

ARTÍCULO ORIGINAL



# Análisis de Segregación Residencial como dinámica socio-espacial en grandes ciudades: caso de estudio París

*Analysis of Residential Segregation as Socio-Space Dynamic  
in Large Cities: Study Case Paris*



*Dafne García de Armas*

*dafne@matcom.uh.cu* • <https://orcid.org/0000-0003-2662-1713>

UNIVERSIDAD DE LA HABANA, CUBA

*Madalina Olteanu*

*madalina.olteanu@univ-paris1.fr* • <https://orcid.org/0000-0001-7329-8731>

UNIVERSITE PARIS I PANTHÉON SORBONNE, FRANCIA

*Sira Allende Alonso*

*sira@matcom.uh.cu* • <https://orcid.org/0000-0002-6803-5010>

*Yudivian Almeida Cruz*

*yudy@matcom.uh.cu* • <https://orcid.org/0000-0002-2345-1387>

UNIVERSIDAD DE LA HABANA, CUBA

*Recibido: 2019-12-23* • *Aceptado: 2020-03-16*

## RESUMEN

El propósito de este trabajo es presentar un estudio de segregación residencial basado en trayectorias. La intención es verificar si la huella digital de una ciudad determinada, en este caso París, es significativamente diferente de la misma ciudad, asumiendo que no hay segregación; en otras palabras, ¿cuán diferente es la ciudad real de una ideal bien mezclada? Se consideran pruebas empíricas basadas en simulaciones intensivas y comparaciones de cuantiles empíricos. Se analiza el comportamiento de la variable que reporta la proporción de casas sociales para cada bloque censal en París. Los resultados de las simulaciones se comparan con las trayectorias reales previamente calculadas y muestran una alta segregación para esta variable, hacia la zona de la periferia de París. Este trabajo tributa a un proyecto general de problemas de urbanización que tiene como objetivo final, localizar puntos vulnerables de las ciudades donde será necesario aplicar políticas públicas para el mejoramiento de los indicadores medidos, como el acceso al transporte público, los ingresos

o, como el caso de estudio, la distribución de casas sociales en la ciudad de París. Es este un primer acercamiento al estudio del fenómeno, se pretende expandir la investigación a datos en ciudades cubanas como La Habana, Santiago de Cuba y Cienfuegos, así como una mirada para toda la isla, haciendo énfasis en las variables que influyen en el envejecimiento poblacional.

**PALABRAS CLAVE:** segregación; simulación; trayectorias.

## ABSTRACT

*The purpose of this work is to present a study of residential segregation based on trajectories. The intention is to verify whether the fingerprint of a particular city, in this case, Paris, is significantly different from the same city, but assuming it is well mixed; In other words, how different is the real city from a well-mixed ideal? Empirical tests are considered based on intensive simulations and comparisons of empirical quantiles. As the start point, the behavior of the variable that reports the proportion of social houses for each census block in Paris is analyzed. The results of the simulations are compared with the real trajectories previously calculated and showed high segregation for this variable, towards the area of the periphery of Paris. This work contributes to a general project of urbanization problems whose final objective is to locate vulnerable points of the cities where it will be necessary to apply public policies for the improvement of the measured indicators, such as access to public transport, income, or as the case study, the distribution of social houses in the city of Paris. It is a first approach to the phenomenon; it is intended to expand research to data in Cuban cities such as Havana, Santiago de Cuba and Cienfuegos, as well as a look for the entire island, emphasizing the variables that influence population aging.*

**KEYWORDS:** : segregation; simulation; trajectories.

## INTRODUCCIÓN

La segregación, como dinámica socio-espacial de una ciudad, es un fenómeno complejo (Batty, 2011) y ha sido abordada social, geográfica y económicamente con métodos estadísticos. Aprovechar y caracterizar estas dinámicas representa tanto, un desafío de modelación matemática para los científicos, como una oportunidad para que las instituciones públicas mejoren las políticas locales, haciéndolas más justas y con un mejor acceso para todos a los servicios e infraestructuras.



En particular, la segregación residencial influye en muchos aspectos de la vida urbana. Afecta el acceso de las personas a los centros de educación, salud, negocios y determina la composición de los vecindarios, impactando así la red social y estructura urbana (Arcaute, *et al.*, 2015)

Los primeros estudios sobre la segregación a nivel socio-espacial pueden encontrarse en, (Schelling, 1971) quien presenta los conocidos actualmente como Modelos de Schelling, que analizan primeramente el comportamiento individual para entender el comportamiento colectivo. En este sentido, la medición precisa de los patrones espaciales de concentración y dispersión han sido un desafío constante durante gran parte de las últimas seis décadas.

Otros métodos han sido empleados para detectar y caracterizar estructuras sociales y sus comportamientos. Con este objetivo (Medina, Goles, Zarama & Rica, 2017) muestra un modelo de interacción social general que analiza estructuras sociales y dinámicas de sus comportamientos. La caracterización del tráfico móvil en áreas urbanas para detectar lugares y horas de mayor concurrencia de personas es detectada empleando diferentes medidas de segregación y trabajo sobre grafos (Furno, Fiore & Stanica, 2017).

El auge de la Ciencia de datos, los análisis estadísticos de grandes cantidades de información y el aprendizaje por computadora han provocado un resurgimiento de los estudios de segregación. Este es un problema que se encuentra tanto a nivel socio-espacial como en las redes sociales. Este tema ha despertado el interés nuevamente de la comunidad científica, es el caso de (Adam & Paweł, 2011) quienes presentan un modelo de interacción social motivado por los Modelos de Schelling. Más recientemente (Chodrow, 2017) brinda un conjunto de métodos basados en la teoría de la información para estudiar la estructura espacial de la segregación etno-racial como un fenómeno complejo. Existen también estudios sobre el tema de la segregación residencial, para grandes ciudades de América como Caracas (Lizarraga, 2012), Mérida (Aguilar, 2017) y Cali (Loaiza & Carvajal, 2014) con un fuerte componente sociológico en los que se analizan variables de interés de cada una de estas comunidades.

Este trabajo tiene como antecedente los estudios realizados para la ciudad de París (Randon-Furling, Olteanu & Lucquiaud, 2018), en el cual se desarrolla un acercamiento multifocal para revelar diferencias espaciales desde el punto de vista local hasta una escala global. Introduce una nueva medida de la segregación definida a través de las trayectorias basadas en paseos aleatorios (Addario-Berry & Reed, 2018) con la intención de reconocer la creciente multidimensionalidad de las grandes áreas metropolitanas. Se conoce que eventualmente, todas las trayectorias locales convergerán hacia el mismo valor. Si esta convergencia se logra muy rápidamente o, por el contrario, muy lentamente, esto se codifica para el “aislamiento” de las unidades espaciales. Estas trayectorias proporcionan una huella digital de la ciudad para la variable en cuestión, son una herramienta nueva y poderosa para investigar estructuras espaciales en la ciudad. Su novedad implica la necesidad de una mejor comprensión de este modelo, tanto en teoría como en términos de aplicaciones. (Olteanu, Randon-Furling & Clark, 2019), (Olteanu & Lamirel, 2019).

