

Segregación económica con autómatas celulares

Juan Camilo Azcárate Cárdenas

Código: 201958932

juancamiloazcaratecardenas@gmail.com

Estefany Castro Agudelo

Código: 201958552

estefany.castro@correounivalle.edu.co

Daniel Gómez Suárez

Código: 201958732

daniel.gomez.suarez@correounivalle.edu.co

Abstract—This project aims to model economic segregation in a city using cellular automata and the NetLogo simulation environment. Each cell represents a city block or a building such as a hospital, a school, an industry, a university or a store, and the turtles represent people with different income levels, such as rich, middle class or poor. The model incorporates the following factors for the turtles as a basis for determining the level of income that the turtle has and how it will be divided on the map for the simulation, among the attributes we have age, education level and job. The following external environments are also taken into account, such as proximity to public or private services mentioned above. The objective of the simulation is to help observe how economic segregation patterns evolve over time under different urban economic and political conditions.

I. INTRODUCTION

La segregación económica en las ciudades es un fenómeno donde grupos de personas con niveles de ingresos similares tienden a agruparse en áreas específicas. Esto puede llevar a desigualdades significativas en términos de acceso a servicios, oportunidades laborales y calidad de vida. Este proyecto tiene como objetivo modelar estos patrones utilizando un modelo de autómatas celulares bidimensionales para simular con la ayuda de NetLogo como la segregación económica en una ciudad evoluciona con el tiempo bajo diferentes políticas urbanas y condiciones económicas.

En este modelo, cada celda puede representar un vecindario o una edificación de la ciudad, tales como un hospital, un colegio, una universidad, una industria o una tienda, y las tortugas representan a personas con distintos niveles de ingreso, tales como rico, clase media o pobre. El modelo incorpora los siguientes factores para las tortugas como base para determinar el nivel de ingreso que este tiene y como se va a dividir en el mapa para la simulación, entre los atributos tenemos la edad, el nivel educativo y el trabajo. También se tienen en cuenta los siguientes entornos externos como la proximidad a servicios públicos o privados antes mencionados.

El objetivo es observar cómo diferentes reglas de transición y la estructura de la ciudad, definida por el equipo de trabajo, impactan en la segregación económica. Esto permitirá comprender mejor las dinámicas de segregación y evaluar tanto el conocimiento adquirido sobre los autómatas celulares y su modelado, como el impacto social real. Además, se

busca aprender cómo estas dinámicas pueden ser reflejadas computacionalmente para su estudio detallado.

II. IMPLEMENTACIÓN

A. Atributos de las tortugas:

- *Edad*: Valor que define el rango de edad de la tortuga y ayuda a tener un control con la densidad poblacional al definir un tiempo de muerte para la tortuga.
- *Nivel educativo*: Valor que indica la cercanía a una escuela.
- *Ingreso*: Valor de ingreso de dinero de una tortuga, lo que ayuda a definirla como 'rica', 'clase media' o 'pobre'.

B. Reglas de transición

- 1) **Segregación según calidad-precio de los barrios**: Para la realización de esta tarea se tiene en cuenta otras subtarefas como las que se muestran a continuación.

- *Impacto de las universidades*: Las áreas cercanas a universidades, debido a su alto nivel educativo, incrementan significativamente el costo y la calidad de la zona.
- *Impacto de los colegios*: Las áreas cercanas a colegios, siendo centros educativos de nivel intermedio, aumentan el costo y la calidad de la zona en valores moderados.
- *Impacto de las industrias*: Las áreas industriales, caracterizadas por su ruido y emisiones, disminuyen considerablemente el precio y la calidad de la zona.
- *Impacto de los hospitales*: Las áreas designadas a la salud humana, como los hospitales, incrementan notablemente el costo y la calidad de la zona.
- *Impacto de las tiendas*: Las áreas cercanas a tiendas, debido al ruido y al constante paso de personas, reducen el precio y la calidad de la zona en valores moderados.

Teniendo en cuenta las subreglas mencionadas anteriormente, se lleva a cabo un estudio de reglas basado en la tolerancia de las tortugas para permanecer en una celda o mudarse a otra. Las reglas son las siguientes:

- *Tortugas de ingreso alto*: Se mudan a celdas con alta calidad.

