buscar bancos en su zona, de los cuales elegirá al que ofrezca una mejor tasa activa, condicional a que el consumidor cumpla con la restricción de historial crediticio exigida por el banco. Habiendo elegido un banco, el consumidor solicitará un préstamo. En caso de que el consumidor sí pueda cumplir con su cuota de consumo, buscará invertir en el banco de su zona que le pueda dar mejores rendimientos.

#### *Recibir inversiones (Banco)*

El banco aceptará todas las solicitudes de inversión de los consumidores, actualizando su capital y el estatus financiero de sus acreedores, a quienes agregará a su lista de inversionistas.

#### *Otorgar préstamos (Banco)*

El banco responderá a las solicitudes de préstamo, en la medida en que su capital lo permita. Actualizará su capital y el estatus financiero de sus deudores, a quienes agregará a su lista de deudores.

#### *Actualizar variables (Consumidor)*

Después de que se hayan hecho las inversiones y los préstamos del período, cada consumidor actualizará sus variables financieras.

#### *Morir o seguir viviendo (Consumidor)*

Para el caso de los consumidores que necesitaban un préstamo y no encontraron un banco en su zona que les pudiera prestar (o el banco que encontraron agotó su capital disponible para préstamo antes de responder a todas las solicitudes), estos consumidores serán incapaces de cumplir con su cuota

de consumo y morirán. Inmediatamente después, nacerá un nuevo consumidor, y será colocado aleatoriamente en el espacio continuo.