Para la experimentación se utilizan datos de vivienda social a nivel de distrito censal (IRIS) de la ciudad de París obtenidos en la página *Web* del Instituto Nacional de Estadísticas de



Francia (<https://www.insee.fr/fr/accueil>). Es interés de los autores que el método pueda aplicarse inicialmente para La Habana y luego para otras grandes ciudades de Cuba a través de la colaboración con la Oficina Nacional de Estadística e Información y Geocuba. Los datos de Cuba permitirán enfocar futuras investigaciones en variables que impacten directamente en el envejecimiento poblacional, así, además de identificar regiones realmente envejecidas en el país, se encontrarán correlaciones con variables que influyan en el mejoramiento de la calidad de vida de la población envejecida, como el acceso a hospitales, transporte, y otros sectores de interés según el tipo de población.

El espacio definido para el contenido de este artículo, describe la creación de trayectorias como método de trabajo y aborda aspectos sobre la convergencia de las mismas para la detección de segregación. En un primer momento se muestran y explican la metodología empleada para crear trayectorias y estudiar la convergencia de las mismas. En la sección de desarrollo del trabajo se describen las simulaciones empleadas para encontrar zonas de comportamientos diferentes de una misma ciudad, así como los métodos de comparación entre las trayectorias reales y simuladas, además, se brindan los resultados preliminares alcanzados. Para finalizar se presentan las conclusiones, trabajos futuros y la bibliografía consultada.

## METODOLOGÍA

Desde un punto de vista práctico, el análisis de convergencia de la trayectoria permite ver los fenómenos de integración-segregación espacial a medida que los individuos los perciben, en cada escala. Combinado con datos con una estructura granular muy pequeña, proporciona representaciones visuales detalladas de patrones espaciales y, por lo tanto, indica las distintas áreas a diferentes escalas en las que deben realizarse las intervenciones de políticas. Se necesita identificar dónde y para qué comunidad se deben tomar acciones para fomentar un sentido común de pertenencia. (Olteanu, Randon-Furling & Clark, 2019)

Los primeros resultados sobre los datos de París (Olteanu, *et al.*, 2018) muestran claramente el interés de usar este método para explorar la ciudad. Describen además, cómo una trayectoria es calculada partiendo de un distrito censal (IRIS) y aplicando la suma acumulativa de la variable (proporción de casas sociales) para los siguientes IRIS. Atendiendo a que un IRIS es un polígono, se calculan los centroides y se define el orden de los IRIS en el recorrido atendiendo a los valores de distancia entre cada uno de sus centroides.

Para el estudio, un IRIS es descrito formalmente por sus coordenadas y las variables de interés:  $IRIS_i = (coord_i; X_i; Y_i)$  donde  $i = 1 \dots N$  es el índice del IRIS,  $N$  es el número de bloques censales (IRIS),  $coord_i$  son las coordenadas del  $IRIS_i$ ,  $X_i$  es el número de casas en el  $IRIS_i$  y  $Y_i$  es el número de sus casas sociales. Este trabajo se enfoca en describir la proporción de casas sociales  $p_i = Y_i / X_i$ , para cada  $IRIS_i$ . Teniendo en cuenta que en cada punto podemos saber qué cantidad de población existe, es posible construir las trayectorias que indiquen cantidad de casas sociales por tamaño de población, donde la población se refiere al total de casas sobre el que se calcula la proporción.



Como se menciona anteriormente se construye, partiendo de cada IRIS, una trayectoria, la cual recorrerá el resto de los IRIS atendiendo a la distancia entre ellos, se adiciona en cada punto el valor de la proporción de casas sociales. Por lo que todas las trayectorias convergen al mismo valor que será la suma acumulativa de la proporción de la variable para toda la ciudad. El conjunto de trayectorias describe el comportamiento de toda la ciudad.

En trabajos futuros se realizarán los experimentos para otras de las variables brindadas en los datos como ingresos, impuestos, ayudas sociales, grupos etarios, etc. y se intentará establecer correlaciones entre sus comportamientos.

En la figura 1 se pueden apreciar las trayectorias reales para la variable que contabiliza la proporción viviendas sociales para cada uno de los IRIS de París, sobre el total de población. Se evidencia en la figura que todas las trayectorias convergen a un mismo valor que no es más que el valor que toma la variable para toda la ciudad. Nótese que en el eje Y se tiene la proporción de casas sociales (variable analizada), mientras que por el eje X se tiene el total de población en cada paso.

Partiendo de estas trayectorias es de interés estudiar su comportamiento. Cuantificar “cuán lejos” están de los casos más mezclados o los más segregados y así identificar cuál es el comportamiento de la segregación para esta variable en la ciudad.

Se observan grupos de trayectorias que tienden a comenzar más alto o más bajo que el promedio metropolitano, y convergen a él más o menos rápido, obviamente con una fuerte dependencia espacial en lo que respecta a las unidades iniciales.

Una forma de agrupar todas las trayectorias es la definición de su Tubo de Confianza (TC) considerando cuantiles empíricos para cada instancia de las mismas.

Sean:

$$\left( q_{k, \frac{\alpha}{2}} \right)_{k=1 \dots N} \text{ y } \left( q_{k, 1 - \frac{\alpha}{2}} \right)_{k=1 \dots N}$$

los cuantiles calculados en el rango (5%, 0.01%), para cada k (en la población), de forma tal que la mayoría de las trayectorias quedan dentro del tubo de confianza definido por los cuantiles. Puede decirse que el TC representa el área total de todas las trayectorias. La figura 2, muestra todas las trayectorias para los IRIS de la ciudad, dentro de su tubo de confianza.