- *Tortugas de ingreso medio*: Se mudan a celdas con buena relación calidad/precio.
- *Tortugas de ingreso bajo*: Se mudan a celdas con bajo precio.

2) **Segregación según el nivel educativo de la persona:**

Las tortugas tienden a agruparse en celdas de barrios donde la calidad educativa es adecuada para sus necesidades. Aquellas con mayor nivel de ingresos prefieren residir en áreas con acceso a colegios de alta calidad, mientras que las personas con menor nivel de ingresos tienden a concentrarse en barrios con menos recursos educativos.

3) **Segregación según el nivel de ingreso por trabajo:**

Las tortugas tienen la tendencia de vivir en barrios que correspondan a su capacidad económica. Aquellos con altos ingresos se establecen en áreas con mayor calidad de servicios y viviendas más caras, mientras que las tortugas con ingresos medios o bajos tienden a residir en barrios con menor costo de vida y acceso a servicios públicos básicos.

4) **Mortalidad de las personas:** Para reflejar la variación en la cantidad de personas a lo largo del tiempo en la simulación, se considera un tiempo de vida límite para cada tortuga, determinado por su edad y su esperanza de vida de acuerdo al ingreso. Las reglas de mortalidad son las siguientes: una persona de ingreso bajo tiene un 0.1% de probabilidad de morir en cada iteración; una persona de ingreso medio tiene un 0.05% de probabilidad de morir; y una persona de ingreso alto tiene un 0% de probabilidad de morir.

5) **Segregación según la distancia del trabajo:** En conclusión el modelo de segregación económica desarrollado en NetLogo se centra en la interacción entre diversas clases sociales (ricos, clase media y pobres) y la influencia de infraestructuras como trabajos, escuelas, universidades, tiendas, hospitales e industrias en la calidad y precio de los barrios. Utiliza un modelo de autómatas celulares bidimensionales para estudiar cómo estos patrones evolucionan bajo diferentes políticas urbanas y condiciones económicas. A través de la cual se puede ejemplificar la formación de barrios y como las personas suelen reunirse de forma similar basada en su situación económica ayudando a comprender mejor las dinámicas de segregación y evaluar el impacto social real de estas dinámicas. Las tortugas tienden a vivir en barrios que tengan opciones de trabajo en sus alrededores. Independientemente del nivel de ingresos, buscan alojarse cerca de sus lugares de trabajo, lo que fomenta la búsqueda de una vivienda más adecuada para cada tortuga.

C. Descripción de las interacciones:

En la figura 1 se muestran la interfaz de control para la simulación incluye varios botones y controles deslizantes que permiten ajustar parámetros y observar diferentes aspectos del modelo de segregación económica.



Fig. 1. Descripción de los botones y sus funciones

En la parte superior, los botones "Ver precio", "Ver calidad", "Ver distancia a trabajo" y "Ver barrios" permiten cambiar la visualización de la simulación para centrarse en diferentes escenas clave. En la figura 2, se pueden visualizar tres colores diferentes que se presentan a medida que transcurre la simulación. El color blanco indica áreas con precios altos, mejor calidad y proximidad al trabajo. Por otro lado, el color negro representa todo lo opuesto; precios bajos, menor calidad y mayor distancia al trabajo. Los colores como amarillo, verde o naranja, dependiendo del contexto, indican las áreas de clase media.



Fig. 2. Descripción de diferentes escenas

Para la distinción de barrios como se puede observar en la figura 3, se utiliza la siguiente clasificación: el color rojo representa los barrios pobres, el naranja los barrios de clase media y el verde los barrios ricos. Esta clasificación se basa en los precios de los sectores; los precios menores a 33 indican barrios pobres, los precios entre 33 y 66 indican barrios de clase media y los precios mayores a 66 indican barrios ricos.



Fig. 3. Descripción de contexto "ver barrios"

Los controles deslizantes a la izquierda, como "residents-per-job", "max-jobs", "life-expectancy-max", "number-university", "number-school", "number-store", "number-industry" y "number-hospital" permiten configurar variables como el número de residentes por empleo, el número máximo de empleos, la esperanza de vida máxima, y la cantidad de universidades, escuelas, tiendas, industrias y hospitales respectivamente.

Los controles deslizantes a la derecha ajustan parámetros de la simulación como "number-of-tests", "price-priority", "quality-priority", y las preferencias de movimiento según el ingreso (pobre, medio, rico). Los valores de estos parámetros influyen directamente la dinámica del modelo, afectando cómo las tortugas (personas) interactúan y se distribuyen en el espacio simulado.