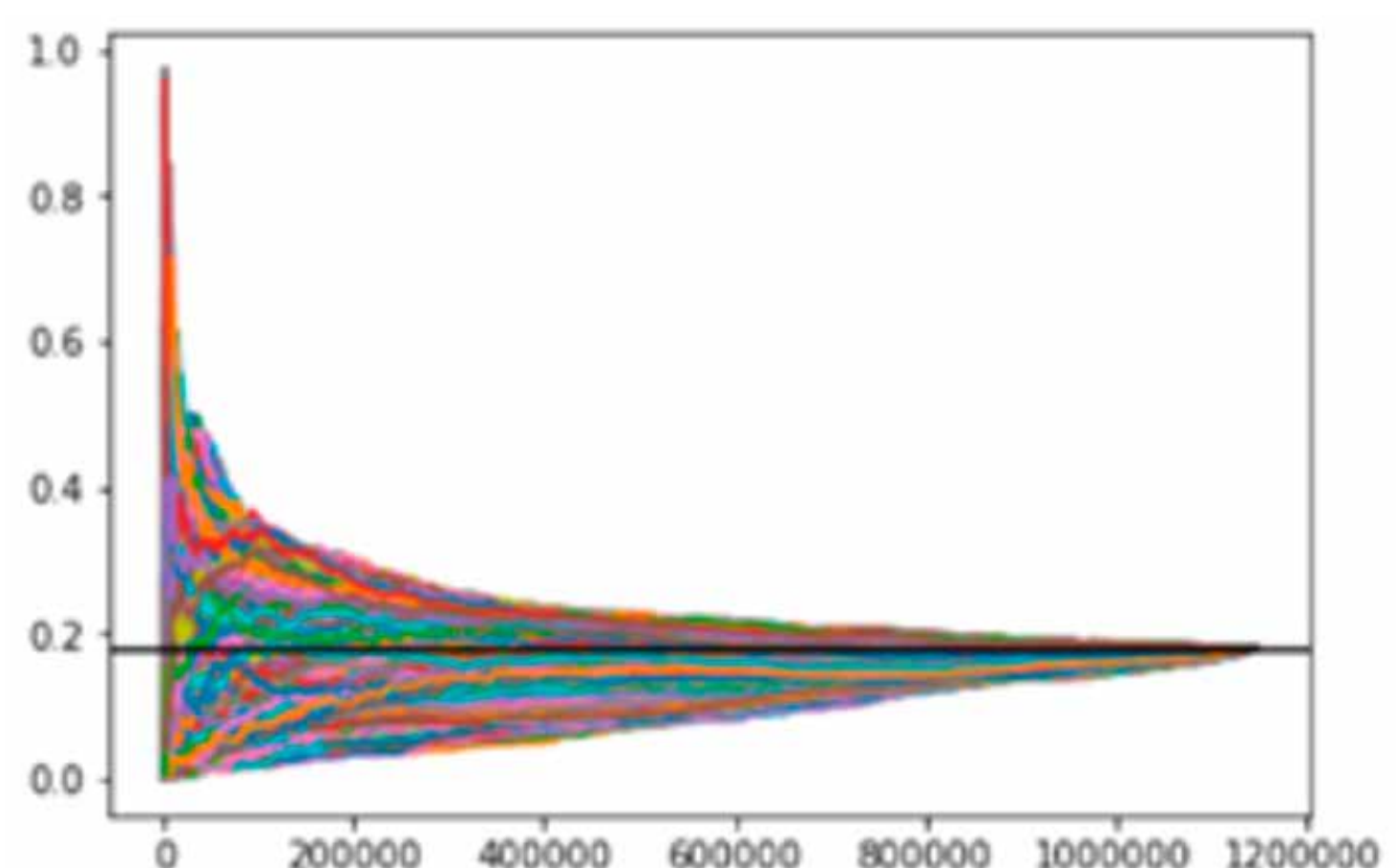


Figura 1: Trayectorias reales.

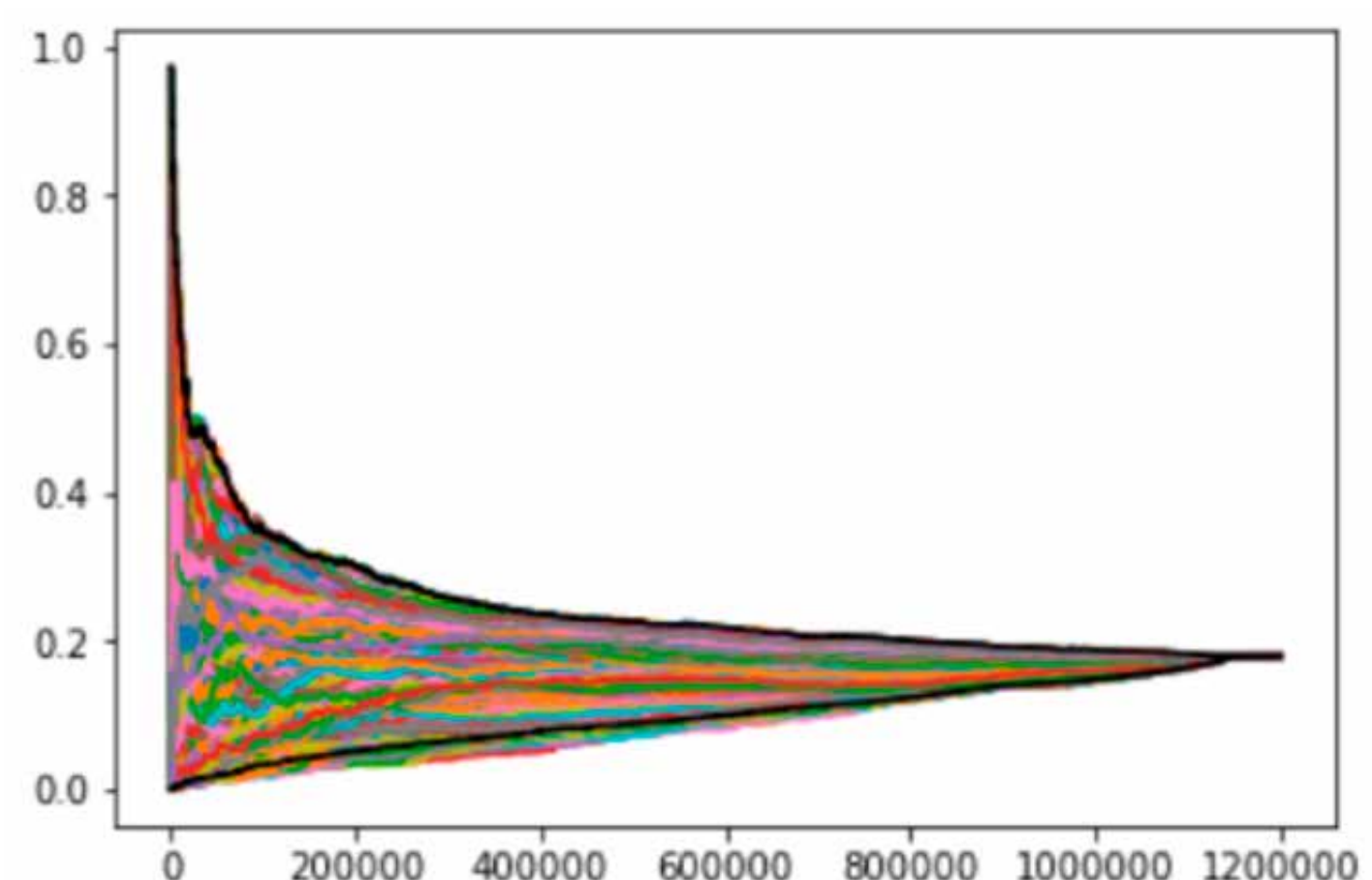


Figura 2: Trayectorias Reales dentro del Tubo de Confianza.



Es posible, además, computar el momento en que converge cada una de las trayectorias. Para ello, se define el momento de convergencia, es decir, el punto donde cada camino ingresa (y permanece) en un intervalo dado alrededor de la tasa promedio de vivienda social de la ciudad. Para el estudio en cuestión se considera convergencia para un intervalo alrededor de 0.05 del valor de convergencia de la variable. En la figura 3 puede observarse el momento de convergencia de todas las trayectorias de los IRIS del 8vo. distrito de París. Se aprecia fácilmente una convergencia tardía en este sector lo que denota segregación.

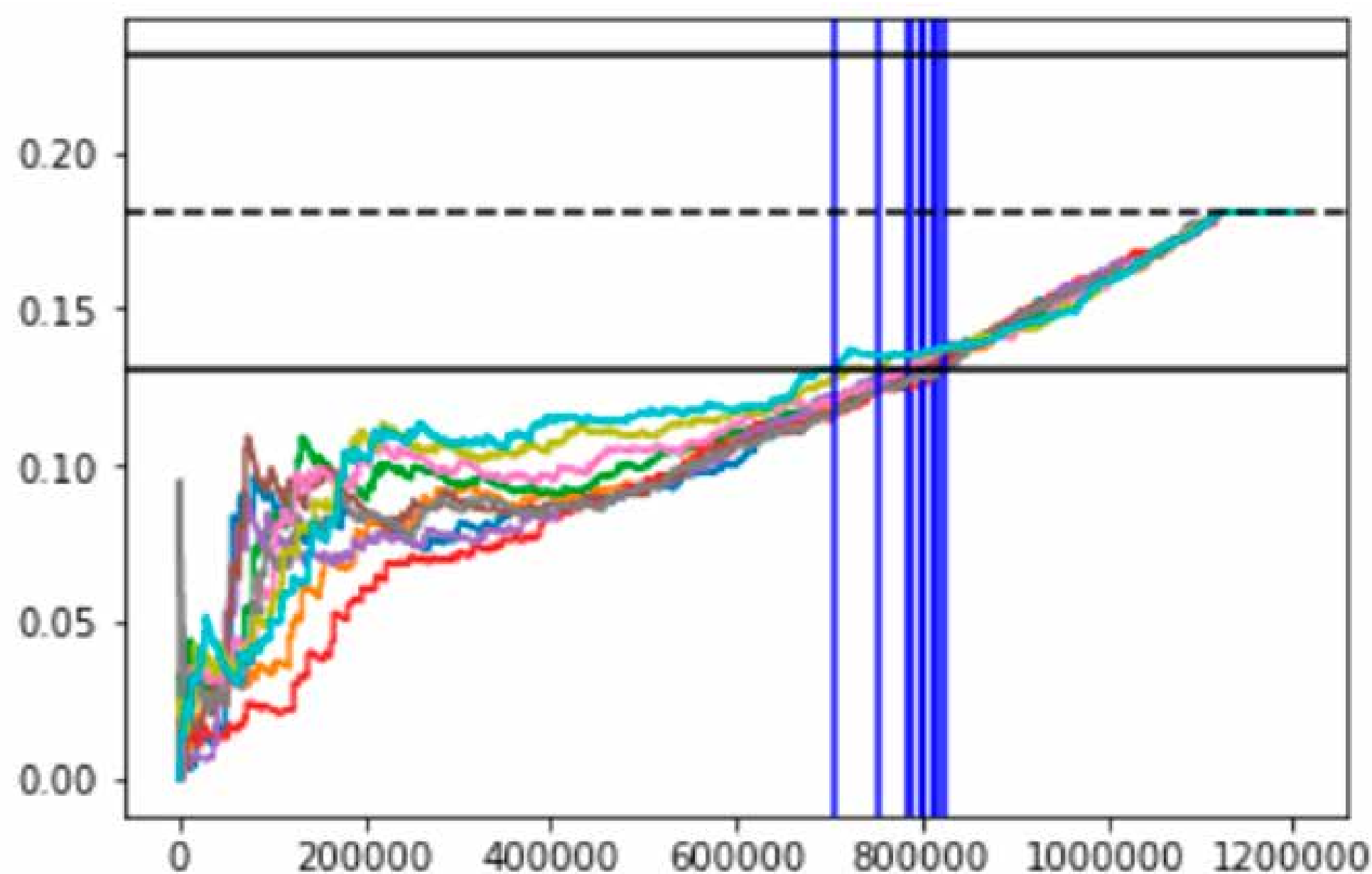


Figura 3:  
Momento de Convergencia  
del 8vo. distrito de París.

Una de los aportes más importantes de este trabajo es poder apreciar sobre un mapa de la ciudad el comportamiento de las variables. Lo cual es posible representar, teniendo en cuenta dicho momento de convergencia para cada trayectoria. La imagen 1 muestra que los IRIS que están al noroeste de París demoran más en converger que el resto, lo que denota segregación en esta zona.

Ver estos momentos sobre el mapa, revela diferentes escalas de convergencia a la media global, de un distrito a otro y, dentro de cada distrito, de un IRIS a otro.

En este punto, es importante saber cómo se están comportando los valores para toda la ciudad. Debido a que las pruebas de hipótesis paramétricas habituales no funcionarán en este caso, porque el tamaño de los datos es “demasiado” grande y todas las pruebas son estadísticamente significativas. Se consideran pruebas empíricas basadas en simulaciones intensivas y comparaciones de cuantiles empíricos. Por ello, se crearon varios escenarios de simulación que exploran más allá de