En la parte inferior, indicadores como el número de empleos, la población total, y estadísticas detalladas sobre edad y educación por nivel de ingreso permiten monitorear el estado actual de la simulación. Los botones "setup", "go", y "go-once" controlan la inicialización y ejecución de la simulación, permitiendo al usuario iniciar y avanzar la simulación paso a paso o de forma continua.

En la figura 4 se muestra el control deslizante de velocidad ajusta la velocidad de la simulación, permitiendo al usuario

modificar la rapidez con la que se ejecutan los pasos del modelo.

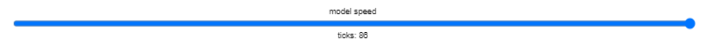


Fig. 4. Descripción del botón deslizante

D. Iconos usados para la simulación:

En la figura 5 se muestran los iconos utilizados para distinguir los diferentes elementos que representan las edificaciones y tortugas con distintos ingresos.



Fig. 5. Iconos de la simulación

III. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

En la simulación de la figura 6, se observó que las tortugas tendían a distribuirse principalmente en función de la proximidad a las oportunidades de trabajo. Las áreas pobres permanecían pobres debido a la falta de edificaciones de trabajo, lo que hacía que estas zonas no ofrecieran incentivos

para el desplazamiento de las tortugas con mayores ingresos.

Las áreas ricas y de clase media tendían a estar agrupadas. Las tortugas de ingresos altos (ricos) se concentraban más cerca de los lugares de trabajo, mientras que las tortugas de clase media se ubicaban en áreas un poco más alejadas. Con el tiempo, se observó que los ricos predominaban en la distribución urbana, expandiéndose hacia los límites y aumentando así el área rica.

Esta expansión fue significativa, mostrando un aumento del área rica a medida que avanzaba la simulación. Los barrios de clase media se situaban cerca de las áreas ricas, pero no tan cerca del trabajo como los ricos.

En términos de población, la simulación, que abarcaba un periodo de vida promedio de 80 años, mantenía un promedio de población de aproximadamente 150 personas, alcanzando este valor casi como máximo. Esta estabilidad en la población indica una tendencia a mantener un equilibrio demográfico a lo largo del tiempo.

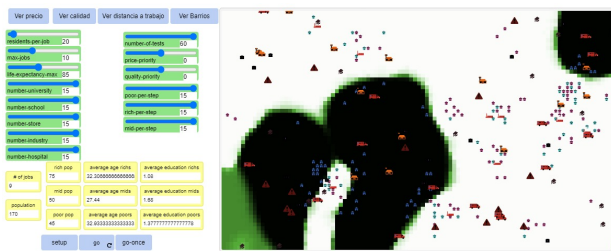


Fig. 6. Simulación 1

IV. CONCLUSIÓN

En conclusión el modelo de segregación económica desarrollado en NetLogo se centra en la interacción entre diversas clases sociales (ricos, clase media y pobres) y la influencia de infraestructuras como trabajos, escuelas, universidades, tiendas, hospitales e industrias en la calidad y precio de los barrios. Utiliza un modelo de autómatas celulares bidimensionales para estudiar cómo estos patrones evolucionan bajo diferentes políticas urbanas y condiciones económicas. A través de la cual se puede ejemplificar la formación de barrios y como las personas suelen reunirse de forma similar basada en su situación económica ayudando a comprender mejor las dinámicas de segregación y evaluar el impacto social real de estas dinámicas.

REFERENCES

- [1] M. Felsen and U. Wilensky, "NetLogo Urban Suite - Economic Disparity model," Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL, 2007. [Online]. Available: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/UrbanSuite-EconomicDisparity>
- [2] J. I. García-Valdecasas and I. López, "Un modelo basado en agentes para el análisis de la segregación étnica espacial urbana," *Revista de geografía Norte Grande*, vol. 58, pp. 145–165, Sept. 2017. [Online]. Available: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022017000200008&nrm=iso

- [3] A. G. Galván-Farías and M. I. De la Torre, "Segregación residencial socioeconómica en Latinoamérica. Una visión crítica del concepto," *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, vol. 25, no. 2, pp. 69–79, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.14718/RevArq.2023.25.3176>