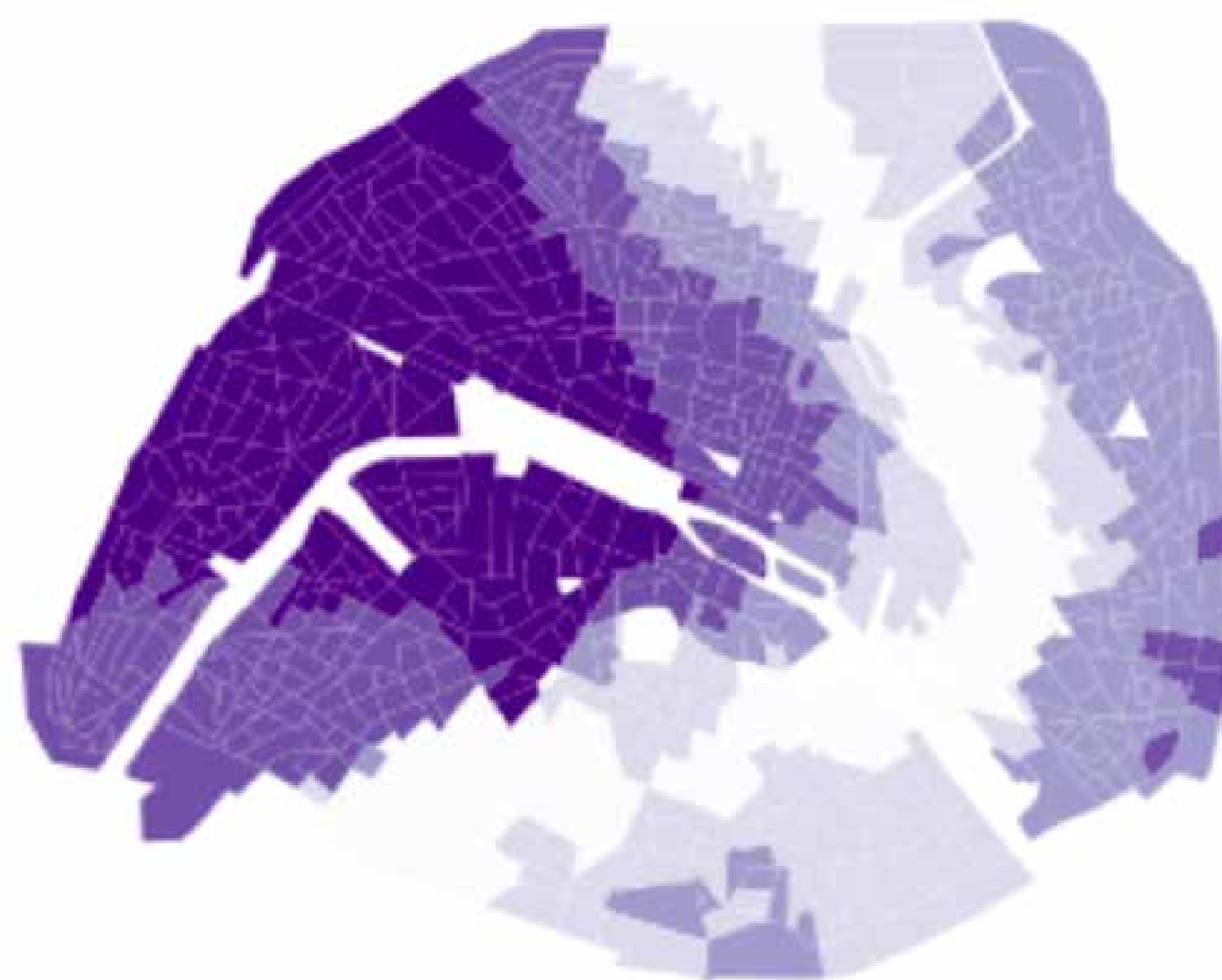


Imagen 1: Mapa de París para proporción de casas sociales.

la cercanía física entre los elementos de una trayectoria. La intención es generar simulaciones segregadas y no segregadas de la ciudad, y comparar cuánto se parecen los datos reales a los datos simulados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se implementaron dos tipos de simulaciones: las que describen una ciudad bien mezclada y en otro caso las que crean segregaciones de la variable en posiciones puntuales de la ciudad. El lector podrá apreciar la comparación de sus comportamientos con los de las trayectorias reales. La medida de comparación empleada fue la creación por interpolación de los Tubos de confianza que las agrupan. Comparando los tubos de confianza de cada conjunto simulado con el tubo de confianza de las trayectorias reales podrá apreciarse si la ciudad tiene un comportamiento similar o no a las simulaciones implementadas.

### UNA CIUDAD BIEN MEZCLADA

Se considera la permutación aleatoria de las variables observadas en cada IRIS. No se realizan cambios en la composición de los IRIS solamente permutaciones de estos. Las coordenadas geográficas de los mismos no son modificadas. Formalmente podemos decir que si:

$$\tau : \{1, \dots, N\} \rightarrow \{1, \dots, N\}$$

es una permutación, entonces, los nuevos valores del  $i$ -ésimo IRIS son:

$$IRIS_i = (coord_i; X\tau_i; Y\tau_i).$$

Luego son computadas todas las trayectorias para esta nueva configuración de los IRIS. Este procedimiento se repite un número  $L$  de permutaciones para lograr una gran cantidad de trayectorias aleatorias con las que comparar (consideramos  $L = 100$  al inicio, y luego hemos aumentado este número según la capacidad de cómputo intentamos llegar a 1000). Al finalizar, tendremos un grupo importante de trayectorias con sus valores asociados de proporción de casas sociales.

$$T_{i,l} = (p_{i,l,1}, \dots, p_{i,l,N}), \text{ donde } i = 1; \dots; N, l = 1; \dots; L,$$

Usando una interpolación por spline para cada conjunto de cuantiles, se obtienen las trayectorias aleatorias dentro de su tubo de confianza (figura 4). Una vez computado este TC puede chequearse dónde y cómo las trayectorias reales entran en el tubo. Es posible notar en la misma imagen, que solo una pequeña porción de las trayectorias reales se mantienen dentro del tubo de confianza aleatorio, lo que denota la poca cantidad de regiones bien mezcladas para la variable.



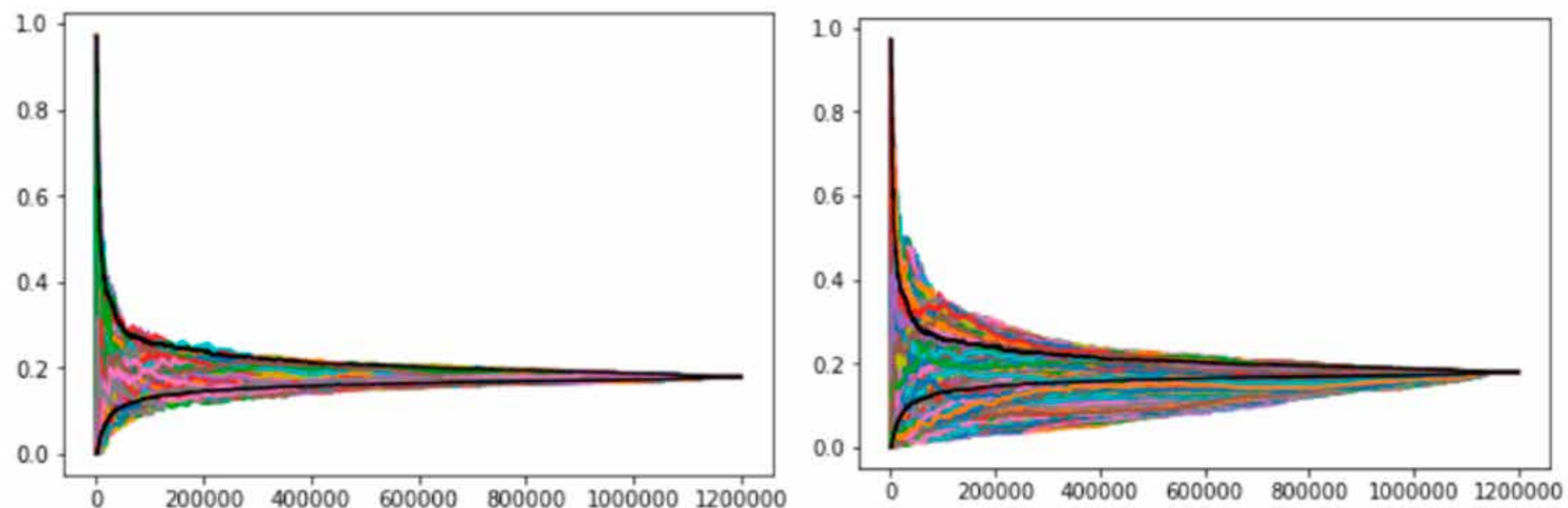


Figura 4: Tubo de confianza mixto (izquierda: Trayectorias aleatorias; derecha: Trayectorias reales).

De este conjunto de trayectorias aleatorias se obtuvo que solo aproximadamente el 6% de las trayectorias reales son mixtas, mientras que el restante 94% representa trayectorias segregadas porque sus curvas tienen más de un 5% fuera del tubo de confianza de las trayectorias aleatorias. En la imagen 2 se muestran cuáles son los IRIS que se comportan de forma segregada y cuáles no, atendiendo a la cantidad de puntos de sus trayectorias fuera del TC aleatorio.



Imagen 2: Comportamiento de los IRIS según Tubo de confianza aleatorio (IRIS segregados; IRIS bien mezclados).

Es notable la alta segregación de los IRIS al Noroeste de la ciudad, y la baja cantidad de sitios en la ciudad que no muestran segregación

### UNA CIUDAD SEGREGADA SIN CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN DE LOS IRIS

En este caso, lo primero es considerar varias arquitecturas y determinar cuáles corresponden a los niveles más altos de segregación por ejemplo, suponer que los mayores niveles de la variable se encuentran en: una parte de la ciudad (Este, Oeste, Sur, Norte), una especie de cuña de pie, o en el exterior de la ciudad (anillo), todo esto teniendo en cuenta la forma del mapa de la ciudad de París que es casi circular y casi convexo.

Se considera entonces la composición global de los IRIS y se organizan de forma decreciente los valores de la variable según la arquitectura seleccionada. Finalmente se siguen los mismos pasos que en la simulación anterior, se generan las trayectorias y se computan los



tubos de confianza. En la figura 5 pueden apreciarse las trayectorias para los IRIS ordenando los valores de casas sociales de Oeste a Este. Además, se observa el comportamiento de las trayectorias reales dentro del tubo de confianza de esta configuración (Oeste-Este).

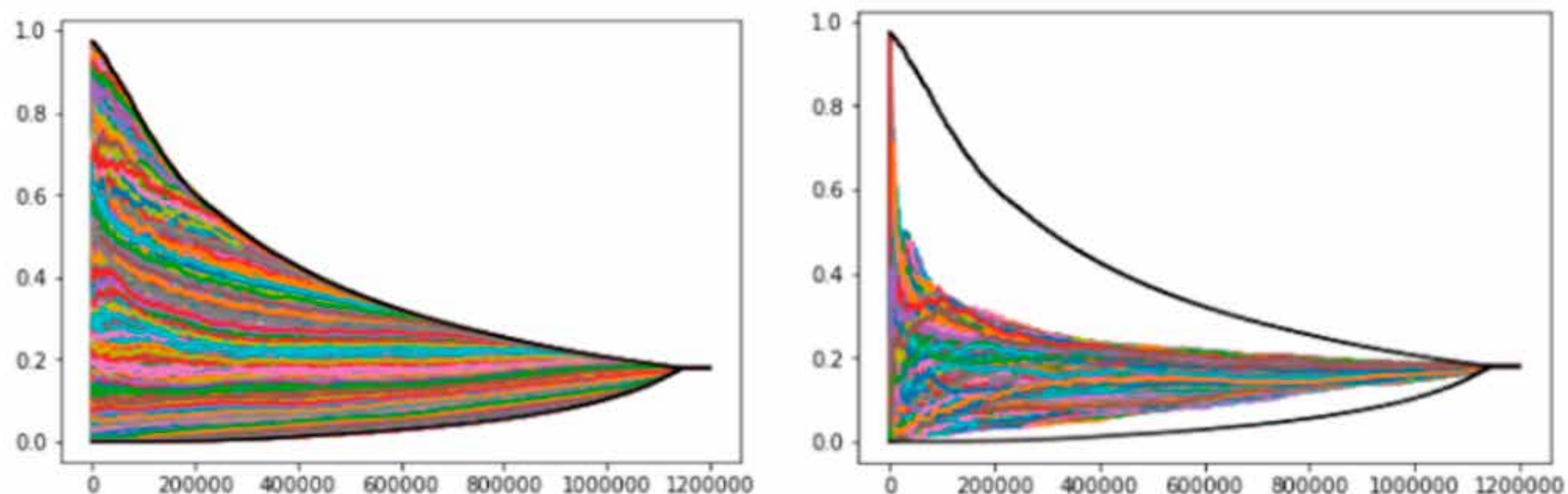


Figura 5: Tubo de confianza Oeste-Este (Trayectorias OE; Trayectorias reales).

Se realiza además una simulación en la que se ordenan los IRIS teniendo en cuenta su distancia al centro de la ciudad. De esta forma surgen dos casos, cuando los mayores valores de la variable serán otorgados a los IRIS que se encuentran en la periferia de la ciudad o cuando son otorgados a los IRIS en el centro de la ciudad. La figura 6, muestra las trayectorias para los cuales se otorgaron mayores valores a las variables para los IRIS en la periferia. Mientras que la figura 7, se presenta el caso inverso donde los mayores valores se otorgaron en el centro de París.

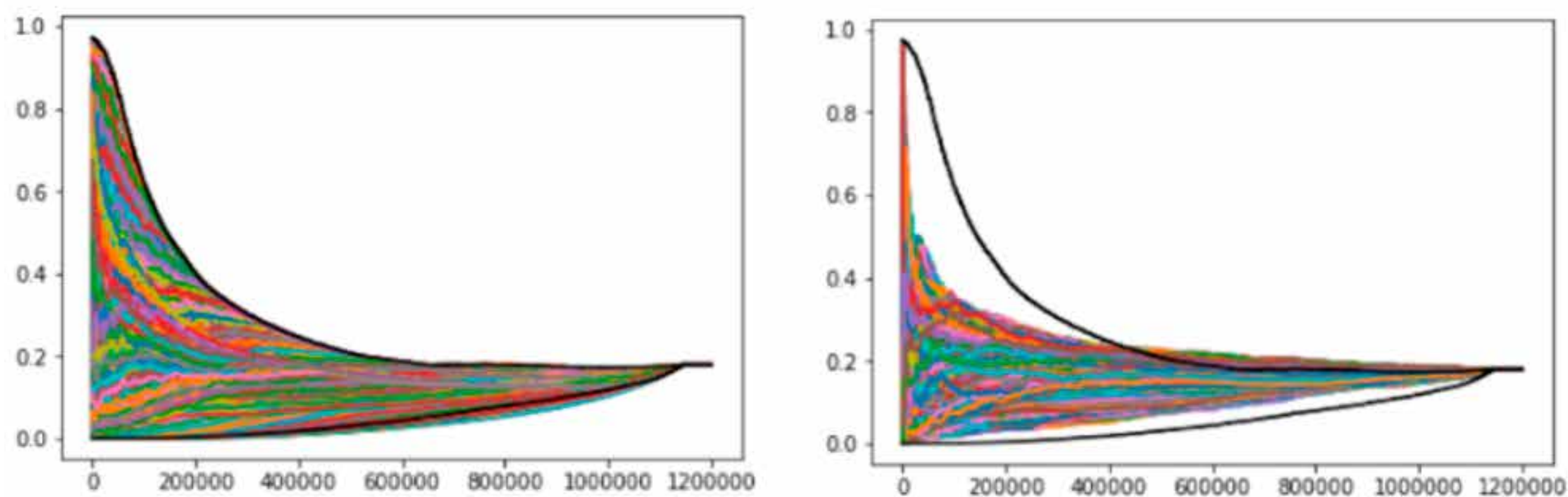


Figura 6: Tubo de confianza Periferia (Trayectorias Periferia; Trayectorias reales).

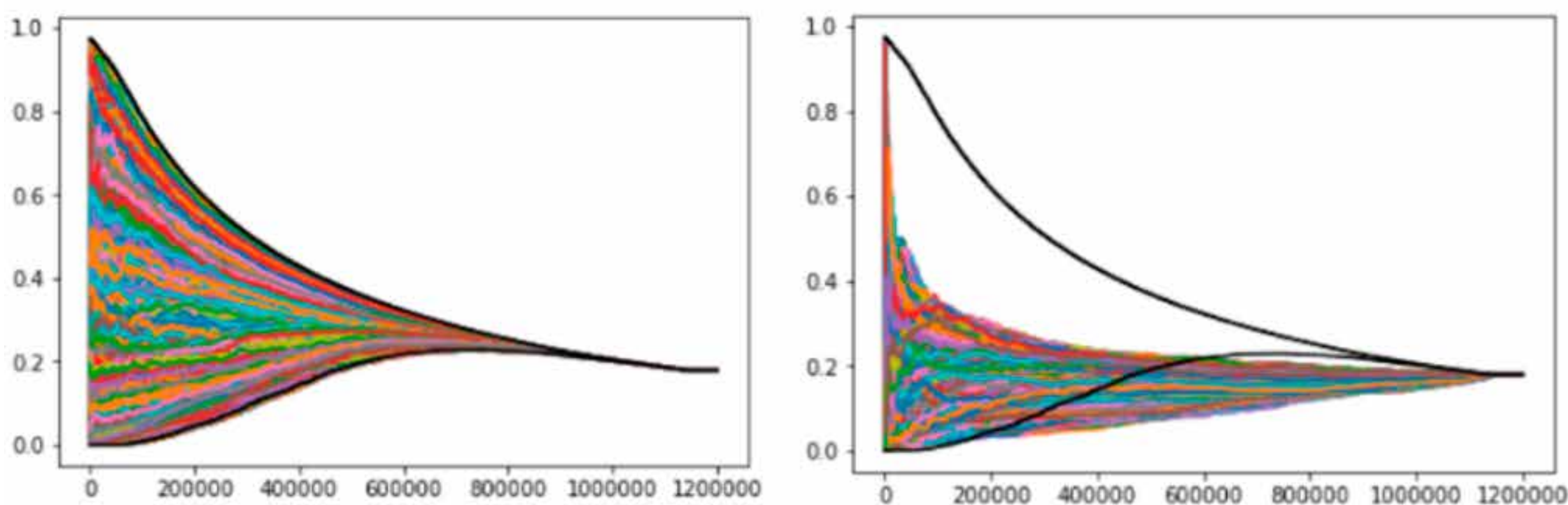


Figura 7: Tubo de confianza Centro (izquierda: Trayectorias Centro; derecha: Trayectorias reales).



Se aprecia en las imágenes que cuando las trayectorias parten del centro de la ciudad, convergen muy lentamente y tienen grandes fluctuaciones, esto se debe a la alta diferencia entre los valores de casas sociales en el centro y en la periferia de la ciudad y la ciudad completa.

### CONVERGENCIA DE LAS SIMULACIONES

Para demostrar la validez de las simulaciones puede observarse el comportamiento del momento de convergencia de sus trayectorias. En la figura 8 se aprecia que: en el caso de la ciudad bien mezclada (las simulaciones aleatorias) las trayectorias convergen en varios puntos, lo que indica aleatoriedad; en las trayectorias creadas para la periferia hay convergencia tardía pero existen casos de convergencia temprana lo cual está dado por la estructura del mapa de la ciudad y finalmente en las trayectorias creadas para el centro de la ciudad, se retrasa la convergencia de todas las trayectorias, lo que equivale a una ciudad bien segregada.

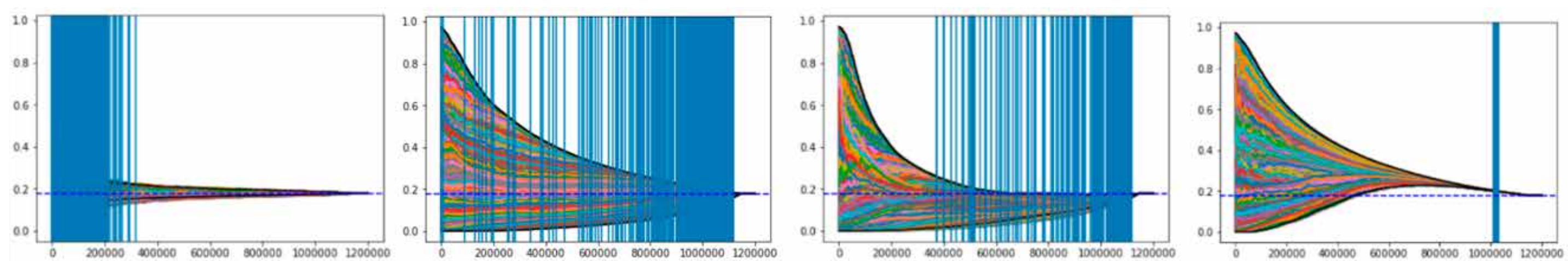


Figura 8: Convergencia de las Trayectorias simuladas (Aleatoria; OE; Periferia; Centro).

Teniendo en cuenta la cantidad de pasos que necesita dar una trayectoria para converger, es posible graficar el mapa de París. Atendiendo a este valor, mientras más tardía sea la convergencia, indica más segregación de esta área. Véase cómo luce París (imagen 3), para las simulaciones, donde se concentra el valor de la variable hacia un punto de la ciudad lo que implicará una convergencia más lenta en ese punto.



Imagen 3: Mapa de convergencia para las Trayectorias simuladas (Aleatoria; Oeste- Este; Centro; Periferia).

### MÉTODOS DE COMPARACIÓN DE TRAYECTORIAS

El método explorado para comparar los diferentes escenarios de simulación es el de calcular las áreas de los diferentes tubos de confianza, que están fuera del tubo de las trayectorias reales. Como se evidencia en las imágenes anteriores el tubo de confianza que más se acerca al comportamiento de las trayectorias reales es el de la simulación ubicando el mayor número de casas sociales en la periferia. La figura 9 muestra las comparaciones de los tubos de confianza de las distintas simulaciones con el de las trayectorias reales.



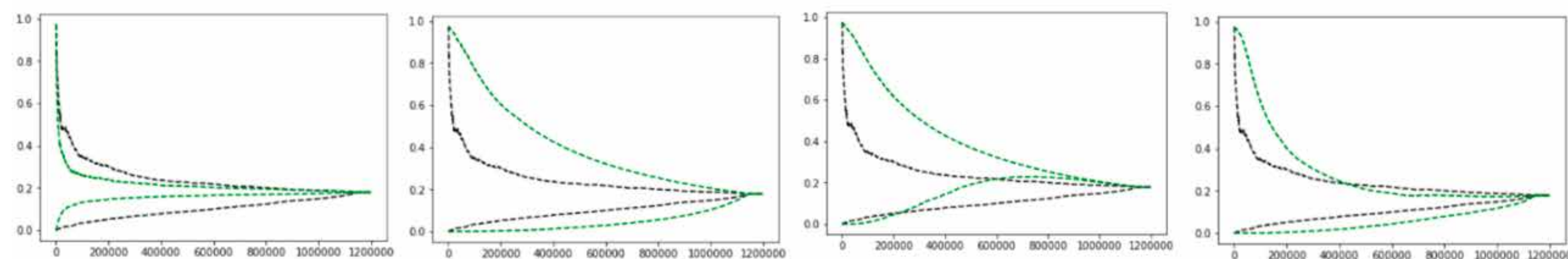


Figura 9: Tubo de confianza de trayectorias reales comparado con trayectorias simuladas (Aleatorio; Oeste-Este; Periferia; Centro)

La tabla 1 recoge las diferencias entre las áreas de los tubos de confianzas simulados y el tubo real. Puede apreciarse al igual que en la imagen anterior, que las trayectorias para la periferia de la ciudad son las más similares al comportamiento de la ciudad completa.

Este resultado es similar al obtenido en el artículo (Olteanu, Hazan, Cottrell & Randon-Furling, 2018) en el cual se representa en el mapa de la ciudad de París la densidad de las variables obtenidas y muestra una mayor concentración del número de viviendas sociales en la periferia de la ciudad. Si se estudia sociológica y demográficamente la ciudad, es posible conocer que en estas zonas habitan la mayor cantidad de emigrantes y estudiantes. Por esta razón, es de gran interés darle continuidad a este trabajo para poder apreciar el comportamiento de otras variables y encontrar correlaciones entre ellas.

Tabla 1: Diferencia de áreas entre los Tubos de confianza simulados y el real.

	Diferencia con TC Real
Aleatorio	102805.61
Oeste-Este	239948.94
Periferia	98624.19
Centro	117770.52

## CONCLUSIONES

Se presentó una comparación empírica entre un conjunto de trayectorias simuladas que muestran el comportamiento de la proporción de casas sociales en la ciudad de París con las trayectorias reales obtenidas, con el fin de detectar niveles de segregación en la ciudad.

El mayor número de casas sociales en esta ciudad se establecen en la periferia de la ciudad por lo que puede afirmarse que existe segregación para esta variable. Se hizo un estudio de la convergencia de las trayectorias, así como una comparación entre las simulaciones empíricas y las trayectorias que describen la ciudad para la variable en cuestión.

En un futuro se pretende estudiar el comportamiento espacial de otras variables para grandes ciudades, principalmente en La Habana y París. Serán de interés abordar problemas sociales existentes como el envejecimiento poblacional y un grupo de factores que influyen en el bienestar de la población envejecida como es el caso de la asistencia médica, el acceso a la transportación, estructuras de empleo, etc. Actualmente se cuenta con los datos del censo del 2012 en Cuba y la geolocalización de las manzanas de La Habana, por lo que el estudio se centrará primeramente en detectar el comportamiento de la distribución de grupos etarios en



la ciudad de La Habana y su acceso a centro de interés como hospitales, centros recreativos. Se trabaja en colaboración con el Centro de Estudios Demográficos, la Oficina Nacional de Estadística e Información y Geocuba.

Como finalidad se desarrollará una herramienta computacional (con una interfaz gráfica) para compartir y difundir los resultados entre las comunidades de investigadores en humanidades y ciencias sociales, y especialmente en geografía y demografía. Además será un instrumento de interés para el gobierno de las ciudades, con el que podrán definir qué políticas públicas deben ser aplicadas y constatar el resultado de las mismas. Resultará de un atractivo adicional, inferir el paisaje a partir de las trayectorias, bajo el supuesto de que la ciudad está compuesta por una mezcla de grupos, dada por una variable latente. Se espera incluir un elemento temporal en las simulaciones para poder predecir qué valores tomarán las variables luego de unos años.

## REFERENCIAS

- Adam Douglas, H., & Paweł, P., (2011). Emergence of segregation in evolving social networks. *PNAS*, 108 (21), 8605–8610.
- Addario-Berry, B.A. Reed. (2018). Ballot theorems for random walks with finite variance. *Horizons of Combinatorics*, 17 (1), 9-35.
- Aguilar Domínguez, M. (2017). Las dimensiones espaciales de la segregación residencial en la ciudad de Mérida, Yucatán, a principios del siglo XXI. *Península*, XII( 1), 147-188.
- Arcaute, E., Hatna, E., Ferguson, P., Youn, H., Johansson, A., & Batty, M. (2015). Constructing cities, deconstructing scaling laws. *J. R. Soc. Interface*, 12.
- Batty, M. (2011). Building a Science of Cities. *UCL Centre for Advanced Spatial Analysis*, 170.
- Chodrow, P. S. (2017). Structure and information in spatial segregation. *PNAS*, 114 (44), 11591–11596.
- Furno, A., Fiore, M., & Stanica, R. (2017). Joint Spatial and Temporal Classification of Mobile Traffic Demands. *IEEE INFOCOM 2017- IEEE Conference on Computer Communications*, 1-9.
- Lizarraga, C. (2012). Expansión metropolitana y movilidad: el caso de Caracas. *EURE*, 38 (113), 99-125.
- Loaiza Cerón, W., & Carvajal Escobar, Y. (2014). Índice de Segregación Espacial y Socioeconómico (ISES) en las comunas de Santiago de Cali. *Cuaderno de Vivienda y Urbanismo*, 7 (13), 84-101.
- Medina, P., Goles, E., Zarama, R., & Rica, S. (2017). Self-Organized Societies: On the Sakoda Model of Social Interactions. *Hindawi Complexity*, 16.
- Olteanu, M., & Lamirel, J.-C. (2019). When clustering the multiscalar fingerprint of the city reveals its segregation patterns. *International Workshop on Self-Organizing Maps*, 140-149.
- Olteanu, M., Hazan, A., Cottrell, M., & Randon-Furling, J. (2018). Multidimensional Urban Segregation. *Investigación de Operaciones*.



Olteanu, M., Randon-Furling, J., & Clark, W. (2019). Segregation through the multiscale lens. *Proceeding of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 116 (25), 12250-12254.

Olteanu, M., Randon-Furling, J., & Clark, W. (2019). Spatial analysis in high resolution geo-data. *European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence and Machine Learning (ESSAN)*.

Randon-Furling, J., Olteanu, M., & Lucquiaud, A. (2018). From urban segregation to spatial structure detection. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 0, 1-17.

Schelling, T. C. (1971). Dynamic Models of Segregation. *Journal of Mathematical Sociology*, 1, 143-186.

Copyright © 2020 Dafne García-de-Armas, D., Olteanu, M., Allende-Alonso, S., Almeida-Cruz, Y.



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional.