

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS

**SEGREGACIÓN Y VIOLENCIA COMO FENÓMENOS
EMERGENTES DE LA DINÁMICA SOCIAL EN LA CIUDAD DE
QUITO.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGISTER EN FÍSICA**

TESIS

JOSÉ GABRIEL MENA GUEVARA

jose.mena@epn.edu.ec

DIRECTOR: RAMON XULVI-BRUNET

ramon.xulvi@epn.edu.ec

Quito, mayo 2018

DECLARATORIA

Yo, JOSÉ GABRIEL MENA GUEVARA, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por las normativas institucionales vigentes.



Jose Gabriel Mena Guevara

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por JOSÉ GABRIEL MENA GUEVARA, bajo mi supervisión

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Ramon Xulvi-Brunet', written over a horizontal line.

Ramon Xulvi-Brunet

Dedicado a mi lindo Ecuador.

Los datos utilizados en esta tesis sobre estadística poblacional y estadística cartográfica de Quito fueron obtenidos mediante el portal web del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

La información utilizada en esta tesis sobre los delitos reportados en Quito fueron proporcionados por la Policía Nacional del Ecuador.

Índice general

Índice de figuras	VII
Índice de tablas	VIII
Resumen	IX
Abstract	X
1. Introducción	1
1.1. Segregación	1
1.1.1. Tipos de segregación	1
1.1.2. Factor dominante	3
1.2. Segregación y los sistemas complejos	3
1.3. Medidas de segregación	4
1.4. Modelos de segregación	4
1.5. Segregación y violencia	6
1.6. Esquema de la tesis	7
2. Segregación en Quito	8
2.1. Grupos sociales considerados en este estudio	8
2.2. Medición de la equidad	11
2.3. Resultados	13
2.4. Discusión	17
3. Algoritmo basado en agentes	18
3.1. Interacciones del algoritmo	19
3.2. Implementación del algoritmo	19
3.3. Simulaciones	21
3.3.1. Caso de dos etnias y dos distribuciones de sueldos	21
3.3.2. Caso de cuatro etnias y cuatro distribuciones de sueldos	23
3.4. Discusión	25
4. Análisis de la segregación	27
4.1. Descripción del método	28
4.1.1. Una ciudad donde el factor étnico es dominante	28
4.1.2. Una ciudad donde el factor socioeconómico es dominante	31
4.2. El factor dominante de Quito	32

4.3. Discusión	34
5. Segregación y violencia	35
5.1. Grupos socioeconómicos y tipos de delitos	36
5.1.1. Correlación cualitativa	37
5.2. Discusión	37
6. Conclusiones y recomendaciones	39
Bibliografía	41
A. Algoritmos de segregación	45
A.1. Algoritmo étnico: Cuatro etnias	45
A.2. Algoritmo socioeconómico: Cuatro etnias	47
B. Algoritmo estadístico	50
B.1. Para una ciudad hipotética	50
B.2. Para Quito	51

Índice de figuras

1.1. Ejemplo del modelo bi-dimensional de Schelling	5
1.2. Mapas de vulnerabilidad social y pobreza de Quito.	6
2.1. Representaciones de las distribuciones de la etnia blanca en los barrios de Quito	13
2.2. Índices de disimilitud y entropía para los grupos étnicos.	14
2.3. Índices de disimilitud y entropía para los grupos socioeconómicos.	14
2.4. Índices de disimilitud y entropía para los grupos académicos.	15
2.5. Índices de disimilitud y entropía para los grupos culturales.	16
3.1. Resultados de simulaciones para dos étnias y $r = 2$, cuando el factor étnico es dominante	21
3.2. Resultados de simulaciones para dos étnias y $r = 2$, cuando el factor socioeconómico es dominante	22
3.3. Resultados de simulaciones para cuatro étnias y $r = 5$, cuando el factor étnico es dominante	23
3.4. Resultados de simulaciones para cuatro étnias y $r = 5$, cuando el factor socioeconómico es dominante	24
3.5. Distribuciones en los barrios de Quito de algunos grupos socioeconómicos y étnicos	26
4.1. Segregación étnica de la ciudad hipotética	28
4.2. Segregación socioeconómica de la ciudad hipotética	29
4.3. Porcentaje inicial versus porcentaje final que representan los grupos étnicos y socioeconómicos.	30
4.4. Porcentaje inicial versus porcentaje final que representan los grupos étnicos y socioeconómicos	31
4.5. Porcentaje inicial versus porcentaje final que representan los grupos étnicos y socioeconómicos de Quito	32
4.6. Diferencia entre las distribuciones iniciales y finales de los grupos de cada factor social	33
5.1. Parroquias de la ciudad de Quito.	36
5.2. Ingresos medios versus el número de delitos reportados en cada parroquia de Quito	37

Índice de cuadros

2.1. Lista de grupos étnicos.	9
2.2. Lista de grupos socioeconómicos	9
2.3. Lista de grupos académicos	10
2.4. Lista de grupos culturales.	10

Resumen

La segregación es un fenómeno social, definido como la distribución no-trivial de grupos humanos en una ciudad. Este fenómeno emerge de la preferencia de los individuos por vivir en barrios con personas de características similares. Estas características pueden relacionarse con factores sociales como la étnia, los ingresos o el nivel de educación de una persona. En esta tesis se estudia el factor dominante en la dinámica segregacional de Quito. Este factor dominante es definido como el motivo principal para que las personas deciden mudarse o no a otro barrio. La primera propuesta es un algoritmo basado en agentes que permita caracterizar el proceso segregacional de un factor dominante. La segunda propuesta es un algoritmo estadístico que toma como punto de partida la segregación existente en una ciudad para estimar cual factor es el dominante. Con los resultados, cuando se aplican estos algoritmos en Quito, se concluye que el factor socioeconómico es el dominante. Finalmente, se estima una relación entre la segregación socioeconómica de Quito y diferentes tipos de delitos reportados en la ciudad.

Palabras clave: *Segregación, Algoritmos, Factor dominante, Quito, Delitos.*

Abstract

Segregation is a social phenomenon, defined as the non-trivial distribution of human groups in a city. This phenomenon emerges from the preference of persons for living in neighborhoods with people of similar characteristics. These characteristics can be related to social factors such as the ethnicity, income or level of education of a person. In this thesis the dominant factor in the segregational dynamics of Quito is studied. This dominant factor is defined as the main reason for people to decide to move or not to another neighborhood. The first proposal is a agent-based algorithm that allows to characterize the segregational process of a dominant factor. The second proposal is a statistical algorithm that takes as a starting point the existing segregation in a city to estimate which factor is the dominant one. With the results, when these algorithms are applied in Quito, we concluded that the socioeconomic factor is the dominant one. Finally, a relationship is estimated between the socioeconomic segregation of Quito and different types of crimes reported in the city.

Key words: *Segregation, Algorithms, Dominant factor, Quito, Crimes.*

Capítulo 1

Introducción

1.1. Segregación

Las sociedades, descritas a escala urbana, suelen presentar una propiedad emergente denominada *segregación*, que se puede definir como la distribución geográfica no-homogénea de dos o más grupos de personas en un espacio urbano [1, 2]. La segregación, de acuerdo al modelo de Schelling [3–5], se produce por la preferencia de los individuos por vivir en ciertas áreas de una ciudad en función de las características de los individuos que las habitan. Estas características pueden relacionarse con factores sociales tan distintos como la etnia, los ingresos económicos, la educación, la cultura, etc [6, 7].

La segregación puede ser directa o indirecta [6, 7]. La segregación directa es la que emerge cuando las personas se mudan hacia áreas de su preferencia [8–12]. La segregación indirecta se produce cuando son los vecinos de un individuo los que se mudan [13, 14]. Por ejemplo, si las personas con altos ingresos económicos prefieren vivir en ciertas áreas, al mudarse se segregan de forma directa. Pero para las personas con los menores ingresos económicos es más difícil encontrar un área donde mudarse y al no tener la posibilidad de hacerlo, son segregados de forma indirecta [15, 16].

1.1.1. Tipos de segregación

Existen muchos posibles factores que impulsan a los individuos a mudarse dentro de una ciudad [8–25]. Unos pueden ser impulsados a mudarse en pos de buscar mejores colegios para sus hijos, otros en pos de vivir en áreas rodeadas de personas étnicamente similares, y otros por vivir en áreas muy costosas. Pero suele ocurrir que, dada una ciudad, existe un factor por el cual tienden a mudarse la mayoría de personas, es decir, un factor que impulsa la segregación. Por ejemplo, O. Duncan y B. Duncan [9], suponen que la razón principal para que los individuos se muden dentro de una misma ciudad es étnica. Esta segregación étnica puede tener sus orígenes en que las personas pertenecientes a la etnia negra perciben menores sueldos y son segregadas indirectamente en áreas con acceso a servicios básicos de mala calidad [11, 12]. Un caso diferente ocurre para las personas de etnia blanca, que perciben sueldos mayores y habitan áreas con acceso a mejores servicios básicos [13]. Las marcadas diferencias salariales son la causa

de que las personas con mayores ingresos busquen habitar cerca de grupos de etnia blanca, mientras que las personas con menores sueldos son forzadas a permanecer en áreas más pobres [14, 15]. Muchas de estas áreas pobres coinciden especialmente con los grupos de etnia negra [16]. De estos comportamientos emerge indirectamente una segregación socioeconómica, es decir, la distribución no-homogénea de personas con diferentes sueldos.

Otros investigadores indican que la razón principal por la que se mudan la mayoría de personas podría ser socioeconómica [22]. Varios estudios suponen que los barrios se conforman en función de los ingresos de las personas que los habitan [17–23]. Los resultados de estos estudios concluyen que los diferentes grupos socioeconómicos están segregados en las ciudades [8, 17]. Investigaciones semejantes concluyen que, al existir brechas salariales entre las etnias, los grupos étnicos tienden a colindar cuando las personas que los constituyen tienen sueldos semejantes [17, 18]. En las áreas más pobres puede existir grupos de personas de etnia negra, blanca o asiáticos [19, 20], y en áreas muy adineradas se puede observar la misma diversidad de grupos étnicos [21, 22]. Estas observaciones proponen que de la preferencia de las personas por vivir con otras de iguales ingresos económicos emerge primero una segregación socioeconómica y, como consecuencia una segregación étnica.

Los investigadores estudian principalmente las posibles relaciones entre la segregación étnica y socioeconómica [8–23]. Pero estos tipos de segregaciones pueden tener otras consecuencias. E. Frankenberg [24] plantea cómo se produce una segregación académica, étnica y socioeconómica. En los EEUU, los impuestos que las personas pagan determinan la calidad de la educación pública a la que acceden. Esta forma de administración puede fomentar indirectamente segregación étnica, socioeconómica y académica [24–28]. Muchos institutos de educación pública tienen mayoritariamente estudiantes de una etnia [24]. Otros institutos tienen alumnos de diferentes etnias, pero de escasos recursos económicos [25]. La segregación académica no solo puede ser vista como un efecto [26], ya que para personas que asisten a escuelas de mala calidad sus posibilidades de conseguir títulos académicos superiores son menores [27, 28]. Estas limitaciones pueden causar que áreas con personas con menores sueldos puedan ser también áreas de personas con menores estudios académicos [28]. Esta posible relación entre los estudios académicos e ingresos económicos causa una segregación académica e indirectamente una segregación socioeconómica.

La migración a las ciudades puede acarrear otro tipo de segregación. D.Y. Yuan [29] propone que los inmigrantes de China buscan habitar cerca de personas que compartan su idioma o costumbres, puesto que les facilita adaptarse y progresar en una ciudad. Este comportamiento tiene como consecuencia la formación de asentamientos de inmigrantes de China. En este caso y otros parecidos, podemos hablar de una segregación cultural, es decir, la distribución no-homogénea de personas por el anhelo de vivir con personas que hablan el mismo idioma y tienen las mismas costumbres [30–32].

1.1.2. Factor dominante

Los investigadores que estudian la segregación social suelen asumir que el factor principal que impulsa la segregación es o bien el socioeconómico, o bien el étnico [8–20]. Sin embargo, en los párrafos anteriores se puede ver que puede existir más factores, y que hay una discusión académica por saber que factor es el principal responsable del proceso segregacional. En esta tesis, a este factor principal lo vamos a llamar *factor dominante* y lo definimos como el detonante para que la mayoría de las personas finalmente decidan mudarse o no.

En esta tesis, se propone un método para encontrar el factor dominante, ya que lo consideramos una prometedora forma de entender las bases fundamentales de este fenómeno [1–7]. Por ello, proponemos dos algoritmos, cuyos resultados permitirán encontrar el factor dominante en una ciudad. Estos algoritmos también se aplican en Quito. En capítulos posteriores de esta tesis se describen cada uno de los algoritmos.

1.2. Segregación y los sistemas complejos

Los sistemas complejos son un nuevo campo del conocimiento que tiene como principal objetivo estudiar cómo las interacciones locales entre las distintas partes de un sistema dan lugar al comportamiento colectivo o global de éste [33–36]. Cuando la descripción del sistema se hace en base a las interacciones locales o microscópicas que se dan entre sus partes constituyentes se suele hablar de una descripción, modelización, o caracterización *microscópica* del sistema. Cuando la descripción se hace en base al comportamiento dinámico del sistema como un todo, esto es, a un nivel colectivo o global, se habla de una descripción, modelización, o caracterización *macroscópica* del sistema [33].

Suele darse que la descripción macroscópica es la más interesante, porque puede dar una idea de como se comporta globalmente el sistema, en función de unas pocas variables que en principio, se podrían medir fácilmente [34]. Sin embargo, la descripción macroscópica puede ser la más difícil de lograr, puesto que normalmente no se tiene indicios de qué variables son las más adecuadas para modelar el sistema. La descripción microscópica suele ser más sencilla, porque se sabe cuales son las interacciones microscópicas o locales [35]. El inconveniente de esta descripción microscópica es que resulta poco práctica ya que, al tratarse de un sistema constituido de muchas partes que interactúan, la descripción colectiva del sistema está en función de muchísimas variables. Por esta razón, los investigadores abordan los estudios de los sistemas complejos con simulaciones por computadora, ya que permite simular el comportamiento macroscópico de un sistema a partir de las interacciones microscópicas conocidas [36].

La segregación se puede estudiar tomando como punto de partida la teoría de los sistemas complejos [37]. Dentro de este contexto, la sociedad es un sistema complejo y las personas constituyen la base de la descripción microscópica. En este caso, las interacciones entre individuos abstraen las preferencias de las personas y también abstraen cómo las personas se mudan. En la descripción macroscópica, como consecuencia de

las interacciones entre individuos, emerge lo que se denomina segregación.

Entender la segregación (como fenómeno macroscópico del comportamiento del sistema) a partir de las preferencias de los individuos (interacciones microscópicas) requiere de simulaciones, puesto que analíticamente no sabemos como relacionar las dos definiciones. Estas simulaciones por computadora [36] y técnicas estadísticas también son utilizadas usualmente en el campo de los sistemas complejos [40]. Por estas razones y las descritas en el parrafo anterior, estudiamos la segregación desde este punto de vista. Este enfoque ya ha sido utilizado por otros físicos [37–40] y los resultados han demostrado que es una forma adecuada de estudiar la segregación.

1.3. Medidas de segregación

La segregación se puede medir de varias formas dependiendo del aspecto que se quiera resaltar. Existen cinco clases de medidas estadísticas para medir la segregación: *Equidad*, *Exposición*, *Concentración*, *Centralización* y *Agrupamiento* [41]. En un barrio de una ciudad, la *Equidad* mide el equilibrio entre las proporciones de los grupos sociales. *Exposición* mide el grado de contacto o la probabilidad de interacción entre los grupos sociales de un barrio. La *Concentración* es la razón entre el número de habitantes de cada grupo social y el total de personas en cada barrio. La *Centralización* se relaciona con el grado de cercanía de un grupo social a un centro urbano. Finalmente, la *Agrupación* mide el grado con el que los barrios habitados por miembros de un mismo grupo social colindan entre sí.

Estos criterios son independientes y cada uno refleja una dimensión distinta de la segregación [41–44]. Además, los grupos sociales pueden estar segregados de formas diversas y un análisis exhaustivo requiere de todos los criterios anteriores. Pero para evidenciar en un contexto global qué tan segregado está un grupo social, de estos cinco criterios, lo más usual entre los investigadores es utilizar la *equidad* [41, 42]. Existen varios índices para medir la equidad, cuantificando la homogeneidad con la que se distribuye un grupo social en la ciudad [41].

Los índices de equidad suelen ser ampliamente usados para evidenciar la segregación de una ciudad [43, 44]. Un índice de equidad puede ser suficiente para medir la segregación, sin embargo, con el fin de comprobar la consistencia de los resultados, en esta tesis, se utilizan dos índices de equidad: la *disimilitud* y la *entropía social*. La descripción formal de estos índices se presentan en el Capitulo 2.

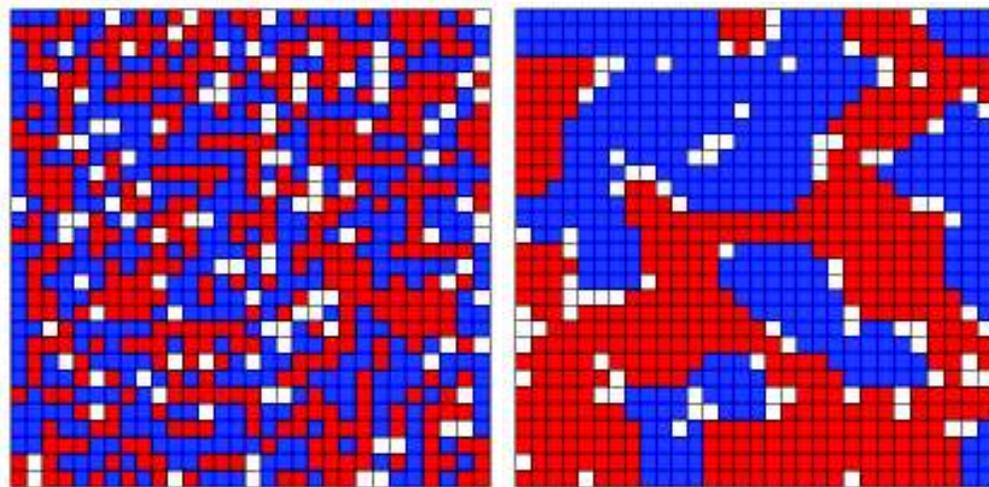
1.4. Modelos de segregación

Los individuos se agrupan y separan por muchas razones y de múltiples maneras. Existe segregación por sexo, edad, ingresos, lenguaje, religión, étnia, cultura, etc. En 1971, Thomas Schelling propuso un modelo para explicar cómo emerge la segregación y su propuesta fue que ésta tiene sus orígenes en la decisión de las personas por vivir en barrios cuyos vecinos tienen características similares [2]. Schelling propuso su mo-

delo para estudiar la segregación étnica entre blancos y negros en los EEUU, pero la idea básica se puede aplicar para el estudio de cualquier población dividida en grupos sociales.

El modelo original de Schelling [5] representa una ciudad como un tablero dividido en filas y columnas. En cada cuadro sólo se ubica una persona o una vacante, ya que para mover a las personas es necesario que cierto porcentaje de los cuadros no esté ocupada. El algoritmo funciona de la siguiente manera: Inicialmente, las personas y vacantes se distribuyen aleatoriamente. Después, en cada iteración las personas cuentan a sus vecinos más cercanos, que se definen como los ocho cuadrados circundantes. Si la mitad de sus vecinos pertenecen a su etnia, permanece en el lugar en el que vive; en caso contrario se muda aleatoriamente a una de las vacantes. Si este proceso se aplica hasta que el sistema alcanza el estado estacionario, entonces se obtiene como resultado una segregación étnica. El *estado estacionario* se alcanza cuando, a nivel macroscópico, no existe cambio alguno en el patrón segregacional durante un intervalo razonable de tiempo.

Más abajo se muestra una simulación del modelo de Schelling descrito en el párrafo anterior, donde se ha usado un tablero de 30x30 con el 10% de los cuadros vacantes. Las etnias tienen el mismo número de personas y se representan con el color rojo y azul. La Figura 1.2(a) ilustra un ejemplo donde inicialmente las personas se distribuyen aleatoriamente en las vacantes. La Figura 1.2(b) ilustra el resultado tras haber alcanzado el estado estacionario. El resultado muestra la formación de agrupamientos de personas de la misma etnia.



(a) Estado inicial de la ciudad

(b) Estado final de la ciudad

Figura 1.1: Ejemplo del modelo bi-dimensional de Schelling.

El modelo original de Schelling es una abstracción eficiente para simular la segregación. Sin embargo, es demasiado simple para explicar la segregación urbana real. El modelo de Schelling está dentro de los *modelos basados en agentes*, un tipo de modelos computacionales también utilizados en los sistemas complejos [45–47]. En esta

forma de modelización, las partes de un sistema complejo se llaman agentes, los cuales pueden interactuar entre sí. Como resultado de estas interacciones, a nivel global se observa propiedades emergentes del sistema, es decir, propiedades que no son intrínsecas de los agentes. Los modelos segregacionales, que utilizan modelos basados en agentes, tienen la ventaja de ser muy flexibles, pues permiten modelar tantos grupos étnicos como se requieran, incluir grupos socioeconómicos o académicos, utilizar otro tipo de interacciones microscópicas, etc. [45]. De esta manera se puede llegar a captar mejor la complejidad que tiene una determinada ciudad [46].

1.5. Segregación y violencia

La segregación se relaciona con un problema social importante como es la violencia urbana [48–55]. La violencia urbana es un fenómeno social que ocurre sin distinción de clase social, sexo, raza, cultura, etc. Sin embargo, la frecuencia con la que ocurren eventos violentos depende de cada área, es decir, la violencia no se distribuye homogéneamente [48, 49].

La Figura 1.2(a) ilustra un mapa de vulnerabilidad social, realizados en el 2004 para el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito [56]. La vulnerabilidad se define como la susceptibilidad que tiene un barrio principalmente a la violencia urbana. La Figura 1.2(b) muestra un mapa de distribución de la pobreza en Quito [57]. Una comparación entre estas dos figuras sugiere la existencia de una posible relación entre la violencia urbana y la segregación socioeconómica [57, 58].

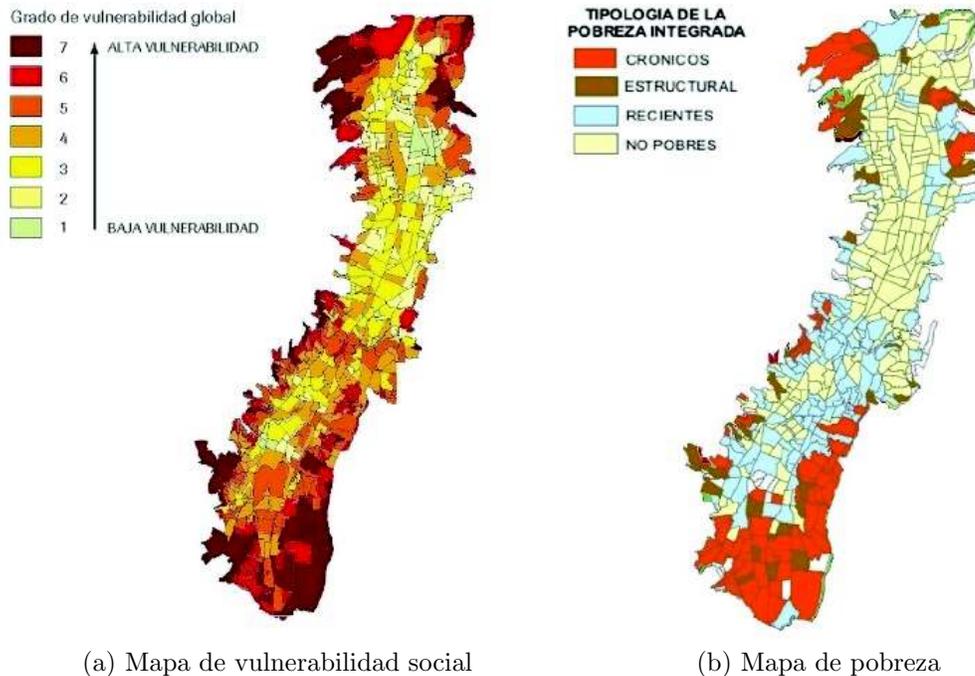


Figura 1.2: Mapas de vulnerabilidad social y pobreza realizados para la ciudad de Quito en el año 2004 y 2005, respectivamente [56, 57].

Debido a los efectos perjudiciales de la violencia, éste es un tema de investigación importante saber como surge. En particular, es importante saber si la violencia se relaciona o no con la causa principal que controla la dinámica segregacional, es decir, con el factor que hemos definido como dominante. Las consecuencias sociales de la segregación y la violencia urbana son tan importantes que varios países del primer mundo (siendo Singapur el ejemplo por antonomasia) están destinando altos presupuestos gubernamentales al estudio cuantitativo de la dinámica subyacente a estos fenómenos [51–55].

Una forma de estimar si existe una relación o no entre la violencia urbana y algún factor social constante en la segregación es calcular la correlación geográfica entre las distribuciones de los grupos sociales y la frecuencia con que ocurren los delitos. Dentro del campo de la estadística existen varias formas de estimar una correlación entre distribuciones [59–62]. En capítulos posteriores se explica como calcular las diferencias entre dos distribuciones.

Cuando se utiliza una medida de correlación entre dos distribuciones para medir su relación, hay que tener en cuenta que su correlación no prueba la causalidad entre ambas [64, 65]. Por ejemplo, muchas investigaciones han observado que la segregación socioeconómica y la cantidad de robos se correlacionan pero ambas pueden ser causadas por la discriminación racial de la etnia negra [48–50]. En algunas ciudades de EEUU esto puede ocurrir debido a que las personas de etnia negra, históricamente, han percibido sueldos menores, y, como resultado, los asentamientos más pobres albergan barrios con mayoría de etnia negra, donde los robos son más frecuentes [48].

1.6. Esquema de la tesis

El objetivo principal de esta tesis es proponer algoritmos que permitan encontrar el factor dominante de la dinámica segregacional en una ciudad, para posteriormente aplicarlos a Quito. En el Capítulo 2 se estudia si Quito es una ciudad segregada o no. Después, se propone dos algoritmos para encontrar el factor dominante en un caso general. Estos algoritmos se encuentran descritos en el Capítulo 3 y 4 de esta tesis. En el Capítulo 5, debido a la importancia para las políticas públicas de una ciudad, se estudia la relación del factor dominante que se ha encontrado en los capítulos 3 y 4 con los delitos reportados en Quito. Finalmente, en el Capítulo 6 se presentan las conclusiones y recomendaciones.

Capítulo 2

Segregación en Quito

En este Capítulo se trata de medir la segregación en Quito. La razón es que antes de poder plantear cualquier hipótesis sobre cual es el factor dominante, primero se necesita saber si se trata o no de una ciudad segregada. Toda la información necesaria se extrae de los datos del Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2010 y los resultados del Censo Nacional Económico del 2011, ambos realizados por el INEC. El espacio que se requiere estudiar es la zona urbana de Quito. El Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2010 es el último realizado en el Ecuador y contiene la información suficiente para poder formar diferentes grupo sociales. Esta información también es la más detallada y precisa que se tiene, la cual permite dividir Quito en 4089 barrios, que contienen 1604775 personas. Los censos posteriores de 1990 y del 2001 no incluyen suficiente información como para formar diversos grupos sociales, este inconveniente dificulta que los censos sean entrelazados de una forma adecuada. Además, las nomenclaturas utilizadas para representar los barrios de Quito son diferentes en cada censo. Por estas dificultades es que el censos de 1990 y del 2001 no fueron considerados dentro del análisis en este capítulo y en los posteriores.

Para que un grupo social esté segregado, en algunas partes de la ciudad debe observarse separaciones entre los grupos sociales. Algunas áreas pueden ser poblacionalmente más densas que otras, por lo que los porcentajes que representan los grupos sociales son relativos. Esta diversidad en las áreas impide determinar si los grupos sociales están segregados a partir de como se distribuyen geográficamente. Medir la segregación permite considerar lo relativo que es cada grupo en cada área y nos da un contexto del grado o nivel de segregación que observamos. En la Sección 2.2 ampliamos más estas declaraciones.

2.1. Grupos sociales considerados en este estudio

Los tipos de segregación con los que se trabaja son los de tipo étnico, socioeconómico, académico y cultural. De los censos se puede conocer la etnia, los ingresos mensuales, el nivel de educación, el lugar de origen y el barrio al que pertenece cada persona. Con esta información se clasifica a las personas de manera que cada persona pertenezca a un grupo étnico, un grupo socioeconómico, un grupo académico, un grupo cultural y a un barrio determinado. Los grupos sociales que se consideran son los siguientes:

- a. En función de la etnia, las personas, se clasifican en 8 grupos étnicos. Los siete primeros grupos son las etnias más representativas del Ecuador y el octavo grupo está conformado por el resto de posibles etnias (Cuadro 2.1). Cada barrio queda caracterizado étnicamente por una distribución étnica dada.

Cuadro 2.1: Lista de grupos étnicos.

	Etnia
1	Indígena
2	Afroecuatoriano
3	Negro
4	Mulato
5	Montubio
6	Mestizo
7	Blanco
8	Otros

- b. Con el rango de sueldos básicos que representa el sueldo mensual de las personas, se clasifica a éstas en 8 grupos socioeconómicos. En el año 2010 el sueldo básico era de \$240. El primer grupo socioeconómico corresponde a las personas con sueldos menores al básico. El segundo grupo son las personas con sueldos mayores o iguales a un sueldo básico y menores a dos sueldos básicos. El tercer grupo son personas con sueldos mayores o iguales a dos sueldos básicos y menores a tres sueldos básicos, y así sucesivamente hasta el séptimo grupo. Finalmente, el octavo grupo son las personas con sueldos iguales o superiores a siete sueldos básicos (Cuadro 2.2). El motivo por el que se considera solo 8 grupos es que el estimador de sueldos del censo económico no contempla sueldos mayores a los \$2000. Esta clasificación da la distribución de grupos socioeconómicos de cada barrio. En estas clasificaciones sólo se considera la población económicamente activa.

Cuadro 2.2: Lista de grupos socioeconómicos

	Rango de sueldos
1	menores al básico (sueldos más bajos)
2	sueldos desde 1 y menores a 2 sueldos básicos (sueldos básicos)
3	sueldos desde 2 y menores a 3 sueldos básicos (sueldos bajos)
4	sueldos desde 3 y menores a 4 sueldos básicos (sueldos medios-altos)
5	sueldos desde 4 y menores a 5 sueldos básicos (sueldos medios)
6	sueldos desde 5 y menores a 6 sueldos básicos (sueldos medios-altos)
7	sueldos desde 6 y menores a 7 sueldos básicos (sueldos altos)
8	sueldos desde 7 sueldos básicos en adelante (sueldos más altos)

- c. Con el nivel máximo de educación formal que las personas han cursado, se clasifica a éstas en 5 grupos académicos. El primer grupo son personas que no culminaron algún tipo de educación formal. El segundo grupo son las personas que cursaron sólo la primaria. El tercer grupo son personas que cursaron hasta la secundaria. El cuarto grupo son personas que tienen estudios hasta de pre-grado. Finalmente, el quinto grupo incluye a personas con estudios de postgrado o superior (Cuadro 2.3). En el quinto grupo se cuenta a las personas con estudios de doctorado o

postdoctorados. No se clasifica a estos últimos como un grupo separado por que en el censo de población no existe la información sobre quienes tienen doctorados o postdoctorados. Dado un barrio, con esta clasificación se puede encontrar su distribución académica. En esta clasificación se considera sólo a las personas que ya no estudian.

Cuadro 2.3: Lista de grupos académicos

	Nivel máximo de educación formal
1	Ninguno
2	Primaria
3	Secundaria
4	Pregrado
5	Postgrado o superior

- d. Las costumbres de cada persona dependen mucho de su lugar de origen. Con esta premisa, se clasifican a las personas en 20 grupos culturales. Para los ecuatorianos se utiliza su región de origen. Para los inmigrantes extranjeros se utiliza el país de origen. Los primeros tres grupos corresponden a las personas de la región sierra del Ecuador dividida en: norte, centro y sur. El cuarto y quinto grupo son personas de la región costa. El sexto grupo son personas de la región amazónica y el séptimo son personas de la región insular o Galápagos. Del octavo al veinteavo grupo corresponden a los migrantes del extranjero cuyos países de origen fueron agrupados en base a su semejanza cultural y el geoesquema utilizado por la ONU [66].

Cuadro 2.4: Lista de grupos culturales.

Lugares de origen					
	Regiones del Ecuador		Otros países		Otros países
1	Región sierra norte	8	Caribe	15	Asia sur
2	Región sierra centro	9	Latinamérica norte	16	Asia central
3	Región sierra sur	10	Latinamérica sur	17	Asia este y sudeste
4	Guayas y Santa Elena	11	Norte América	18	Asia oeste
5	Resto de la región costa	12	Europa del este	19	África
6	Región amazónica	13	Europa del oeste	20	Oceanía
7	Galápagos	14	Ex Unión Soviética		

En el censo de población la mayoría de inmigrantes son personas de América y Europa, y una minoría son de Asia, África y Oceanía. En la clasificación de latinoamérica norte se incluyen países de Centro-América (México, Honduras y otros) y a Venezuela, Colombia y Perú. En latinoamérica sur se incluyen el resto de países de Sudamérica (como Brasil o Argentina). Los europeos están divididos en Europa del este y Europa del oeste. En el censo de población existen pocos inmigrantes de Asia, sin embargo pertenecen a países muy distantes y culturalmente diferentes (como hindúes y japoneses), motivo por el cual son divididos en cuatro grupos. A los inmigrantes de África son considerados en un solo grupo

por el pequeño número que representan. Este criterio también se aplica para inmigrantes de Oceanía (Cuadro 2.4). Con estas clasificaciones, se puede encontrar una distribución cultural para cada barrio de Quito.

2.2. Medición de la equidad

Como ya se ha mencionado, la *equidad* es una medida de segregación [41]. De este tipo de medidas existen varios índices cuyos valores son directamente proporcionales a las variaciones de los porcentajes que representa un grupo social en los barrios. Mientras mayores sean las variaciones en cada barrio, más segregado está el grupo social. Si las variaciones son pequeñas, entonces dicho grupo social muestra una segregación menor. Los índices que utilizamos son la *disimilitud* y *entropía social*.

1. **Disimilitud:** es un índice que mide las diferencias entre la proporción que un grupo social representa en cada barrio y la proporción que dicho grupo representa en la ciudad. Se calcula como la diferencia entre la proporción de un grupo social en cada barrio i , respecto a su proporción en la ciudad. Mientras mayores sean las diferencias entre dichas proporciones, entonces menor será la equidad del grupo social y el valor de la disimilitud será mayor.

$$D = \frac{1}{2TP(1-P)} \sum_{i=1}^n [t_i |p_i - P|], \quad (2.1)$$

donde t_i es la población total de un barrio i , T es la población total de la ciudad, p_i es la proporción de un grupo social en un barrio i y P es la proporción del grupo social en la ciudad.

En una ciudad no segregada, cada grupo social se reparte homogéneamente en la población, es decir, en el 10 % de los barrios se encuentra el 10 % de la población de dicho grupo social, en el 30 % de los barrios el 30 % y así sucesivamente hasta llegar al 100 %. Si estos porcentajes se dibujan como puntos en un plano, lo que se obtiene es una diagonal ideal. En las ciudades segregadas lo usual es que un grupo social no se reparta homogéneamente en la geografía de una ciudad. En el 10 % de los barrios solo un 2 % de la población total del grupo social analizado, en el 30 % de los barrios quizás solo el 15 % de la población del grupo social, entre otras posibilidades. Al dibujar estos porcentajes como puntos en el plano lo que se obtiene es algo más parecido a una curva, que puede ser vista como una curva de Lorenz. La curva de Lorenz es una representación gráfica utilizada para plasmar la distribución relativa de una variable en un dominio determinado [41]. En este caso, la curva de Lorenz tiene como variable el porcentaje acumulado de un grupo social y el dominio son el total de barrios que los contienen. La disimilitud es una forma de caracterizar esta curva de Lorenz y representa la distancia vertical máxima entre la curva de Lorenz y la diagonal ideal.

La disimilitud es cercana a 0 cuando p_i , en todos los barrios, es semejante a P , es decir, el grupo social tiende a distribuirse homogéneamente en la ciudad. La

disimilitud aumenta mientras mayor sea la segregación de un grupo social. Para valores de disimilitud menores a $1/3$ se considera que un grupo social está ligeramente segregado, para valores entre $1/3$ y $2/3$ se considera que está medianamente segregado y para valores mayores a $2/3$ se considera que está fuertemente segregado. El valor máximo de disimilitud es 1 y solo se consigue cuando un grupo social esta totalmente separada del resto, es decir, en algunos barrios representan el total de la población ($p_i = 1$) y en el resto de barrios no se pueden encontrar personas de ese grupo ($p_i = 0$).

2. **Entropía social:** es un índice que mide la incertidumbre que se tiene sobre la distribución de un grupo social en los distintos barrios, conociendo la proporción que representa dicho grupo en la ciudad. Este índice utiliza algunos conceptos de la *teoría de la información*, pero aplicados a cierta información que se tiene en una ciudad. La entropía de la información o de Shannon mide la incertidumbre que tenemos sobre una fuente de información [63]. En el caso de la entropía social, esta fuente de información es la proporción que representa un grupo social en la ciudad. Si las proporciones de un grupo social son iguales en todos los barrios, entonces la fuente de información aporta poco sobre si dicho grupo social está segregado. Caso contrario, si las proporciones de un grupo social son diferentes en todos los barrios, entonces la fuente de información aporta mucho sobre la segregación del grupo social. Matemáticamente la entropía social se define como:

$$\bar{H} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{t_i (H - H_i)}{HT} \right], \quad (2.2)$$

siendo

$$H = (P) \log [1/P] + (1 - P) \log [1/(1 - P)], \quad (2.3)$$

y

$$H_i = (p_i) \log [1/p_i] + (1 - p_i) \log [1/(1 - p_i)], \quad (2.4)$$

donde t_i , T , p_i y P son los mismos que se utilizan en la disimilitud. H es la entropía social de la ciudad y H_i es la entropía social en cada barrio.

La entropía social es 0 cuando $P = p_i$ en todos los barrios, es decir, en este caso conocer P de un grupo social disminuye totalmente la incertidumbre que se tienen sobre p_i , y por tanto no está segregado. Se considera que valores de entropía social menores a $1/5$ significan que un grupo social está ligeramente segregado, valores entre $1/5$ y $4/5$ significan que está medianamente segregado y valores mayores a $4/5$ significan que está fuertemente segregado. La entropía social alcanza su valor máximo cuando $H_i = 0$, lo que significa que conocer P de un grupo social nos da incertidumbre total sobre p_i en cada barrio. Este resultado solo es posible si dicho grupo social representa el total de personas en algunos barrios ($p_i = 1$) y no tiene presencia en el resto ($p_i = 0$).

El número de personas en cada barrio influye mucho en los cálculos de disimilitud o de entropía social. También, estos índices, como toda medida, tienen errores de medición. Por ejemplo, supongamos una ciudad con personas de etnia blanca donde sólo existe un

asiático. En el barrio (a) que habita, él representa el total de la población ($p_a = 1$). Si se calcula los índices de equidad de los asiáticos, tanto la disimilitud y la entropía social son igual a 1. Usando estos índices se podría pensar que los asiáticos están segregados. Sin embargo, la segregación trata de poblaciones y no individuos aislados. Para obtener resultados adecuados, es necesario que el grupo social que se analiza este conformado por un número relevante de personas.

2.3. Resultados

Esta sección inicia tomando como ejemplo la etnia blanca. La Figura 2.1. muestra como la etnia blanca se distribuye en los barrios de Quito. Los errores de medición se calcularon utilizando una propagación de errores para cada índice. Las desviaciones necesarias en estos cálculos son las estimadas por el INEC para los censos. La disimilitud de este grupo étnico es $D = 0,3695 \pm 0,0184$ y la entropía social $\bar{H} = 0,5561 \pm 0,0174$. Estos valores significan que la etnia blanca esta medianamente segregada en la ciudad de Quito. Observando cómo se distribuye geográficamente la etnia blanca, se puede concluir que se concentran en los barrios del centro-norte de Quito.

Los resultados obtenidos para el resto de grupos sociales, de una forma semejante, confirman que todos los grupos sociales están segregados. Los índices de disimilitud y entropía social de todos los grupos sociales del factor étnico, socioeconómico, académico y cultural se pueden observar en las figuras 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5, respectivamente.

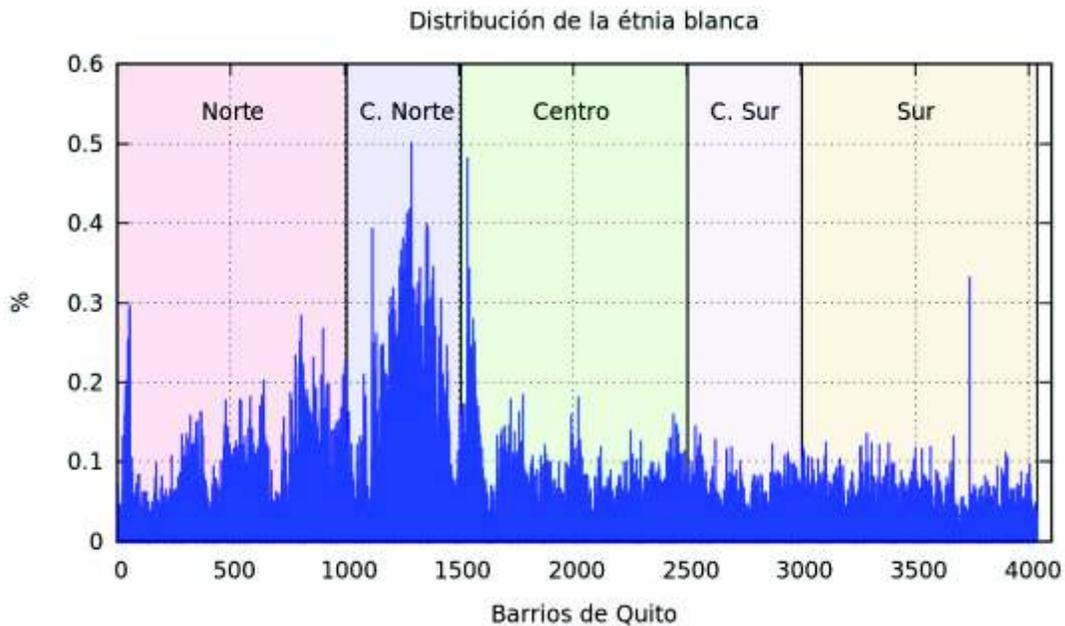


Figura 2.1: Representaciones de las distribuciones de la etnia blanca en los barrios de Quito.

Para los grupos étnicos, la mayoría de valores de disimilitud y entropía social son consistentes entre sí (Figura 2.2). Los valores de disimilitud sugieren que la etnia mestiza está ligeramente segregada y que el resto de grupos étnicos se encuentran me-

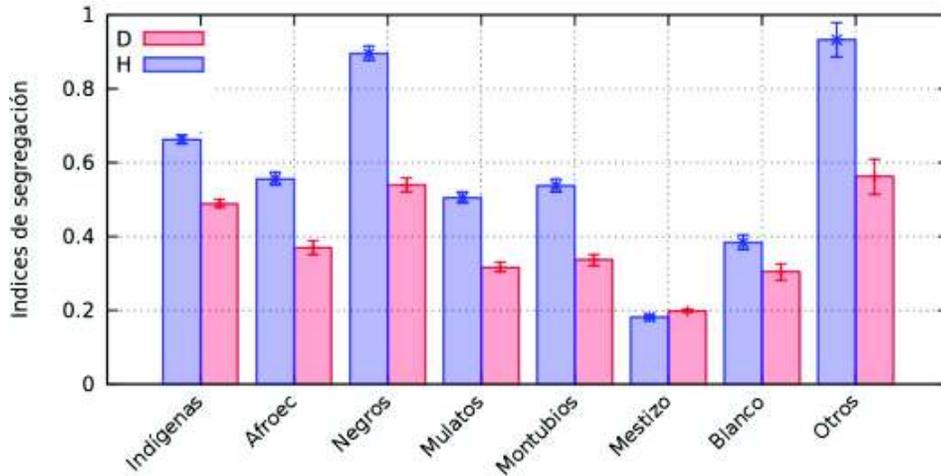


Figura 2.2: Índices de disimilitud y entropía para los grupos étnicos.

dianamente segregados. Por su parte, la entropía social sugiere que los mestizos están ligeramente segregados, los indígenas, afroecuatorianos, mulatos, montubios y blancos están medianamente segregados y finalmente que las personas de etnia negra y de etnias del extranjero están fuertemente segregados.

Las distribuciones geográficas de cada grupo étnico en los barrios de Quito muestran que: la etnia indígena está concentrada en barrios del sur de Quito; los afroecuatorianos, mulatos, negros y montubios en barrios del norte de Quito; la etnia blanca en barrios del centro-norte de Quito; las etnias de extranjero habitan en barrios separados espacialmente unos de otros; y la etnia mestiza representa la mayoría de la población en casi todos los barrios.

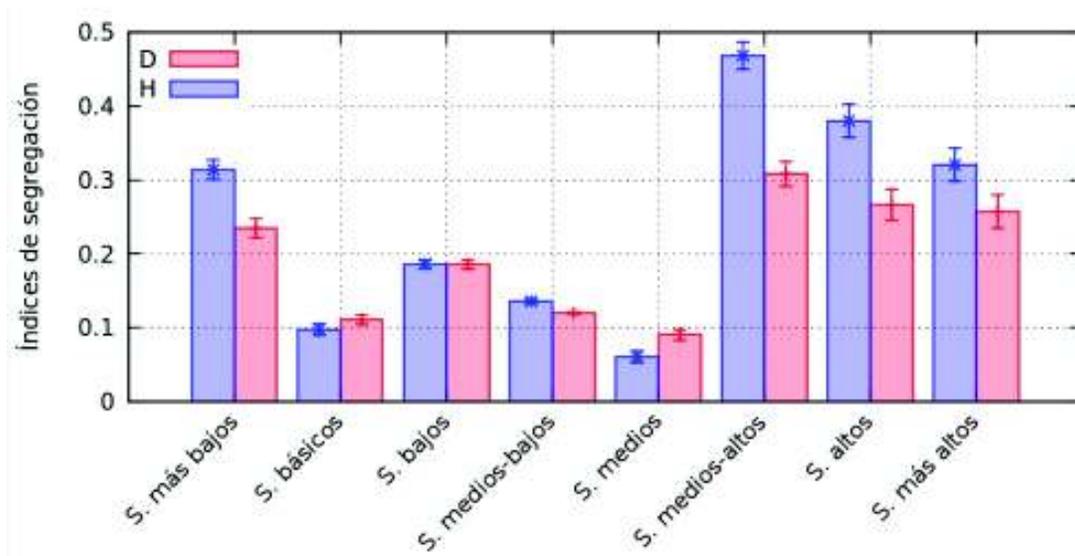


Figura 2.3: Índices de disimilitud y entropía para los grupos socioeconómicos.

Los valores de disimilitud y entropía social son consistentes cuando se habla de segregación socioeconómica (Figura 2.3). Los valores de disimilitud sugieren que todos

los grupos socioeconómicos están ligeramente segregados. Los valores de entropía social sugieren que las personas con sueldos medios-altos están medianamente segregados y que el resto de grupos socioeconómicos están ligeramente segregados. El grupo de personas con sueldos medios son los que presentan los menores valores de disimilitud y entropía; mientras que, por el contrario, el grupo de personas con sueldos medios-altos presentan los valores más altos.

Las distribuciones de los grupos socioeconómicos en cada barrio presentan patrones interesantes. Las personas con sueldos medios-altos, altos y los sueldos más altos, se concentran principalmente en los barrios del centro-norte de la ciudad. Las personas con sueldos medios, medios-bajos y bajos, que pueden considerarse personas de clase media, se concentran en barrios del centro y sur de la ciudad. Finalmente, las personas con sueldos básicos y los sueldos más bajos tienden a concentrarse en los barrios periféricos de Quito.

Los resultados de los grupos socioeconómicos siguen un patrón que intuitivamente se espera ver en una ciudad, es decir, una separación de ricos, clase media y pobres. Muchos de los nuevos asentamientos de personas en la periferia de Quito no suelen tener acceso a servicios básicos como luz eléctrica o agua potable [57]. Estos motivos pueden causar que los arriendos en estos barrios sean más económicos y puede ser el motivo por la cual observamos que las personas con menores ingresos se concentran en la periferia. Por el contrario, los barrios ubicados en el interior de la ciudad, por su antigüedad y cercanía entre ellos, tienen asegurado el acceso a los servicios básicos [58]. Estos barrios están habitados por personas con mejores ingresos y la separación de estos grupos socioeconómicamente distintos podría deberse a otros servicios como: la cercanía a escuelas privadas, la cercanía a oficinas, entre otras posibles razones.

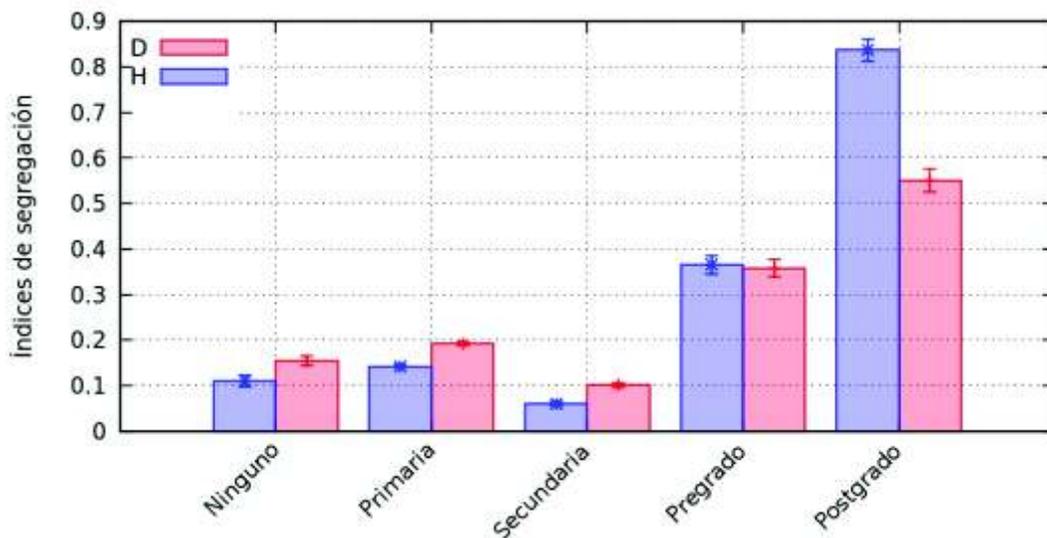


Figura 2.4: Índices de disimilitud y entropía para los grupos académicos.

Observando la Figura 2.4, los valores de disimilitud y entropía social incrementan acorde el nivel de educación formal de las personas. Los valores de disimilitud sugieren que las personas con estudios de pregrado y postgrado están medianamente segregados,

mientras que el resto de grupos académicos están ligeramente segregados. Los valores de entropía social sugieren que las personas con estudios de postgrado están fuertemente segregadas y el resto de grupos académicos están ligeramente segregados.

Las distribuciones geográficas de los grupos académicos muestran que las personas con estudios de pregrado y postgrado se concentran en los barrios del centro-norte de Quito. Los mismos barrios donde están las personas con mayores sueldos y la etnia blanca. Las personas con ningún tipo de educación formal, primaria y secundaria se encuentran distribuidos homogéneamente en la ciudad, de una forma semejante a como se distribuyen la etnia mestiza.

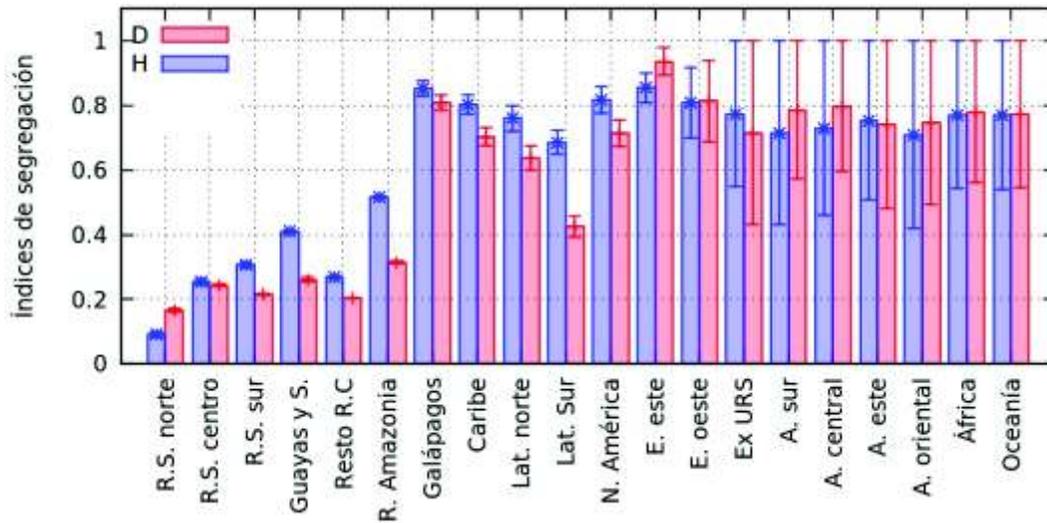


Figura 2.5: Índices de disimilitud y entropía para los grupos culturales.

Los grupos culturales presentan claras diferencias en los valores de disimilitud y entropía social (Figura 2.5). La disimilitud y entropía social muestran que los inmigrantes de Latinoamérica están medianamente segregados y que los inmigrantes de Europa del este están fuertemente segregados. Los índices para los grupos de inmigrantes del Caribe, Norte América, Europa del oeste, Asia, África y Oceanía, tienen errores de medición muy grandes, que se deben al pequeño número que estos grupos culturales representan. Por tanto, no deberíamos extraer conclusiones sobre el nivel de segregación que tienen.

La disimilitud muestra que los ecuatorianos de la región sierra y la región costa están ligeramente segregados, los de la región amazónica están medianamente segregados y los de la región insular están fuertemente segregados.

Las distribuciones geográficas de estos grupos culturales muestran que las personas de la sierra se concentran en los barrios del sur de Quito. Estos barrios son los mismos donde están las personas con sueldos medios y la etnia indígena. Las personas de la región costa están concentrados en los barrios del norte de Quito y el resto en diferentes barrios de la ciudad.

2.4. Discusión

Los dos índices de equidad calculados muestran que todos los grupos sociales que consideramos están segregados en Quito. Los valores calculados de disimilitud son consistentes con los valores calculados de entropía social.

Estos resultados permiten evidenciar que en el 2010 Quito está segregada. Muchos grupos sociales estaban correlacionados geográficamente. La correlación entre los grupos más segregados, hace difícil determinar cuál factor es dominante en la segregación, puesto que índices altos de equidad para un factor implica también valores altos para otro factor, si estos dos están correlacionados.

Estas medidas no pueden utilizarse para determinar qué factor es dominante. La segregación es un fenómeno dinámico y la movilidad de las personas es un punto clave en el proceso segregacional. En cambio, los índices de equidad miden la segregación en un instante de tiempo y no consideran la evolución temporal que pueden haber tenido los grupos sociales.

Capítulo 3

Algoritmo basado en agentes

En la Introducción se plantea la existencia de un factor dominante que gobierna el proceso segregacional en una ciudad. En este capítulo se intenta caracterizar la dinámica segregacional a partir de los distintos factores que motivan a las personas a mudarse. El supuesto principal es que, de todos los factores a considerar, existe siempre uno que es dominante. La propuesta es desarrollar un algoritmo basado en las ideas de Schelling que sea capaz de describir la segregación cuando un factor principal la produce.

El algoritmo, como ocurre en sistemas complejos, se implementa varias interacciones entre individuos, y, a partir de esas interacciones se estudia los resultados macroscópicos con los cuales caracterizar la segregación. Además, se quiere representar de una manera más realista la complejidad de una ciudad. Por estos motivos, se utiliza el enfoque de los modelos basados en agentes. Las ideas centrales del algoritmo giran alrededor de cómo es el proceso de mudanza. En la descripción microscópica, las personas pueden estar cómodas o no en el área donde habitan. Vamos a suponer que uno de esos motivos es más dominante que el resto, hasta el punto que es la causa para que las personas finalmente decidan mudarse o no. En la descripción macroscópica, de este comportamiento se espera observar distintos patrones en la segregación que dependen de las interacciones microscópicas. Por ejemplo, supongamos una persona de etnia blanca con buenos ingresos económicos y estudios de postgrado. Esa persona habita en un área habitada únicamente por personas de etnia negra, pero muy acaudalada. Digamos que él considera al factor étnico como dominante. El área le resulta socioeconómicamente agradable, pero decide mudarse a otro lugar porque no está étnicamente cómodo con sus vecinos. Si en la ciudad el resto de personas usan el mismo criterio, macroscópicamente podríamos observar la formación de grupos socioeconómicos.

La suposición fundamental que se utiliza es que cuando las personas deciden mudarse buscan lugares en donde se sientan cómodos étnicamente, socioeconómicamente, académicamente, culturalmente, etc. Además, se tiene en cuenta que los ingresos de una persona pueden tener importancia práctica en el proceso de mudanza, ya que una persona está limitada por sus ingresos económicos. Por ejemplo, todas las personas también prefieren vivir en lugares espaciosos y con acceso a buenos servicios. Sin embargo, comprar una casa o arrendar un departamento en áreas con todas estas características no está al alcance de todas las personas.

3.1. Interacciones del algoritmo

Las ideas previamente expuestas se abstraen en el algoritmo. Los factores que se consideran son únicamente el factor étnico y socioeconómico. El espacio urbano se representa como una superficie que contiene a un gran número de personas. La posición de las personas puede ser cualquier punto dentro de la superficie. Cada persona pertenece a una etnia y tiene ciertos ingresos económicos, determinados por cierta distribución de sueldos. Estas distribuciones son diferentes para cada etnia. Los vecinos de una persona se definen como todos los individuos dentro de cierto radio, tomando como centro su posición. Las personas conocen el total de vecinos, cuantos de ellos pertenecen a su etnia y los ingresos que tienen. Para el estudio se plantean dos escenarios en los cuales el motivo para que las personas se muden es diferente.

- El primer escenario corresponde a establecer el factor étnico como dominante: Las personas sólo se mudan si no están étnicamente cómodas con sus vecinos. Una persona se queda en su posición si al menos cierto porcentaje de sus vecinos pertenecen a su etnia. Si el porcentaje es menor al de su preferencia, busca en todo el espacio urbano vecindarios donde mudarse. La persona elige un vecindario donde su etnia representa un porcentaje de la población que es mayor al de su preferencia y sus nuevos vecinos tengan ingresos semejantes a los suyos, de manera que pueda pagar su estadía.
- El segundo escenario corresponde a establecer el factor socioeconómico como dominante. Esto significa que las personas sólo se mudan si no están socioeconómicamente cómodas con sus vecinos. Una persona permanece en su vecindario sólo si los ingresos de sus vecinos son semejantes a los suyos. Si los ingresos de sus vecinos son mayores o menores a los suyos, la persona busca un nuevo vecindario donde habitar. La persona elige un vecindario donde su etnia representa un porcentaje de la población que es mayor al de su preferencia y sus posibles vecinos tengan ingresos semejantes a los suyos.

Cuando una persona necesita mudarse puede ser que desconozca totalmente la ciudad. De ser así elige el primer vecindario que cumpla con todos los requisitos necesarios. También puede ser que tenga un conocimiento parcial de la ciudad y elija el mejor vecindario entre las opciones que conoce. Otra posibilidad es que tenga un conocimiento total de la ciudad y elija, de entre todos los barrios, de forma directa el mejor vecindario para mudarse. Las mudanzas continúan hasta que se alcance el estado estacionario.

3.2. Implementación del algoritmo

En el algoritmo, el espacio urbano tiene dimensiones $L \times L$ y contiene un número N de personas. Estas personas son inicialmente distribuidas en la ciudad al azar. Existen varios grupos étnicos (A,B,C,D,...) y los ingresos económicos de cada persona se reparten acorde a una *distribución gaussiana*. Los parámetros de las distribuciones son asignados para cada etnia. El proceso de mudanza consiste en seleccionar aleatoriamente a una persona, y en cada iteración comprobar si está cómodo o no con sus vecinos.

Cuando una persona necesita mudarse, se plantean tres casos en función del conocimiento que tiene sobre la ciudad. El *primer caso* es un desconocimiento total de la ciudad y la persona se muda al primer vecindario que cumpla las condiciones descritas anteriormente. El *segundo caso* es cuando la persona tiene un conocimiento local de la ciudad y selecciona algunos vecindarios que cumplan las condiciones necesarias, pero dentro de este conjunto se muda a su mejor opción posible. El *tercer caso* es cuando la persona tiene un conocimiento global de la ciudad y se muda directamente al área que cumpla mejor con todas las condiciones necesarias para ser seleccionado.

Las interacciones entre personas se pueden implementar de dos formas, que dependen de qué factor se considera dominante en la dinámica segregacional. Cuando se considera que el factor dominante es el étnico, entonces se denomina *algoritmo étnico*. Cuando se plantea al factor socioeconómico como dominante, entonces se denomina *algoritmo socioeconómico*.

Cuando se utiliza el *algoritmo étnico*, la persona cuenta el número total de vecinos y calcula qué porcentaje pertenece a su etnia. El siguiente paso es comprobar si este porcentaje es mayor o igual al valor que prefiere. Si se cumple esta condición la persona se queda. Caso contrario busca nuevas áreas donde cuenta el total de nuevos vecinos, calcula qué porcentaje pertenece a su etnia y los ingresos promedio. La persona selecciona el vecindario donde su etnia representa un porcentaje mayor o igual al de su preferencia y donde los ingresos promedio de sus vecinos sean, con cierto margen de error, cercanos a sus ingresos.

Cuando se utiliza el *algoritmo socioeconómico*, una persona cuenta el número total de vecinos y calcula los ingresos promedio. Después, comprueba si sus ingresos son, con cierto margen de error, semejantes a los ingresos promedio de sus vecinos. Si se cumple entonces se queda. Caso contrario busca nuevas áreas donde cuenta el total de nuevos vecinos, calcula qué porcentaje pertenecen a su etnia y los ingresos promedio. La persona selecciona el vecindario donde los ingresos promedio de sus vecinos sean, con cierto margen de error, cercanos a sus ingresos y su etnia representa un valor mayor o igual al de su preferencia.

Si una persona no encuentra un lugar donde mudarse se queda en su vecindario actual. El proceso sigue hasta que el sistema alcanza el estado estacionario. En las simulaciones puede tomar mucho tiempo alcanzar el estado estacionario, desde horas hasta incluso días, por lo que es necesario optimizar las simulaciones. A partir de cierto punto, las personas que no están a gusto con sus vecinos van a disminuir. Por lo que mientras más tiempo trascurra resulta cada vez más improbable que sean seleccionadas aleatoriamente. Este inconveniente se puede evitar creando listas de personas descontentas con sus vecinos, de manera que solo las personas de esta lista sean las seleccionadas.

Otro motivo que aumenta el tiempo de simulación es que, en cada iteración, hay que contar quienes son los vecinos de la persona seleccionada. Una manera de optimizar este proceso podría ser contar locamente. Nuestra idea es crear un mallado muy denso

sobre la ciudad. En esta malla, cada nodo es el centro de un vecindario. En cada nodo se guarda la información necesaria sobre los vecinos. Cuando una persona selecciona una posición en un nuevo vecindario, se usa la información del nodo más cercano en lugar de calcularla en cada iteración. Cuando la persona acaba mudándose a una nueva posición, se actualiza la información del nodo al que pertenecía antes y al que se mudó.

3.3. Simulaciones

Para mostrar los resultados de los algoritmos se presentan varias simulaciones. Las simulaciones se agrupan acorde al factor que se considera como dominante en el algoritmo. Estos grupos son de *simulaciones étnicas* y de *simulaciones socioeconómicas*. En estas simulaciones, se va a utilizar distribuciones gaussianas para asignar los ingresos de las personas. Esta decisión tiene implicaciones prácticas. En una ciudad real los ingresos no se reparten equitativamente, ya que existen rangos de ingresos más comunes que otros. Por lo que una distribución gaussiana puede ser una buena forma de abstraer la forma en que se distribuyen los ingresos.

3.3.1. Caso de dos etnias y dos distribuciones de sueldos

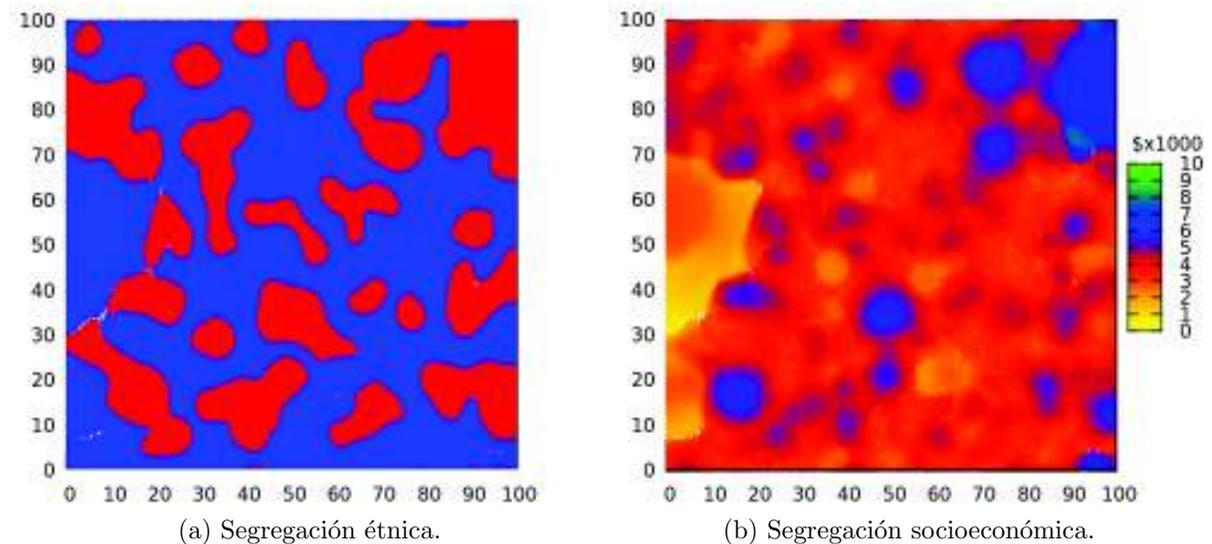


Figura 3.1: Resultados de simulaciones para dos étnias y $r = 2$, cuando el factor étnico es dominante. La etnia A se representa con el color rojo y la etnia B con el color azul. Los ingresos son representados con colores usando la escala cromática, siendo el amarillo para los menores sueldos y el verde para los mayores sueldos.

Primero se considera una ciudad con dos etnias (A y B). Las personas son inicialmente distribuidas geográficamente de manera aleatoria. Cada una de estas etnias representan la mitad de la población. El espacio urbano tiene como lado $L = 100$ y contiene a $N = 1000000$ habitantes. Para los ingresos económicos, se utiliza las distribuciones gaussianas. Los valores medios de cada distribución son \$5000 para la etnia

A y \$3000 para la etnia B, y las desviaciones típicas son \$1000 para cada una de las distribuciones. Estos parámetros para las distribuciones gaussianas se asignan arbitrariamente.

Los resultados de las simulaciones étnicas se muestran primero. Las personas deciden mudarse, si menos del 50% de sus vecinos son de su etnia. La Figura 3.1(a) muestra la distribución de los grupos étnicos y la Figura 3.1(b) muestra la distribución de los grupos socioeconómicos, después de alcanzar el estado estacionario. El margen de error permitido, cuando se requiere comparar los ingresos de una persona con los ingresos promedio del vecindario para mudarse son del 20%, por arriba y por abajo. El radio que se utiliza para delimitar los vecindarios es de $r = 2$ y se considera que las personas desconocen totalmente la ciudad (primer caso).

En estos resultados se observa una segregación directa de las etnias A y B, además se observa una segregación socioeconómica indirecta. En algunos de los agrupamientos étnicos, existen diversos grupos socioeconómicos. En los agrupamientos socioeconómicos se observa que las personas con mejores ingresos se ubican en el centro, y en la periferia se ubican personas con menores ingresos.

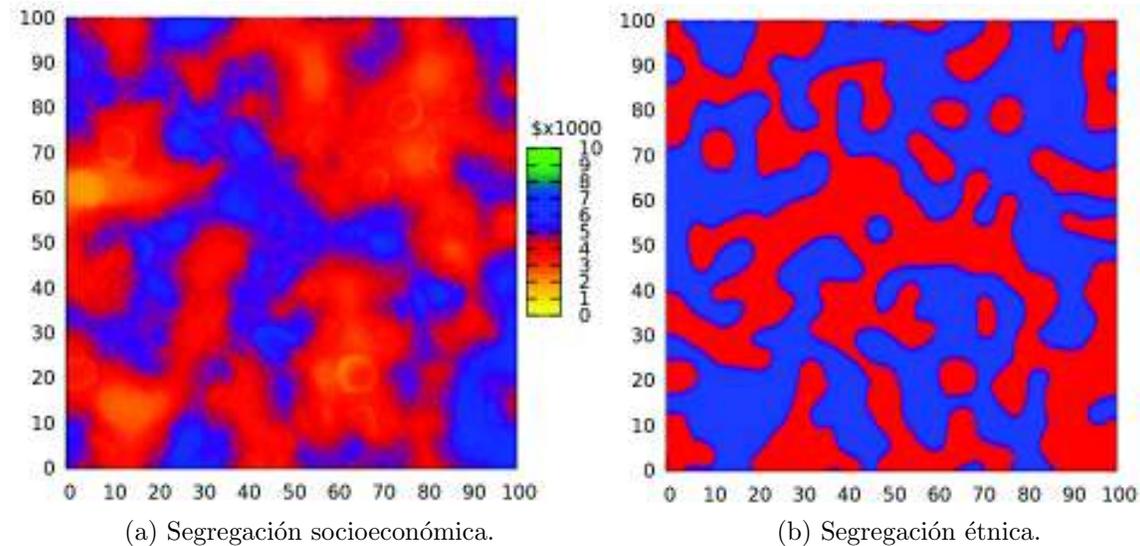


Figura 3.2: Resultados de simulaciones para dos étnias y $r = 2$, cuando el factor socioeconómico es dominante. La etnia A se representa con el color rojo y la etnia B con el color azul. Los ingresos son representados con colores usando la escala cromática, siendo el amarillo para el menor valor y el verde para los mayores sueldos.

Los resultados de las simulaciones socioeconómicas se muestran a continuación. La Figura 3.2(a) muestra la distribución de los grupos socioeconómicos y la Figura 3.2(b) muestra la distribución de los grupos étnicos, cuando se alcanza el estado estacionario. El margen de error con el que se compara los ingresos de una persona con los ingresos promedio del vecindario son del 20%, por arriba y por abajo. Cuando una persona busca nuevos vecindarios, considera el mismo margen de error en los ingresos y que su etnia sea al menos mayor al 50%. El radio que se utiliza es $r = 2$ y se considera que

las personas conocen localmente la ciudad (segundo caso).

En estos resultados se observa una segregación socioeconómica directa y una segregación étnica indirecta. Existen varios agrupamientos socioeconómicos que internamente contienen grupos de las etnias A y B. Los agrupamientos de personas con menores ingresos (gama de colores anaranjados y amarillentos) contienen grandes grupos de la etnia B, pero pequeños grupos de la etnia A. Por el contrario, los agrupamientos de personas con ingresos medios (gama de colores azulados y morados) contienen grandes grupos de la etnia A y pequeños grupos de la etnia B.

Cuando se incrementa el radio r , o se considera que las personas tienen un conocimiento local y global de la ciudad, cualitativamente se obtiene resultados semejantes a los descritos en párrafos anteriores.

3.3.2. Caso de cuatro etnias y cuatro distribuciones de sueldos

Se considera ahora casos con cuatro etnias (A,B,C y D), que respectivamente son el (10 %, 15 %, 50 % y 35 %) de la población total. Estos valores son establecidos arbitrariamente. Los valores medios para las distribuciones gaussianas de los ingresos son \$2500 para las etnia A, \$2500 para la etnia B, \$4000 para la etnia C y \$6000 para la etnia D; y las desviaciones típicas son \$400 para las etnias A y B, y \$800 para la etnia C y D. Los parámetros para las distribuciones gaussianas se asignan arbitrariamente.

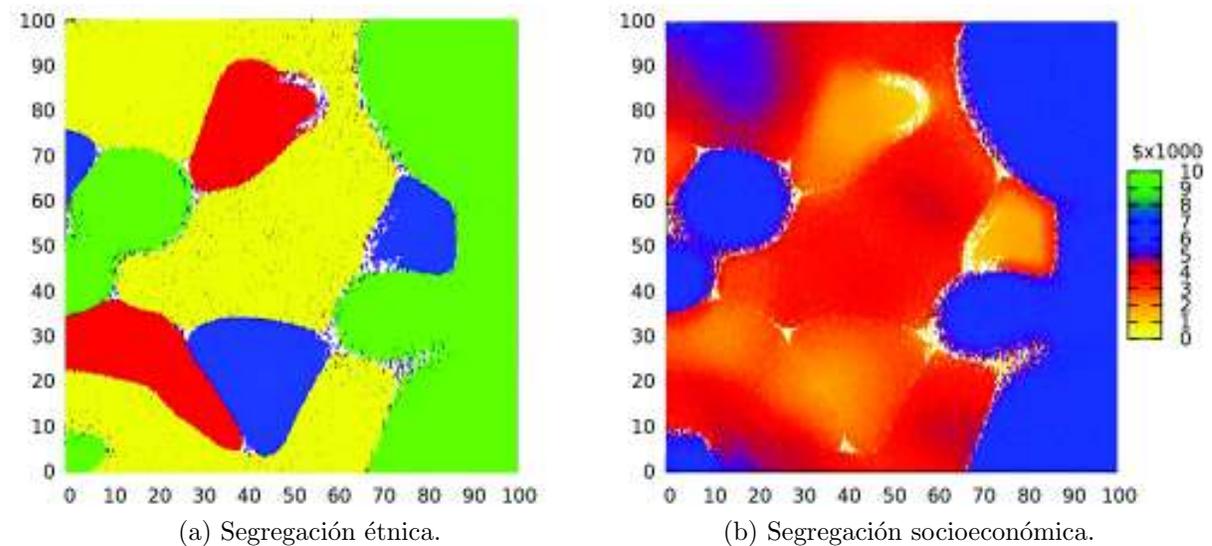


Figura 3.3: Resultados de simulaciones para cuatro étnias y $r = 5$, cuando el factor étnico es dominante. La etnia A se representa con el color rojo, la etnia B con el color azul, la etnia C con el color amarillo y la etnia D con el color verde. Los ingresos son representados con colores usando la escala cromática, siendo el amarillo para los menores sueldos y el verde para los mayores sueldos.

Los resultados correspondientes a las simulaciones étnicas se presentan primero. En estas simulaciones en particular, las personas deciden mudarse o no, si más del 40 %

de sus vecinos son de su etnia. La Figura 3.3(a) muestra la distribución de los grupos étnicos y la Figura 3.3(b) muestra la distribución de los grupos socioeconómicos, cuando se alcanza el estado estacionario. El margen de error permitido, cuando se requiera comparar los ingresos de una persona con los ingresos promedio del vecindario para mudarse son del 20 %, por arriba y por abajo. El radio que se utiliza es $r = 5$ y se considera que las personas conocen parcialmente la ciudad (segundo caso).

En las figuras se observa que existe una segregación étnica directa y una segregación socioeconómica indirecta. En las zonas limítrofes entre etnias se observa que existe mayor diversidad de grupos socioeconómicos. El agrupamiento de personas de la etnia C es el más grande e internamente tiene dos agrupamientos socioeconómicos: uno de ingresos medios (azules y morados) y otro de ingresos menores (rojizos). Los agrupamientos de la etnia A y B muestran algo similar, es decir, internamente, dos agrupamientos socioeconómicos (amarillos y naranjas). Donde los agrupamientos de la etnia A y B colindan corresponde al mismo agrupamiento socioeconómico (amarillos). Los agrupamientos socioeconómicos de mayores ingresos (azules) corresponden también a los agrupamientos étnicos de la etnia D.

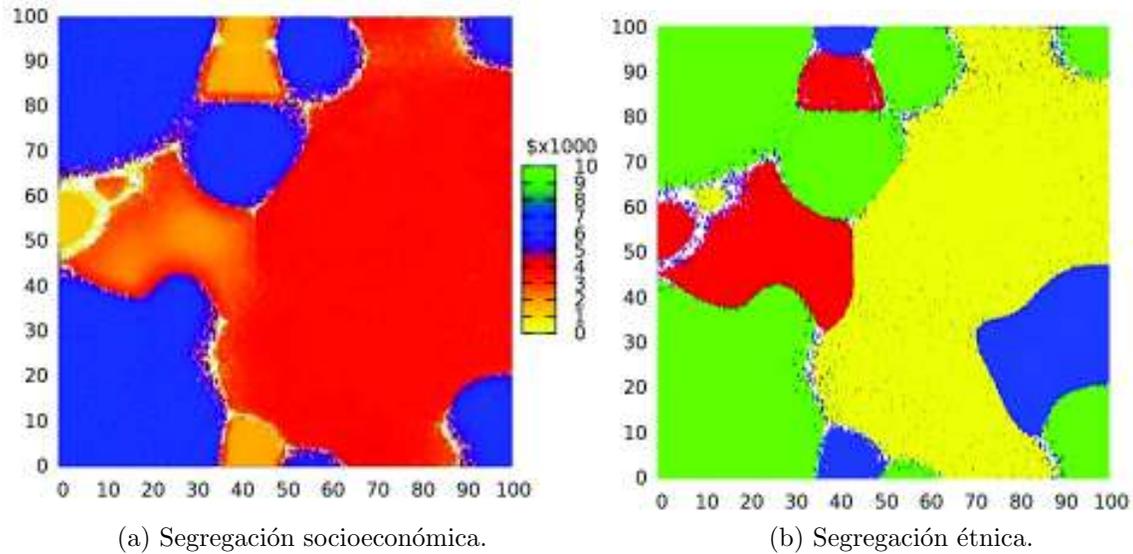


Figura 3.4: Resultados de simulaciones para cuatro étnias y $r = 5$, cuando el factor socioeconómico es dominante. La etnia A se representa con el color rojo, la etnia B con el color azul, la etnia C con el color amarillo y la etnia D con el color verde. Los ingresos son representados con colores usando la escala cromática, siendo el amarillo para los menores sueldos y el verde para los mayores sueldos.

Los resultados de simulaciones socioeconómicas se presentan a continuación. La Figura 3.4(a) muestra la distribución de los grupos socioeconómicos y la Figura 3.4(b) muestra la distribución de los grupos étnicos, cuando se alcanza el estado estacionario. El margen de error con el que se compara los ingresos de una persona con los ingresos promedio del vecindario son del 20 %, por arriba y por abajo. Cuando se busca nuevos vecindarios se considera el mismo margen de error y que la etnia de cada persona sea al menos mayor al 40 %. El radio que se utiliza es $r = 5$ y se considera que las personas

conocen globalmente la ciudad (tercer caso).

En los resultados de estas simulaciones socioeconómicas se observa una segregación socioeconómica directa y una segregación étnica indirecta. Un agrupamiento pequeño de la etnia C esta cercano a un agrupamiento grande de la etnia A, estos dos agrupamientos son socioeconómicamente semejantes. El agrupamiento socioeconómico más grande (colores anaranjados) contiene un gran agrupamiento de la etnia C y uno más pequeño de la etnia B. En la figura 3.4(b) un agrupamiento de la etnia A y B colindan en una zona socioeconómicamente semejante. Los grupos se encuentran conformados y las zonas limítrofes son más diversas tanto étnica como socioeconómicamente.

Simulaciones con radios diferentes, casos de mudanza diferentes y distribuciones de sueldos diferentes, muestran el mismo patrón segregacional. Cuando el factor étnico es dominante algunos de los cuatro grupos étnicos contienen diversos grupos socioeconómicos. Cuando el factor socioeconómico es dominante, algunos grupos socioeconómicos contienen dos o más grupos étnicos. Por lo que con todos estos resultados se concluye que: cuando el factor étnico es dominante se forman grupos étnicos que contienen algunos grupos socioeconómicos; y cuando el factor socioeconómico es dominante se forman grupos socioeconómicos que contienen grupos étnicos.

En las simulaciones se pueden utilizar distribuciones gaussianas para representar la distribuciones de ingresos en una ciudad. Para observar diversidad de grupos étnicos y socioeconómicos en algunas área es necesario que las distribuciones gaussianas de cada etnia se superpongan. Mientras mayor sea la superposición de las distribuciones mayor será la diversidad.

3.4. Discusión

El algoritmo propuesto define lo que se plantea como factor dominante, y estudia los patrones macroscópicos que se pueden esperar según cuál sea el factor dominante. Los resultados de las simulaciones, cuando el factor étnico se establece como dominante, muestran que se forman agrupamientos étnicos que internamente tienen agrupamientos socioeconómicos. Cuando el factor socioeconómico es dominante se forman agrupamientos socioeconómicos que internamente tienen agrupamientos étnicos.

Como todo modelo, debe concordar con observaciones en la realidad. A continuación se muestra ciertos patrones de los agrupamientos socioeconómicos y étnicos en la ciudad de Quito, utilizando algunos de los grupos propuestos en el Capítulo 2. La Figura 3.5 (a) muestra los mayores porcentajes en cada barrio de personas con los sueldos más bajos, sueldos medios y sueldos más altos. La Figura 3.5(b) muestra los mayores porcentajes en cada barrio de la etnia blanca, indígena y negra. En las ilustraciones observamos agrupamientos socioeconómicos que internamente contienen agrupamientos étnicos. Estos patrones parecen indicar que el factor socioeconómico es el causante principal de la segregación en Quito.

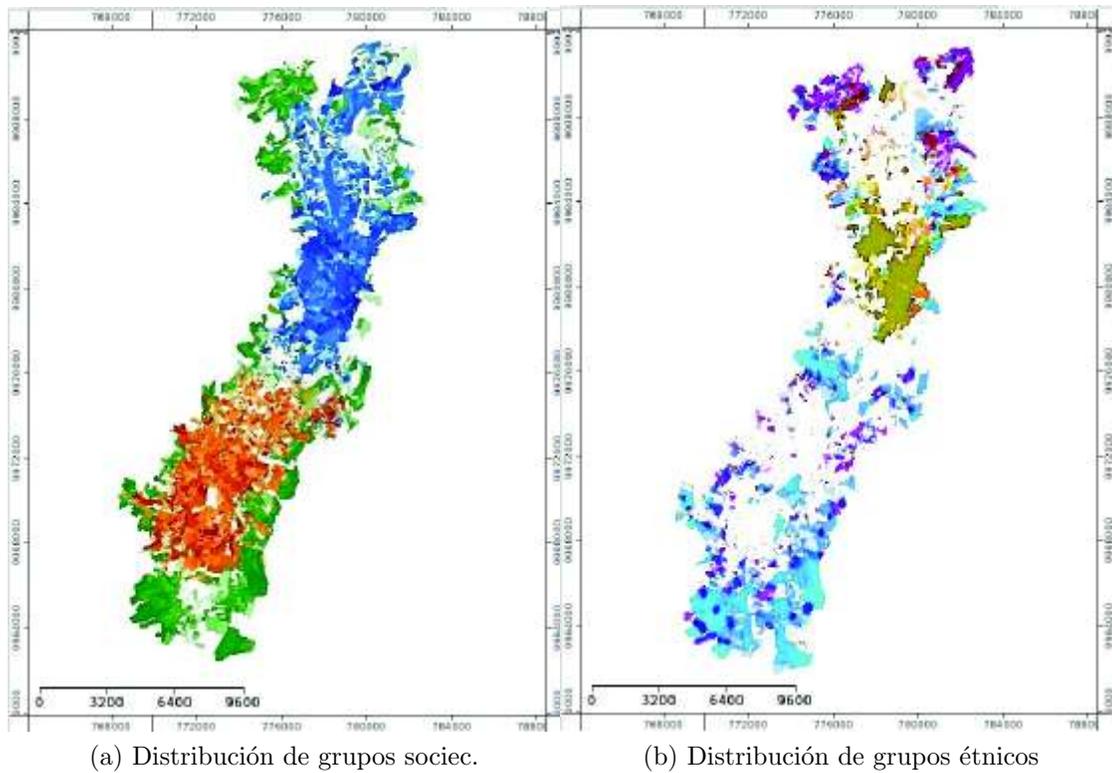


Figura 3.5: Distribuciones en los barrios de Quito de grupos socioeconómicos y étnicos, para los porcentajes más altos de: (a) personas con menores ingresos (verde), ingresos medios (naranja) y mayores ingresos (azul); (b) personas de etnia blanca (amarillo), indígena (celestes) y negra (morado). En las dos gráficas el porcentaje de las personas incrementa acorde a la intensidad del color

Cuando el mismo estudio se realiza entre cualquier otro par de factores (socioeconómico y cultural, socioeconómico y académico, etc), se observa patrones consistentes con que el factor dominante es el socioeconómico.

Capítulo 4

Análisis de la segregación

En este Capítulo se plantea otro método para determinar qué factor social domina el proceso segregacional. Considerando que existe un factor dominante, se propone un algoritmo estadístico para intentar determinar cuál es ese factor. Primero se estudia la segregación de dos ciudades hipotéticas utilizando el algoritmo estadístico. En cada una de las ciudades hipotéticas se pre-establece un factor social como dominante. De esta forma el método se valida si los resultados obtenidos son consistentes con la segregación de cada ciudad hipotética. Después, el algoritmo estadístico se aplica a Quito.

El algoritmo estadístico consiste en intercambiar aleatoriamente a las personas entre barrios de la ciudad, pero preservando las distribuciones de los grupos de un factor social. Suponemos que mientras avanza el proceso, las distribuciones de los grupos del resto de factores sociales muestran una tendencia a ser homogéneas. Por ejemplo, seleccionar el factor étnico, significa intercambiar aleatoriamente a las personas, pero preservando en cada barrio las distribuciones de la etnia blanca, negra o asiática. Acorde se continúe intercambiando personas, las distribuciones de los grupos del resto de factores sociales cambian. Finalizado el proceso se considera que un factor dominante tendrá como resultado los mayores cambios en las distribuciones finales respecto a las iniciales. Si al final del proceso las distribuciones de los grupos sociales no cambian considerablemente, significa que el factor elegido no es dominante y cualquier otro factor podría tener mayor importancia en la segregación.

Para determinar cuantitativamente cual factor causa mayores cambios es necesario medir estas diferencias. Estos cálculos se realizan con la ecuación (4.1)

$$S = \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2, \quad (4.1)$$

donde x_i es el porcentaje inicial que representa un grupo social en el barrio i y y_i es el porcentaje final que representa un grupo social en el mismo barrio i . Para una ciudad cualquiera, se debe seleccionar todos los factores sociales que se consideran. Después calcular S de todos los grupos sociales del resto de factor social. Todos resultados de S se comparan para encontrar finalmente cual es el factor dominante, siendo un factor dominante el que causa los mayores valores de S para el resto de grupos sociales.

4.1. Descripción del método

Este método tiene como base la segregación existente en una ciudad. La información que se necesita de la segregación es el conjunto de distribuciones de grupos étnicos, socioeconómicos, académicos, culturales, etc, en cada barrio. El primer paso es seleccionar un factor social. Con la información que se tiene sobre la segregación en una ciudad, se intercambia aleatoriamente a las personas de barrio, pero preservando las distribuciones de los grupos del factor seleccionado. El intercambio de personas continúa hasta que las distribuciones de grupos sociales del factor seleccionado se estabilicen.

4.1.1. Una ciudad donde el factor étnico es dominante

En las ciudades hipotéticas existe una segregación étnica y una segregación socioeconómica. La segregación de la primera ciudad hipotética tiene como factor dominante al factor étnico. Este tipo de segregación se obtiene mediante los resultados de una *simulación étnica*. Ya que estas simulaciones establecen al factor étnico como dominante, es decir, las personas se mudan por que no están cómodas con la etnia de sus vecinos.

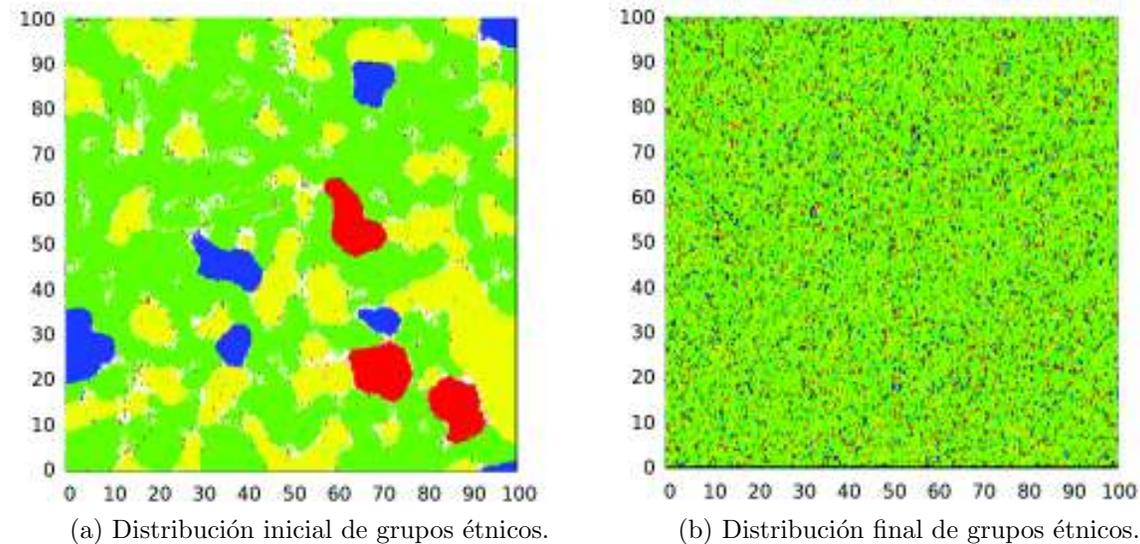


Figura 4.1: Segregación étnica de la ciudad hipotética. La etnia A esta representada con el color azul, la etnia B con el color rojo, la etnia C con el color amarillo y la etnia D con el color verde.

Esta ideas se aplican primero en la ciudad hipotética. Para la simulación étnica se utiliza cuatro etnias (A,B,C,D). Cada etnia representa el (10 %,10 %,30 % y 50 %) de la población total, respectivamente. El espacio urbano tiene como dimensiones $L = 100$ y contiene a $N = 200000$ habitantes. Para los ingresos económicos, se utiliza distribuciones gaussianas. Las distribuciones tienen como valores medios \$3000, para todas las etnias. Las desviaciones típicas de las distribuciones son \$1000 para todas las etnias. Las personas cuentan a sus vecinos dentro de un radio $r = 2$ y tienen un conocimiento global de la ciudad. Las personas deciden mudarse o no, si más del 50 % de sus vecinos son de su etnia. El margen de error permitido, cuando se requiere comparar los ingresos

de una persona con los ingresos promedio del vecindario para mudarse son del 20 %, por arriba y por abajo.

Suponiendo que la ciudad tiene 400 barrios que consisten en superficies cuadradas de lado $l = 5$, se clasifican a las personas y se obtienen distribuciones de grupos étnicos y socioeconómicos. En este caso, las personas se clasifican en cuatro étnicos y en cuatro grupos socioeconómicos: los muy-ricos constituidos por personas con sueldos superiores a los \$5000; los ricos por personas con sueldos entre \$4000 y \$5000; la clase media por personas con sueldos menores a \$3000 hasta \$1000; los pobres por personas con sueldos menores a los \$1000.

La Figura 4.1(a) muestra la distribución inicial de grupos étnicos. Primero se selecciona el factor socioeconómico, esto significa intercambiar aleatoriamente personas entre barrios, pero preservando la distribución de los grupos socioeconómicos. La Figura 4.1(b) muestra las distribuciones final de los grupos étnicos, que se obtuvieron después de terminar con el intercambio de personas. Los grupos étnicos inicialmente están segregados y después del intercambio se encuentran distribuidos de una forma más homogénea en la ciudad.

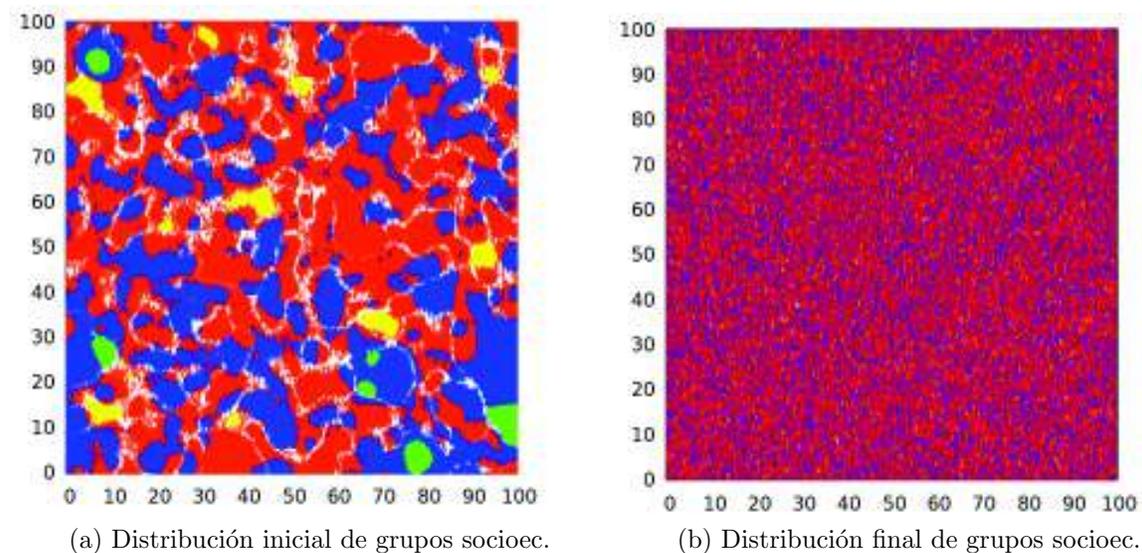


Figura 4.2: Segregación socioeconómica de la ciudad hipotética. Existen cinco grupos socioeconómicos: los muy-ricos (verde); los ricos (azul); la clase media (naranja); y los muy pobres (amarillo).

Los resultados cuando se intercambia aleatoriamente personas, pero seleccionamos el factor étnico, se muestra a continuación. En este caso, en el intercambio de personas se preserva el factor étnico. En la Figura 4.2(a) se muestra las distribuciones iniciales de grupos socioeconómicos. En la Figura 4.2(b) la distribución final de grupos socioeconómicos, que se obtuvieron después de terminar el intercambio de personas. Parecido al caso anterior, los grupos socioeconómicos inicialmente están segregados y después del intercambio se encuentran distribuidos más homogéneamente en la ciudad.

Toda esta nueva información generada es la que se analiza para encontrar cual factor es el dominante. Las diferencias entre las distribuciones iniciales y finales se analizan cualitativamente a partir de conjuntos de puntos en planos para cada factor social. La Figura 4.3(a) muestra los porcentajes iniciales versus los porcentajes finales que representan las etnias en cada barrio, cuando se intercambia personas seleccionando el factor socioeconómico. La Figura 4.3(b) muestra los porcentajes iniciales versus los porcentajes finales que representan cada grupo socioeconómico en cada barrio, cuando se intercambia personas seleccionando el factor étnico.

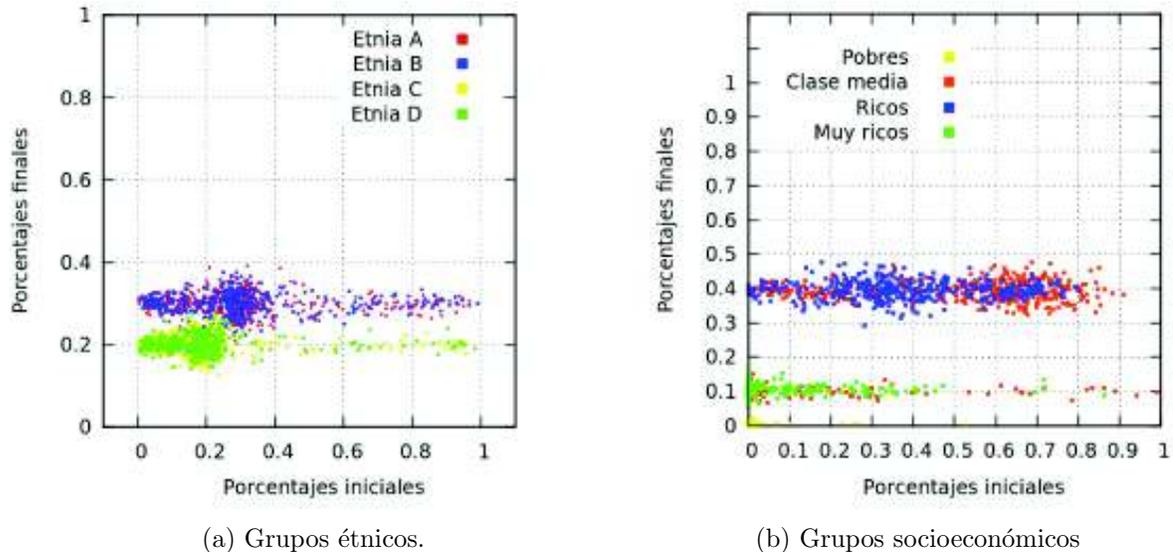


Figura 4.3: Porcentaje inicial versus porcentaje final que representan los grupos étnicos y socioeconómicos. Los porcentajes iniciales se obtienen de la segregación resultante de una simulación étnica. Los porcentajes finales se obtienen intercambiando personas: (a) cuando se preserva las distribuciones socioeconómicas; (b) cuando se preserva las distribuciones étnicas.

Estos puntos tienen como coordenadas en el eje x los porcentajes iniciales que representan los grupos sociales en cada barrio. Mientras que las coordenadas en el eje y son los porcentajes finales que representan todos los grupos sociales en cada barrio. Si las distribuciones iniciales y finales no cambiaron, entonces en cada barrio $x = y$ y se observaría que los puntos forman una diagonal perfecta. Mientras los puntos se encuentren más dispersos en el plano, mayores cambios existirán entre las distribuciones finales e iniciales.

Estas diferencias se cuantifican con la ecuación (4.1). Todos los valores en el eje x representan los valores de la variable aleatoria x_i . En cambio, los valores del eje y , representan a cada valor de la variable aleatoria y_i . Mientras mayor sea la diferencia entre distribuciones iniciales y finales, mayor será el valor de S . Caso contrario, si $S = 0$, entonces las distribuciones son totalmente idénticas.

En esta ciudad hipotética se tiene dos resultados. El primero de ellos es $S = 21,55$ y corresponde a la diferencia entre las distribuciones iniciales y finales de los grupos

étnicos, cuando se preserva el factor socioeconómico. El otro valor es $S = 29,74$ y corresponde a la diferencia entre las distribuciones iniciales y finales de los grupos socioeconómicos, cuando se preserva el factor étnico.

Los resultados sugieren que seleccionar el factor étnico e intercambiar aleatoriamente personas, produce las mayores variaciones entre las distribuciones iniciales y finales de los grupos socioeconómicos. Lo que significa que el factor étnico es el factor dominante en la dinámica segregacional de la ciudad. Este resultado es consistente con el tipo de segregación que se utiliza, ya que se establece que el proceso segregacional está dominado por el factor étnico.

4.1.2. Una ciudad donde el factor socioeconómico es dominante

El siguiente caso es una ciudad donde se establece que el factor socioeconómico es el dominante. Esta segregación se consigue utilizando una *simulación socioeconómica*. Estas simulaciones establecen que las personas se mudan por que no están cómodas con los ingresos de sus vecinos. Los parámetros de simulación son los mismos que en el caso anterior. Pero ahora las personas deciden mudarse o no, si los ingresos promedio del vecindario son semejantes a los suyos, considerando un error del 20%, por arriba y por abajo.

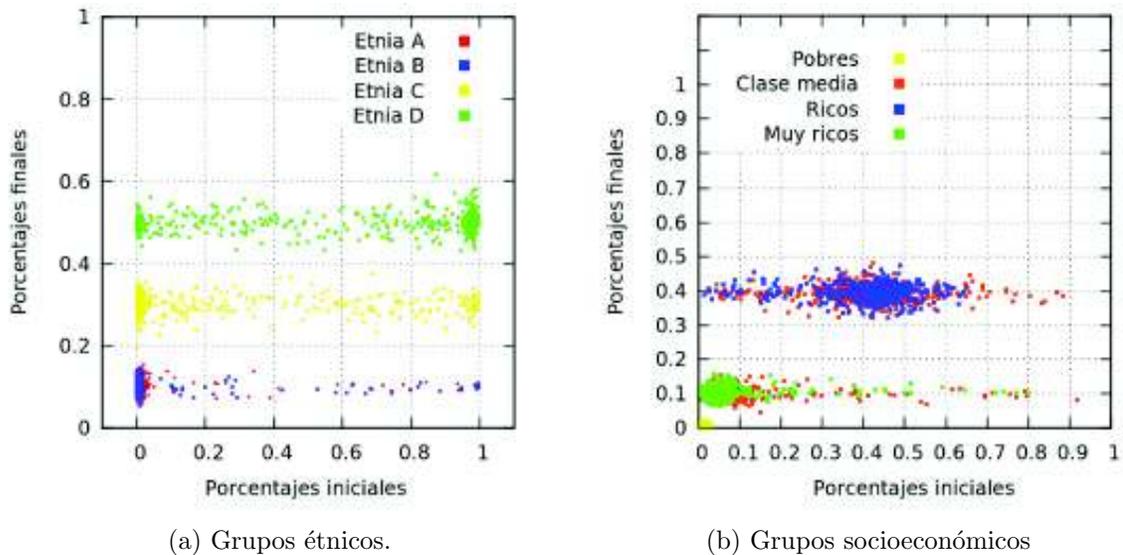


Figura 4.4: Porcentaje inicial versus porcentaje final que representan los grupos étnicos y socioeconómicos. Los porcentajes iniciales se obtienen de la segregación resultante de una simulación socioeconómica. Los porcentajes finales se obtienen intercambiando personas: (a) cuando se preserva las distribuciones socioeconómicas; (b) cuando se preserva las distribuciones étnicas.

Nuevamente, se intercambian personas, preservando la distribución de grupos étnicos. La Figura 4.4(a) muestra los porcentajes iniciales versus los porcentajes finales

de cada de grupo socioeconómico en cada barrio. El intercambio de personas se repite pero preservando la distribución de grupos socioeconómicos. La Figura 4.4.(b) muestra los porcentajes iniciales versus los porcentajes finales de cada grupo étnicos en cada barrio. Como en el caso anterior, los conjuntos de puntos se dispersan de forma lineal.

En este caso $S = 44,51$ y corresponde a la diferencia entre las distribuciones iniciales y finales de los grupos étnicos, cuando se preserva el factor socioeconómico. El otro valor es $S = 33,23$ y corresponde a la diferencia entre las distribuciones iniciales y finales de los grupos socioeconómicos, cuando se preserva el factor étnico.

Estos resultados sugieren que seleccionar el factor socioeconómico e intercambiar personas, se produce las mayores variaciones entre las distribuciones iniciales y finales del resto de grupos étnicos. Lo que significa que el factor socioeconómico es el factor dominante en la dinámica segregacional de la ciudad. Nuevamente, el método da resultados consistentes con el tipo de segregación que utilizamos, ya que se establece que el proceso segregacional está dominado por el factor socioeconómico.

4.2. El factor dominante de Quito

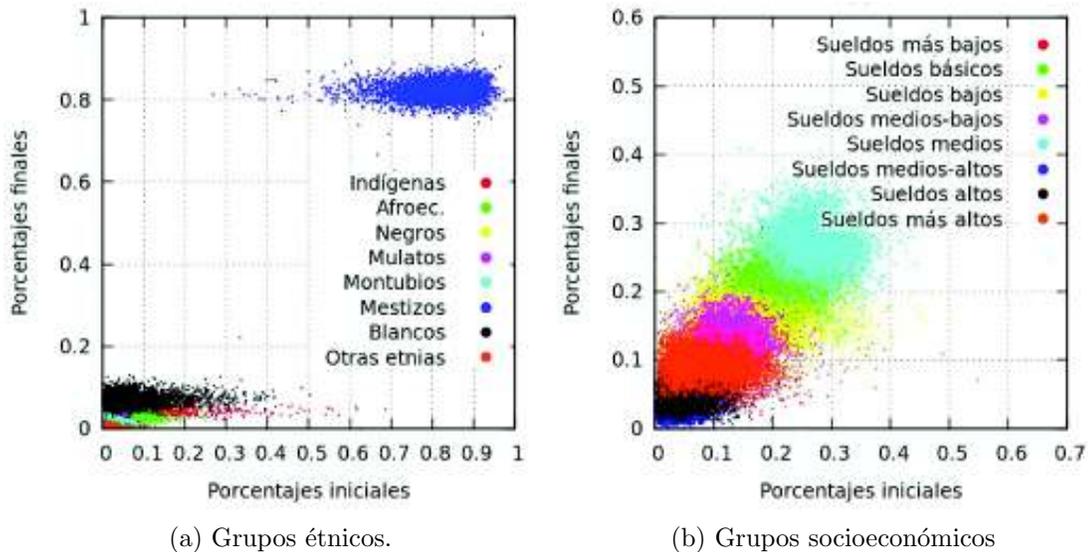


Figura 4.5: Porcentaje inicial versus porcentaje final que representan los grupos étnicos y socioeconómicos de Quito. Los porcentajes finales se obtienen intercambiando personas: (a) cuando se preserva el factor socioeconómico; (b) cuando se preserva el factor cultural.

El método se ha validado en dos ciudades hipotéticas, que tienen un proceso segregacional distinto. En esta Sección, con las estadísticas de Quito, se utiliza el método descrito anteriormente para determinar cuál es el factor dominante. El espacio urbano con el que trabajamos es la zona urbana de Quito, la cual contiene a 1604775 personas

distribuidas en 4089 barrios. Los factores que se consideran son el étnico, socioeconómico, académico y cultural. Los grupos sociales y sus distribuciones iniciales para cada factor son los mismos que se utilizan como base para medir la disimilitud y la entropía social en el Capítulo 2.

El método se implementa de la misma forma que en las ciudades hipotéticas. La única diferencia es que en este caso se toman en cuenta cuatro factores sociales. Esto significa que se tiene que repetir el proceso de intercambio de personas cuatro veces (una por cada factor).

A manera de ejemplos, en la Figura 4.5(a) se ilustra los porcentajes iniciales versus los porcentajes finales de los grupos étnicos, cuando se intercambian personas preservando el factor socioeconómico. En la Figura 4.5(b) se ilustra los porcentajes iniciales versus los porcentajes finales de los grupos socioeconómicos, cuando se intercambian personas preservando el factor cultural. En estos casos también se observa que los puntos están dispersos, lo que significa que las distribuciones de los grupos sociales cambiaron.

Las distribuciones iniciales y finales de los grupos socioacadémicos y culturales también muestran cambios, cuando se preserva el resto de factores sociales. Para saber con exactitud cuál factor es dominante es necesario medir las diferencias entre las distribuciones iniciales y finales de los grupos sociales. Estos cambios se cuantifican con la ecuación(4.1). Los valores de S obtenidos, para cada uno de los posibles casos, se muestran en la Figura 4.6.

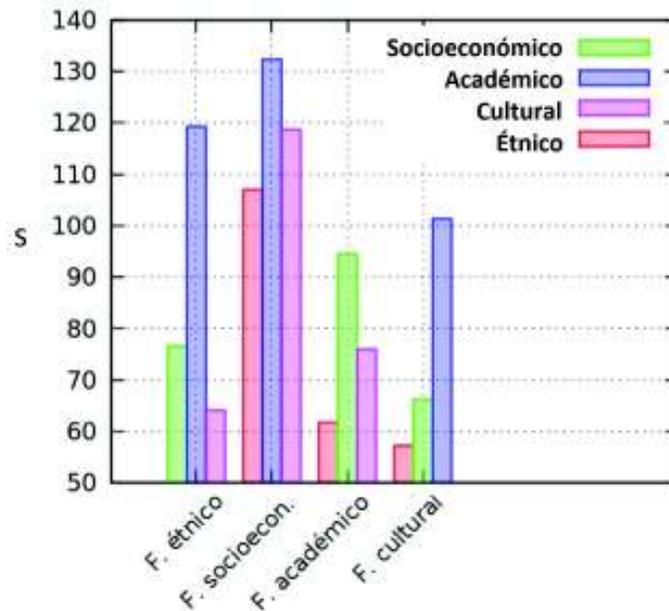


Figura 4.6: Diferencia entre las distribuciones iniciales y finales de los grupos de cada factor social. Los valores de S se presentan en cuatro conjuntos. Cada conjunto corresponde a los valores calculados después de intercambia personas, pero preservando las distribuciones étnicas, socioeconómicas, académicas y culturales.

Según el análisis, al intercambiar personas preservando las distribuciones socio-económicas se obtiene las mayores valores de S . Los cuales son 108,32, 133,11 y 129,57 para la diferencia entre las distribuciones iniciales y finales de los grupos étnicos, académicos y culturales, respectivamente. Con estos resultados se concluye que el factor socioeconómico es el dominante en la dinámica segregacional de Quito.

4.3. Discusión

Los resultados de la primera parte de este Capítulo, muestran que el método es capaz de determinar qué factor social domina el proceso segregacional. Los resultados para la ciudad hipotética son consistentes con el tipo de segregación que tiene la ciudad.

Cuando aplicamos el método en la ciudad de Quito, los resultados muestran que el factor socioeconómico es el dominante. Estos resultados son consistentes con el análisis desarrollado en el Capítulo 3, para la ciudad de Quito.

Capítulo 5

Segregación y violencia

En una sociedad heterogénea, la violencia urbana es un fenómeno social que emerge de interacciones conflictivas entre las personas o entre grupos sociales. La violencia urbana se puede definir como violencia de género en un hogar, conflictos entre pandillas en un barrio o altos índices de robos u homicidios en una ciudad. Aún no se ha determinado con exactitud las causas de la violencia urbana, pero existen varios candidatos: la privación de los recursos básicos, que dan lugar a confrontaciones violentas entre los grupos sociales minoritarios que compiten por los escasos recursos disponibles [48]; la carencia de una educación adecuada, que hace que las personas no logren insertarse en el mercado laboral [49]; etc.

La hipótesis más común es plantear que los altos niveles de pobreza de la población son factores causantes del incremento de violencia urbana. Sin embargo existen países muy pobres con bajas tasas de homicidios y robos [52]. Lo más común es observar que la frecuencia con la que ocurren eventos violentos no sucede únicamente en los barrios más pobres, sino que se distribuyen no-homogeneamente en todo el espacio urbano[50], parecido a la segregación. Estudios en ciudades de los EEUU sugieren que existe una relación entre los barrios con presencia de grupos étnicos con los robos y homicidios reportados [51–55]. La segregación y la violencia urbana comparten otra característica común: Ambos son fenómenos sociales que emergen de la interacción entre personas. Encontrar una relación entre estos fenómenos emergentes es una metodología prometedora para determinar las causas que los originan y ampliar el entendimiento individual de cada fenómeno.

En este último Capítulo se estima la correlación de la segregación socioeconómica con la frecuencia con la que se reportan asaltos, robos y violaciones en la ciudad de Quito. Únicamente la segregación socioeconómica es considerada por que, como hemos visto en los capítulos anteriores, esta parece ser la que domina el proceso segregacional en la ciudad de Quito. La posible relación entre la segregación y la violencia urbana se analiza cualitativamente a partir de las distribuciones geográficas de los ingresos medios y los eventos violentos reportados en las parroquias de Quito.

5.1. Grupos socioeconómicos y tipos de delitos

La información necesaria para la distribución de los grupos socioeconómicos las obtuvimos del Censo económico de Quito, realizado por el INEC en el año 2011. Las personas se clasifican de la misma forma que en el Capítulo 2, pero con la diferencia de que las distribuciones de los grupos socioeconómicos los realizamos por parroquias. Este cambio por parroquias se debe a que la información de los delitos solo se tiene por parroquias. Estas parroquias están acorde con la organización política de la ciudad de Quito y se ilustran en el Figura 5.1.

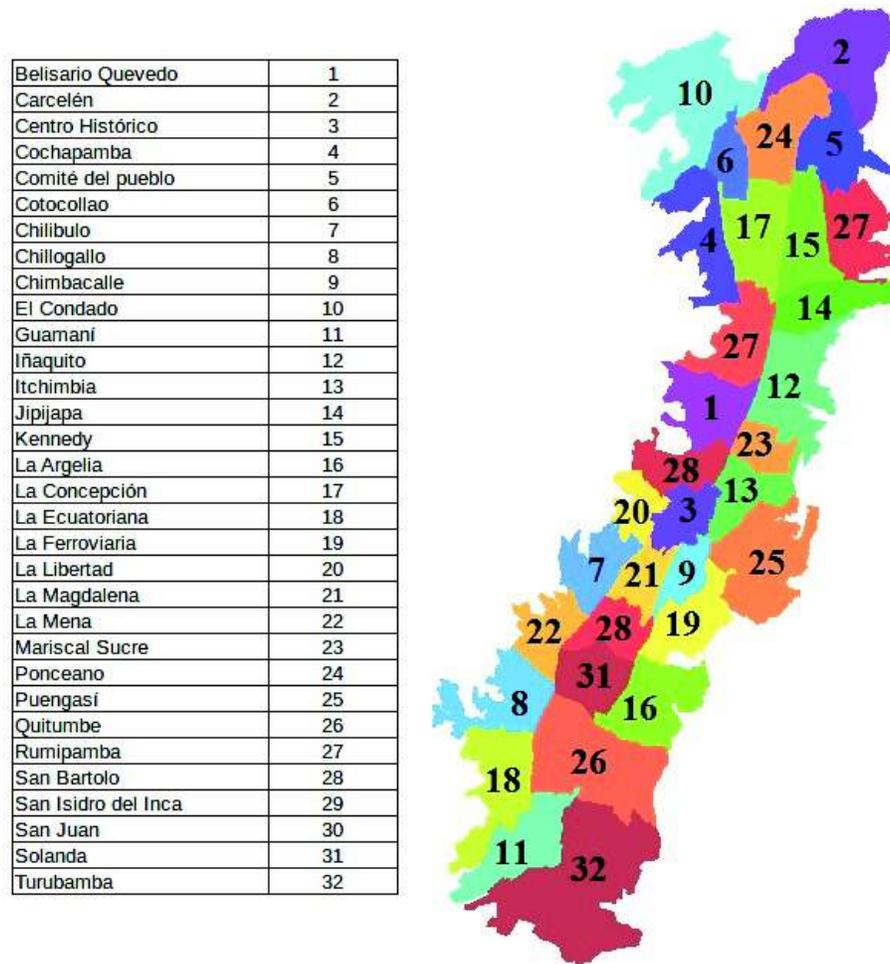


Figura 5.1: Parroquias de la ciudad de Quito.

La frecuencia de los eventos violentos en cada barrio se obtuvieron directamente de los registros de la Policía Nacional en el año 2010. Los eventos violentos que consideramos son: los asaltos a personas, robos a domicilios y violaciones que se han reportado. En total trabajamos con 5775 reportes. Cada uno de estos eventos violentos los ubicamos en la parroquia de Quito donde fueron reportados. Finalmente, contamos el total de delitos reportados en cada parroquia y como resultado obtenemos tres distribuciones de eventos violentos.

Según la Policía Nacional muchos delitos no son reportados y en Quito pueden haber ocurrido más asaltos, robos e incluso violaciones de lo almacenado en los registros. Este inconveniente puede restarle precisión a nuestros resultados. Sin embargo, nuestros resultados pueden servir para encontrar tendencias en los comportamiento globales de los delitos.

5.1.1. Correlación cualitativa

La información de los grupos socioeconómicos y de los eventos violentos se analiza mediante puntos en un plano, cuyas coordenadas en el eje x son los ingresos medios de las personas en cada parroquia y las coordenadas en el eje y son los delitos reportados por persona en cada parroquia. En la Figura 5.2(a) se ilustra los ingresos medios de las parroquias versus los delitos reportados por persona en cada parroquia. En esta caso, se observa que los puntos se encuentran dispersos y aparentan una relación lineal entre todos los delitos y los ingresos. En la Figura 5.2(b) se ilustra los ingresos medios de las parroquias vs el total de delitos reportados por persona en cada parroquia. La relación que se puede apreciar entre las violaciones y robos respecto a los ingresos de las personas es de tipo lineal. En cambio, los asaltos presentan una relación con los ingresos de las personas en forma de curva.

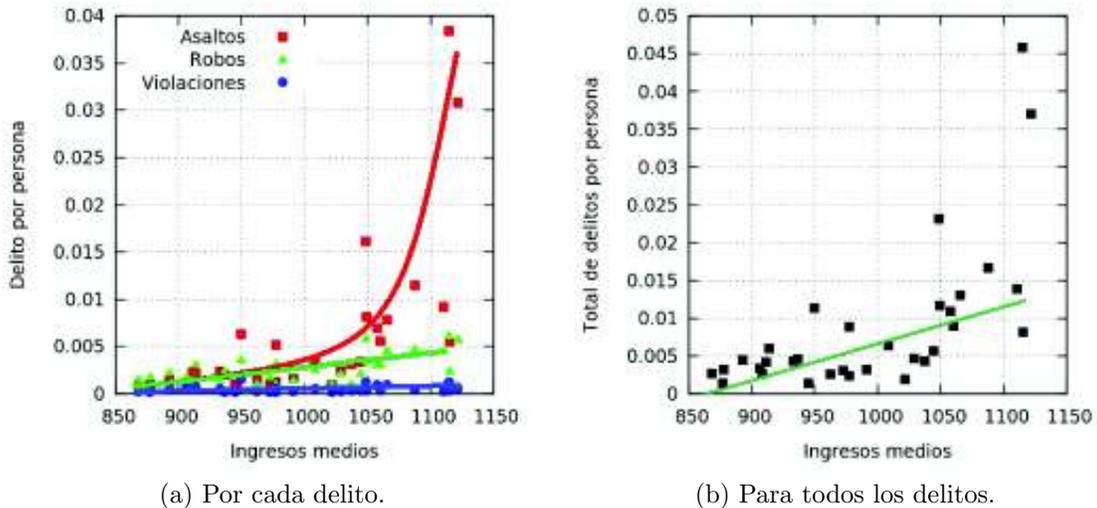


Figura 5.2: Ingresos medios versus el número de delitos reportados en cada parroquia de Quito.

5.2. Discusión

Los resultados muestran cualitativamente que existe una relación entre la segregación socioeconómica y la violencia urbana. La relación sugiere que mientras mayores sean los ingresos económicos promedio de una parroquia mayores son los delitos reportados. En el caso de las violaciones, estas no crecen significativamente mientras mayores

sean los ingresos de las personas. Los robos si presentan un crecimiento significativo cuando son incrementan los ingresos de las personas. Sin embargo, los asaltos muestran que para los menores rangos de ingresos los asaltos no incrementan y para los mayores rangos de ingresos existe un incremento considerable de asaltos.

Capítulo 6

Conclusiones y recomendaciones

En esta tesis se ha estudiado la segregación en Quito. Mostramos que la disimilitud (D) y el entropía social (\bar{H}) nos permite evidenciar que en el 2010 existía segregación en Quito por motivos étnicos, socioeconómicos, académicos y culturales. Ambos índices cuantifican diferentes niveles o grados de segregación.

Dos algoritmos se han propuesto para encontrar el factor que domina la dinámica segregacional en una ciudad. La primera propuesta es un algoritmo basado en agentes donde se implementa las distintas interacciones entre personas implicadas en el proceso segregacional. Estas interacciones abstraen las motivos principales por los cuales las personas deciden mudarse o no. En este algoritmo sólo se consideran los factores étnico y socioeconómico. Con este algoritmo se realiza diferentes simulaciones, y con los resultados de las simulaciones, se concluye que los grupos de un factor dominante contienen internamente grupos del otro factor social. En la ciudad de Quito se observa que los grupos del factor socioeconómico presentan estos patrones con los grupos de otros factores sociales. Estas observaciones sugieren que el factor socioeconómico es dominante en el proceso segregacional de Quito.

La segunda propuesta es un algoritmo estadístico que a partir de la segregación existente en una ciudad, permite encontrar el factor dominante. Este algoritmo es comprobado en dos ciudades hipotéticas. En una de estas ciudad hipotéticas se establece que el factor étnico es el dominante y en la otra ciudad que el factor socioeconómico es el dominante. Los resultados del algoritmo estadístico son consistentes con la dinámica segregacional establecida en cada ciudad hipotética. Cuando se utiliza este algoritmo en Quito, los resultados muestran que el factor socioeconómico es el que gobierna el proceso segregacional de la ciudad.

También, se estudia la correlación entre el factor socioeconómico y tres eventos violentos. En general, con nuestros resultados se concluye que la segregación socioeconómica y los eventos violentos tienen una relación. El análisis individual de cada evento violento, muestra que los ingresos económicos promedio de cada parroquia de Quito y los robos se relacionan linealmente. Sin embargo, los ingresos económicos promedio de cada parroquia de Quito y las violaciones presentan una relación lineal muy débil. Dividir el espacio urbano por parroquias representa áreas muy grandes por lo

que los resultados pueden ser poco concluyentes. Pero el análisis presentado puede ser utilizado en estudios que pueden acceder a información más precisa.

Los algoritmos propuestos pueden aplicarse con los datos del próximo censo de población y vivienda en el 2020. Con resultados más actuales sobre la segregación de Quito se puede implementar políticas de desarrollo urbano mejor sustentadas. Por ejemplo, si el factor socioeconómico continua siendo dominante en la dinámica segregacional de Quito, se podría estudiar la evolución de los agrupamientos socioeconómicos y fomentar la creación de centros de atención ciudadana en las zonas que contienen a los agrupamientos más pobres. En estos centros de atención ciudadana trabajarían personas que viven cerca, ya que tendrían un mejor entendimiento de los problemas del lugar.

Para trabajos posteriores se recomienda estudiar la evolución cronológica de la segregación en Quito. Además que se recomienda recolectar mejor información sobre las ciudades. La última recomendación es utilizar los modelos basados en agentes para estudiar el impacto que puede tener una política pública en las sociedades, de tal forma que con los resultados se pueda tener un mejor sustento para validar la implementación de dicha política pública.

Bibliografía

- [1] P. SEN Y B.K. CHAKRABARTI. Sociophysics: An Introduction. *Oxford University Press*. Oxford, UK, 2013.
- [2] S. DURLAUF Y P. YOUNG. Social Dynamics. *Cambridge MA: MIT Press*. 2001.
- [3] D. STAUFFER A Biased Review of Sociophysics. *The Journal of Statistical Physics*. Vol 151(1). 2013.
- [4] T. SCHELLING Models of segregation. *The American Economic Review*. Vol 59(2). 1969.
- [5] T. SCHELLING Dynamic models of segregation. *The Journal of Mathematical Sociology*. Vol 1(2). 1971.
- [6] W.A.V. CLARK Y M. FOSSETT. Understanding the social context of the Schelling segregation model. *PNAS*. Vol 115(11). 2008.
- [7] A. TRAULSEN Y J.C CLAUSSEN . Similarity-based cooperation and spatial segregation. *Physical Review E*. Vol 70(4). 2004.
- [8] S. MUSTERD. Social and Ethnic Segregation in Europe: Levels, Causes, and Effects. *Journal of Urban Affairs*. Vol 27(3). 2005.
- [9] O. DUNCAN Y B. DUNCAN. Ethnic Segregation and Assimilation. *American Journal of Sociology*. Vol 64. 1959.
- [10] R. VAN KEMPEN Y A. ŞULE ÖZÜEKREN. Ethnic Segregation in Cities: New Forms and Explanations in a Dynamic World. *Urban Studies*. Vol 35(10). 1998.
- [11] N. KANTROWITZ. Ethnic and Racial Segregation in the New York Metropolis, 1960. *American Journal of Sociology*. Vol 74(6). 1969.
- [12] K.E. TAEUBER Y A.F. TAEUBER. The Negro as an Immigrant Group: Recent Trends in Racial and Ethnic Segregation in Chicago. *American Journal of Sociology*. Vol 69(4). 1964.
- [13] W.A.V. CLARK. Residential Mobility and Neighborhood Change: Some Implications for Racial Residential Segregation. *Urban Geography* Vol 1: 95–117. 1980.
- [14] A. ANAS. A Model of Residential Change and Neighborhood Tipping. *Journal of Urban Economics*. Vol 7: 358–70. 1980.
- [15] M. BAILEY. Effects of Race and Other Demographic Factors on the Values of Single Family Homes. *Land Economics*. Vol 12: 215–20. 1966.

- [16] O. DUNCAN Y B. DUNCAN. Residential Distribution and Occupational Stratification. *American Journal of Sociology*. Vol 60(5):493-503. 1995.
- [17] B. MACH ERBE. Race of Socioeconomic Segregation. *American Sociological Review*. Vol 40(6). 1975.
- [18] BARRIE S. MORGAN. The Segregation of Socio-economic Groups in Urban Areas: a Comparative Analysis. *Urban Studies*. Vol 12:47-60. 1975.
- [19] D.S. MASSEY, J.ROTHWELL Y T. DOMINA. The Changing Bases of Segregation in the United States. *American Academy of Political and Social Science*. Vol 626. 2009.
- [20] J. ICELAND Y R. WILKES. Does Socioeconomic Status Matter? Race, Class, and Residential Segregation. *Social Problems*. Vol 53(2). 2006.
- [21] G. BORJAS. To Ghetto or Not to Ghetto: Ethnicity and Residential Segregation. *Journal of Urban Economics*. Vol 44(2). 1998.
- [22] E. GRIFFIN Y L. FORD. A Model of Latin American City Structure. *Geographical Review*. Vol 70(4). 1980.
- [23] E.E. TELLES. Residential Segregation by Skin Color in Brazil. *American Sociological Review*. Vol 57(2). 1992.
- [24] E. FRANKENBERG. The Role of Residential Segregation in Contemporary School Segregation. *Education and Urban Society*. Vol 45(5). 2013.
- [25] W.J. BLANCHETT, V. MUMFORD Y F. BEACHUM. Urban School Failure and Disproportionality in a Post-Brown Era. *Remedial and Special Education*. Vol 26(2). 2005.
- [26] J.A. ALSTON. Multi-leadership in urban schools: Shifting paradigms for administration and supervision in the new millennium. *New York: University Press of America*. 2002.
- [27] D.J. LOSEN Y G. ORFIELD. Racial inequity in special education. *Cambridge, MA: Harvard Education Press*. 2002.
- [28] J.S. COLEMAN. Equality of educational opportunity. *Equity & Excellence in Education*. Vol 6(5). 1968.
- [29] D.Y: YUAN. Voluntary Segregation: A Study of New Chinatown. *Phylon*. Vol 24(3): 255-265. 1960.
- [30] EVERETT S. LEE. A theory of migration. *Demography*. Vol 3(1). 1966.
- [31] MICHAEL P. TODARO. A Model of Labor Migration and Urban Unemployment in Less Developed Countries. *The American Economic Review*. Vol 59(1). 1969.
- [32] LARRY A. SJAASTAD. The Costs and Returns of Human Migration. *Journal of Political Economy*. Vol 70(5). 1962.
- [33] SUNNY Y. Foundations of Complex-system Theories: In Economics, Evolutionary Biology, and Statistical Physics. *Cambridge University Press*. 28 agos. 1999
- [34] BAR-YAM Y. Dynamics of complex systems. *Cambridge University Press*. Addison-Wesley. 1997.

- [35] LADYMAN J, LAMBERT J, Y WIESNER K. What is a Complex System? *European Journal for Philosophy of Science*. Vol 3: 33–67.
- [36] MARSILI M, MASTROMATTEO I. Y ROUDI Y. On sampling and modeling complex systems. *J. of Stat. Mech.* Vol 2013(9). 2013.
- [37] D’ORSAGNA M. Y PERC M. Statistical physics of crime: A review. *Physics of life reviews*. Vol 12:1-21. 2015.
- [38] D’ORSAGNA M. Y PERC M. Physics for better human societies. *Physics of life reviews*. Vol 12:40-43. 2015.
- [39] PACHECO J. Crime as a complex system. *Physics of life reviews*. Vol 12:32-33. 2015.
- [40] PERC M. Y SZOLNOKI A. Social diversity and promotion of cooperation in the spatial prisoner’s dilemma game. *Physical Review E*. Vol 77(1). 2008.
- [41] D.S. MASSEY Y N.A. DENTON. The dimensions of Residential Segregation. *Social Forces*. Vol 67(2). 1988.
- [42] D.R. JAMES Y K.E. TAEUBER. Measure of segregation. *Sociological Methodology*. Vol 15:pp 1-32. 1985.
- [43] R. HUTCHENS. One Measure of Segregation. *International Economic Review*. Vol 45(2). 2004.
- [44] L.A. BROWN Y S. CHUNG. Spatial segregation, segregation indices and the geographical perspective. *Population, Space and Place*. Vol 12(2). 2006.
- [45] L.R. IZQUIERDO. Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas. *Revista de Metodología de Ciencias Sociales*. Vol 16;85-112. 2008.
- [46] E. BONABEAU. Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. *PNAS*. Vol 99(3). 2002.
- [47] M. W. MACY Y R. WILLER. From Factors to Factors: Computational Sociology and Agent-Based Modeling. *Annual Review of Sociology*. Vol 28. 2002.
- [48] E.S. SHIHADDEH Y N. FLYNN. Segregation and Crime: The Effect of Black Social Isolation on the Rates of Black Urban Violence. *Social Forces*. Vol 74(4). 1996.
- [49] E.S. SHIHADDEH, G.C. OUSEY. Industrial Restructuring and Violence: The Link between Entry-Level Jobs, Economic Deprivation, and Black and White Homicide. *Social Forces*. Vol 77(1). 1998.
- [50] D.S. MASSEY, G.A. CONDRAN Y N.A. DENTON. The Effect of Residential Segregation on Black Social and Economic Well-Being. *Social Forces*. Vol 66(1):29-56. 1987.
- [51] P.A. JARGOWSKY. Take the Money and Run: Economic Segregation in U.S. Metropolitan Areas. *American Sociological Review*. Vol 61(6). 1996.
- [52] M. LIM, R. MERTZLER Y Y. BAR-YAM. Global Pattern Formation and Ethnic/Cultural Violence. *Science*. Vol 317(5844) pp:1540-1544. 2007.

- [53] J. MADRIGANO, K. ITO, S. JOHNSON, PL KINNEY, Y T. MATTLE. A Case-Only Study of Vulnerability to Heat Wave-Related Mortality in New York City. *Environ. Health Perspect.* Vol 123:672–678. 2004.
- [54] A. ANAS. Prejudice, exclusion, and compensating transfers: the economics of ethnic segregation. *Journal of Urban Economics.* Vol 52(3). 2002.
- [55] N. KRIEGER, J.T. CHEN, P.D. WATTERMAN, D.H. REHKOPF Y S.V. SUBRAMANIAN. Race/Ethnicity, Gender, and Monitoring Socioeconomic Gradients in Health: A Comparison of Area-Based Socioeconomic Measures—The Public Health Disparities Geocoding Project. *American Journal of Public Health.* Vol 93. 2003.
- [56] R. D'ERCOLE, P. MERTZGER. Vulnerabilidad global de los barrios de Quito. *IRD-MDMQ.* 2004.
- [57] UNIDAD DE ESTUDIOS. Tipología de la pobreza integrada. *DMPT-MDMQ.* 2005.
- [58] G. DURÁN, M. MARTÍ, J. MÉRIDA. Crecimiento, segregación y mecanismos de desplazamiento en el periurbano de Quito. *Íconos. Revista de Ciencias Sociales.* Vol 56: 123-146. julio 2016.
- [59] J.L. RODGERS Y W.A. NICEWANDER. Thirteen Ways to Look at the Correlation Coefficient. *The American Statistician.* Vol 42(1). 1988.
- [60] R.J. RUMMEL. Understanding Correlation. *Department of Political Science University of Hawaii.* 1976.
- [61] R.M. MAY. Simple Mathematical Models with Very Complicated Dynamics. *Nature.* Vol 261(5560):459-67. 1976
- [62] J. F. KENNEY Y E. S KEEPING. Mathematics of Statistics. *Princeton, NJ: Van Nostrand.* 1951.
- [63] R.M. GRAY. Entropy and information theory. *Springer 2011.* Second Edition.
- [64] J. ALDRICH. Correlations genuine and spurious in Person and Yule. *Statistical Science.* Vol 10(4): 364-376. 1995.
- [65] H. BEEBEE, C. HITCHCOCK Y P. MENZIES. The Oxford handbook of causation. *Oxford University Press.* 2009.
- [66] DIVISIÓN DE ESTADÍSTICA DE LAS NACIONES UNIDAS. Geographic Regions. <https://unstats.un.org/unsd/methodology/m49/>

Apéndice A

Algoritmos de segregación

A.1. Algoritmo étnico: Cuatro etnias

```
1 #include<stdio.h>
2 #include<math.h>
3 #include<string.h>
4 float X[4000001],Y[4000001],E[4000001],H[4000001],S[4000001],GRD[4000001][5];
5 int D[4000001],V[4000001];
6 int p1,fin,paux=0,max=1000,num,etnia,inx,ix,ind,p=0,n=0,T,i,j,k4aux,k,k1=0,k2=0;
7 int k3=0,k4=0,k5=0,l,m,m1,m2,m3,m4;
8 float rmx=10,mmm=0.1,rho=0.2,r,dist,porcentaje=0.5;
9 FILE* R;
10
11 void fichero() {int i,j,l; float wwl,t,dinero,t1,t2,a,b;
12 R=fopen("BN.txt","wt");
13 for(l=1;l<=max*max;l++){ if(H[l]>0){wwl=GRD[l][1]+GRD[l][2]+GRD[l][4]+GRD[l][5];
14 fprintf(R,"%4.2f\t\t%4.2f\t\t%4.4f\t\t%d\t\t%4.0f\t\t%4.0f\t\t%4.4f\n",X[l]*mmm,Y[l]*mmm,S[l],
15 (int)(E[l]),GRD[l][1],GRD[l][2],0.5*(int)(GRD[l][3]/(wwl*1000.0)));}
16 fclose(R);
17 }
18
19 void grilla(float r) {int ij,i,j,k,l,num,n,x1,x2,radio;
20 float rmax,asi=0,hisp=0,blanco=0,negro=0,t1=0,sueldo=0;
21 rmax=(r*rmx);
22 for(ij=1;ij<=max*max;ij++){i=X[ij];j=Y[ij];
23 blanco=0;negro=0;t1=0;sueldo=0;asi=0;hisp=0;
24 for(k=0;k<=((int)(rmax));k++){radio=(int)((sqrt(rmax*rmax-k*k)));
25 x1=j-radio;x2=j+radio;
26 if(k==0){for(n=x1;n<=x2;n++){l=(i-1)*max+n;if(l>=1&&l<=max*max){
27 sueldo=sueldo+S[l];
28 if(E[l]==1){blanco++;}if(E[l]==2){negro++;}if(E[l]==3){asi++;}if(E[l]==4){hisp++;}}}
29 if(k>=1){for(n=x1;n<=x2;n++){
30 l=((i-1)-k)*max+n;if(l>=1&&l<=max*max){
31 sueldo=sueldo+S[l];
32 if(E[l]==1){blanco++;}if(E[l]==2){negro++;}if(E[l]==3){asi++;}if(E[l]==4){hisp++;}
33 l=((i-1)+k)*max+n;if(l>=1&&l<=max*max){
34 sueldo=sueldo+S[l];
35 if(E[l]==1){blanco++;}if(E[l]==2){negro++;}if(E[l]==3){asi++;}if(E[l]==4){hisp++;}
36 }}}
37 num=(i-1)*max+j;
38 GRD[num][1]=blanco;GRD[num][2]=negro;GRD[num][3]=sueldo;
39 GRD[num][4]=asi;GRD[num][5]=hisp;
40 }
41 }
42
43 int conteo(int num, float r, int c) {
44 float sueldo,s1,s2,s=0,asi=0,hisp=0,blanco=0,negro=0,t1=0,rmax;
45 int ar,br,x1,x2,radio;
46 blanco=GRD[num][1];negro=GRD[num][2];asi=GRD[num][4];hisp=GRD[num][5];
47 t1=blanco+negro+asi+hisp;sueldo=S[num];s=GRD[num][3]/t1;
48 s1=s*(1-rho);s2=s*(1+rho);
49 if(c==1){if(blanco>t1*porcentaje){
50 if(sueldo>s1&&sueldo<s2){H[num]=2;}return(0);}else{return(1);}
51 if(c==2){if(negro>t1*porcentaje){
52 if(sueldo>s1&&sueldo<s2){H[num]=2;}return(0);}else{return(1);}
53 if(c==3){if(asi>t1*porcentaje){
54 if(sueldo>s1&&sueldo<s2){H[num]=2;}return(0);}else{return(1);}
55 if(c==4){if(hisp>t1*porcentaje){
56 if(sueldo>s1&&sueldo<s2){H[num]=2;}return(0);}else{return(1);}
57 }
58
59 int cto(int num) {
60 float sueldo,s1,s2,s=0,asi=0,hisp=0,blanco=0,negro=0,t1=0,saux,rmax;
61 int c,ar,br,x1,x2,radio;
62 blanco=GRD[num][1];negro=GRD[num][2];asi=GRD[num][4];
63 hisp=GRD[num][5];t1=blanco+negro+asi+hisp;sueldo=S[num];s=GRD[num][3]/t1;
64 s1=s*(1-rho);s2=s*(1+rho);c=E[num];saux=s*(1-(rho+0.1));
```

```

65 if(H[num]==0){return(0);} else{
66 if(c==1){if( blanco>t1*porcentaje){
67 if(sueldo>s1&&sueldo<s2){return(2);} else{return(1);} else{return(1);}
68 if(c==2){if( negro>t1*porcentaje){
69 if(sueldo>s1&&sueldo<s2){return(2);} else{return(1);} else{return(1);}
70 if(c==3){if( asi>t1*porcentaje){
71 if(sueldo>s1&&sueldo<s2){return(2);} else{return(1);} else{return(1);}
72 if(c==4){if( hisp>t1*porcentaje){
73 if(sueldo>s1&&sueldo<s2){return(2);} else{return(1);} else{return(1);}
74 }
75
76 int buscar(int num,float r,int c){int l,i,j,k=-1,n=0;
77 float smed,sueldo,s1,s2,saux,s,asi=0,hisp=0,blanco=0,negro=0,t1=0;
78 sueldo=S[num];
79 saux=sueldo*(1-(rho+0.05));
80 s1=sueldo*(1-(rho));
81 s2=sueldo*(1+rho);
82 while(n<max*10){
83 i=rand()%(max*max)+1;
84 if(H[i]==0){n++;
85 blanco=GRD[i][1]; negro=GRD[i][2]; asi=GRD[i][4]; hisp=GRD[i][5];
86 t1=blanco+negro+asi+hisp; s=GRD[i][3]/t1;
87 if(c==1){if( blanco>t1*porcentaje){if(s>s1&&s<s2){return(i);}
88 if(c==2){if( negro>t1*porcentaje){if(s>s1&&s<s2){return(i);}
89 if(c==3){if( asi>t1*porcentaje){if(s>s1&&s<s2){return(i);}
90 if(c==4){if( hisp>t1*porcentaje){if(s>s1&&s<s2){return(i);}
91 }
92 }
93 return(-1);
94 }
95
96 void ajuste(int num, int l1,float r){
97 int c,radio,ind,l,x1,x2,ar,br,i,j,k;
98 float rmax;
99 ar=X[num]; br=Y[num]; c=E[num];
100 rmax=(r*rmx);
101 for(i=0;i<=((int)(rmax));i++){
102 radio=(int)((sqrt(rmax*rmax-i*i)));
103 x1=br-radio;x2=br+radio;
104 if(i==0){for(j=x1;j<=x2;j++){l=(ar-1)*max+j;if(l>=1&&l<=max*max){
105 if(c==1){GRD[l][1]-;} if(c==2){GRD[l][2]-;}
106 if(c==3){GRD[l][4]-;} if(c==4){GRD[l][5]-;}
107 GRD[l][3]=GRD[l][3]-S[num];
108 }
109 if(i>=1){for(j=x1;j<=x2;j++){
110 l=((ar-1)-i)*max+j;if(l>=1&&l<=max*max){if(c==1){GRD[l][1]-;}
111 if(c==2){GRD[l][2]-;} if(c==3){GRD[l][4]-;} if(c==4){GRD[l][5]-;}
112 GRD[l][3]=GRD[l][3]-S[num];
113 l=((ar-1)+i)*max+j;if(l>=1&&l<=max*max){if(c==1){GRD[l][1]-;}
114 if(c==2){GRD[l][2]-;} if(c==3){GRD[l][4]-;} if(c==4){GRD[l][5]-;}
115 GRD[l][3]=GRD[l][3]-S[num];
116 }
117 }
118
119 ar=X[num]; br=Y[num]; c=E[num];
120 for(i=0;i<=((int)(rmax));i++){radio=(int)((sqrt(rmax*rmax-i*i)));
121 x1=br-radio;x2=br+radio;
122 if(i==0){for(j=x1;j<=x2;j++){l=(ar-1)*max+j;if(l>=1&&l<=max*max){H[l]=cto(1);}
123 }
124 if(i>=1){for(j=x1;j<=x2;j++){
125 l=((ar-1)-i)*max+j;if(l>=1&&l<=max*max){H[l]=cto(1);}
126 l=((ar-1)+i)*max+j;if(l>=1&&l<=max*max){H[l]=cto(1);}
127 }
128 }
129
130 ar=X[l1]; br=Y[l1];
131 for(i=0;i<=((int)(rmax));i++){
132 radio=(int)((sqrt(rmax*rmax-i*i)));
133 x1=br-radio;x2=br+radio;
134 if(i==0){for(j=x1;j<=x2;j++){l=(ar-1)*max+j;
135 if(l>=1&&l<=max*max){
136 if(c==1){GRD[l][1]++;} if(c==2){GRD[l][2]++;}
137 if(c==3){GRD[l][4]++;} if(c==4){GRD[l][5]++;}
138 GRD[l][3]=GRD[l][3]+S[num];
139 }
140 if(i>=1){for(j=x1;j<=x2;j++){
141 l=((ar-1)-i)*max+j;if(l>=1&&l<=max*max){if(c==1){GRD[l][1]++;}
142 if(c==2){GRD[l][2]++;} if(c==3){GRD[l][4]++;} if(c==4){GRD[l][5]++;}
143 GRD[l][3]=GRD[l][3]+S[num];
144 l=((ar-1)+i)*max+j;if(l>=1&&l<=max*max){if(c==1){GRD[l][1]++;}
145 if(c==2){GRD[l][2]++;} if(c==3){GRD[l][4]++;} if(c==4){GRD[l][5]++;}
146 GRD[l][3]=GRD[l][3]+S[num];
147 }
148 }
149 H[num]=0;H[l1]=1;E[l1]=E[num];E[num]=0;S[l1]=S[num];S[num]=0;
150 ar=X[l1]; br=Y[l1];
151 for(i=0;i<=((int)(rmax));i++){radio=(int)((sqrt(rmax*rmax-i*i)));
152 x1=br-radio;x2=br+radio;
153 if(i==0){for(j=x1;j<=x2;j++){l=(ar-1)*max+j;
154 if(l>=1&&l<=max*max){H[l]=cto(1);}
155 }
156 if(i>=1){for(j=x1;j<=x2;j++){
157 l=((ar-1)-i)*max+j;if(l>=1&&l<=max*max){H[l]=cto(1);}
158 l=((ar-1)+i)*max+j;if(l>=1&&l<=max*max){H[l]=cto(1);}
159 }

```

```

160 }
161 }
162 }
163 }
164
165 double randn(double mu,double sigma){
166 double U1,U2,W,mult;static double X1, X2;
167 static int call=0;
168 if (call==1){ call=!call;return(mu+sigma*(double)X2);}
169 do{U1=-1+((double)rand()/2147483647.0)*2;
170 U2=-1+((double)rand()/2147483647.0)*2;W=pow(U1,2)+pow(U2,2);} while (W>=1||W==0);
171 mult=sqrt((-2*log(W))/W);X1=U1*mult;X2=U2*mult;call=!call;
172 return(mu+sigma*(double)X1);}
173
174
175 main(){srand(time(NULL));
176 for(i=0;i<=max*max;i++){E[i]=0;GRD[i][1]=0;
177 GRD[i][2]=0;GRD[i][3]=0;GRD[i][4]=0;GRD[i][5]=0;}
178 printf("Numero de habitantes=\t");scanf("%d",&m);
179 printf("Radio=\t");scanf("%f",&r);
180 dist=0.4;
181 m1=(int)(m*0.1);m2=(int)(m*0.1);m3=(int)(m*0.3);m4=(int)(m*0.5);
182 T=m;
183 printf("Poblacion T=\t%d\n",m);
184 printf("Poblacion A=\t%d\n",m1);
185 printf("Poblacion B=\t%d\n",m2);
186 system("date");
187 for(i=1;i<=max;i++){for(j=1;j<=max;j++){l=(i-1)*max+j;X[l]=i;Y[l]=j;}}
188 while(n<m){l=rand()%(max*max)+1;ind=rand()%5;
189 if(ind==1){if(k1<m1&&H[l]==0){
190 k1++;E[l]=1;H[l]=1;S[l]=fabs(randn(3000,800));k3++;D[k3]=1;}}
191 if(ind==2){if(k2<m2&&H[l]==0){
192 k2++;E[l]=2;H[l]=1;S[l]=fabs(randn(3000,800));k3++;D[k3]=1;}}
193 if(ind==3){if(k3<m3&&H[l]==0){
194 k4++;E[l]=3;H[l]=1;S[l]=fabs(randn(3000,800));k3++;D[k3]=1;}}
195 if(ind==4){if(k5<m4&&H[l]==0){
196 k5++;E[l]=4;H[l]=1;S[l]=fabs(randn(3000,800));k3++;D[k3]=1;}}
197 n=k1+k2+k4+k5;
198 printf("%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\n",k1,k2,k4,k5,k3);
199 n=1;
200 grilla(r);
201 system("date");
202 while(n!=0){
203 inx++;num=D[inx];ind=0;
204 /*if(H[num]==1){etnia=E[num];ind=conteo(num,r,etnia);}
205 if(ind==1){p++;l=buscar(num,r,etnia);E[num]=0;H[num]=0;E[l]=etnia;H[l]=1;D[inx]=l;}n++;*/
206 if(H[num]==1){etnia=E[num];ind=conteo(num,r,etnia);l=0;
207 if(ind==1){p++;l=buscar(num,r,etnia);
208 if(l>0){ajuste(num,l,r);D[inx]=l;}}
209 if(H[num]==2){p1++;}
210 if(inx==k3){fichero();printf("%d\t%d\n",p,p1);
211 if(abs(p-paux)<=100){fin++;}else{fin=0;}n=1;
212 if(fin>10||p==0){n=0;}paux=p;p1=0;p=0;inx=0;}
213 }
214 fichero();/**/
215 system("date");
216
217
218 }

```

A.2. Algoritmo socioeconómico: Cuatro etnias

```

1 #include<stdio.h>
2 #include<math.h>
3 #include<string.h>
4 float X[4000001],Y[4000001],E[4000001],H[4000001],S[4000001],GRD[4000001][5];
5 int D[4000001],V[4000001];
6 int p1,fin,paux=0,max=1000,num,etnia,inx,ix,ind,p=0,n=0,T,i,j,k4aux,k,k1=0,k2=0;
7 int k3=0,k4=0,k5=0,l,m,m1,m2,m3,m4;
8 float rmx=10,rmm=0.1,rho=0.2,r,dist,porcentaje=0.5;
9 FILE* R;
10 void fichero(){int i,j,l;float ww1,t,dinero,t1,t2,a,b;
11 R=fopen("BN.txt","wt");
12 for(l=1;l<=max*max;l++){if(H[l]>0){ww1=GRD[l][1]+GRD[l][2]+GRD[l][4]+GRD[l][5];
13 fprintf(R,"%4.2f\t\t%4.2f\t\t%4.4f\t\t%4.0f\t\t%4.0f\t\t%4.4f\n",X[l]*rmm,Y[l]*rmm,S[l],
14 (int)(E[l]),GRD[l][1],GRD[l][2],0.5*(int)(GRD[l][3]/(ww1*1000.0)));}
15 fclose(R);}
16 void grilla(float r){int ij,i,j,k,l,num,n,x1,x2,radio;
17 float rmax,asi=0,hisp=0,blanco=0,negro=0,t1=0,sueldo=0;
18 rmax=(r*rmx);
19 for(ij=1;ij<=max*max;ij++){i=X[ij];j=Y[ij];
20 blanco=0;negro=0;t1=0;sueldo=0;asi=0;hisp=0;
21 for(k=0;k<=((int)(rmax));k++){radio=(int)((sqrt(rmax*rmax-k*k)));
22 x1=j-radio;x2=j+radio;
23 if(k==0){for(n=x1;n<=x2;n++){l=(i-1)*max+n;if(l>=l&&l<=max*max){
24 sueldo=sueldo+S[l];
25 if(E[l]==1){blanco++;}if(E[l]==2){negro++;}if(E[l]==3){asi++;}if(E[l]==4){hisp++;}}}
26 if(k>=1){for(n=x1;n<=x2;n++){
27 l=((i-1)-k)*max+n;if(l>=l&&l<=max*max){

```

```

28 sueldo=sueldo+S[1];
29 if(E[1]==1){blanco++;}; if(E[1]==2){negro++;}; if(E[1]==3){asi++;}; if(E[1]==4){hisp++;};
30 l=((i-1)+k)*max+n; if(l>=1&&l<=max*max){
31 sueldo=sueldo+S[1];
32 if(E[1]==1){blanco++;}; if(E[1]==2){negro++;}; if(E[1]==3){asi++;}; if(E[1]==4){hisp++;};
33 }}
34 num=(i-1)*max+j;
35 GRD[num][1]=blanco;GRD[num][2]=negro;GRD[num][3]=sueldo;
36 GRD[num][4]=asi;GRD[num][5]=hisp;
37 }
38 int cto(int num){
39 float sueldo,s1,s2,s=0,asi=0,hisp=0,blanco=0,negro=0,t1=0,saux,rmax;
40 int c,ar,br,x1,x2,radio;
41 blanco=GRD[num][1];negro=GRD[num][2];asi=GRD[num][4];
42 hisp=GRD[num][5];t1=blanco+negro+asi+hisp;sueldo=S[num];s=GRD[num][3]/t1;
43 s1=s*(1-(rho));s2=s*(1+rho);c=E[num];saux=s*(1-(rho+0.1));
44 if(H[num]==0){return(0);}else{
45 if(c==1){if(sueldo>s1&&sueldo<s2){
46 if(blanco>t1*porcentaje){return(2);}else{return(1);}else{return(1);}
47 if(c==2){if(sueldo>s1&&sueldo<s2){
48 if(negro>t1*porcentaje){return(2);}else{return(1);}else{return(1);}
49 if(c==3){if(sueldo>s1&&sueldo<s2){
50 if(asi>t1*porcentaje){return(2);}else{return(1);}else{return(1);}
51 if(c==4){if(sueldo>s1&&sueldo<s2){
52 if(hisp>t1*porcentaje){return(2);}else{return(1);}else{return(1);}
53 }
54 int cto(int num){
55 float sueldo,s1,s2,s=0,asi=0,hisp=0,blanco=0,negro=0,t1=0,saux,rmax;
56 int c,ar,br,x1,x2,radio;
57 blanco=GRD[num][1];negro=GRD[num][2];asi=GRD[num][4];
58 hisp=GRD[num][5];t1=blanco+negro+asi+hisp;sueldo=S[num];s=GRD[num][3]/t1;
59 s1=s*(1-(rho));s2=s*(1+rho);c=E[num];saux=s*(1-(rho+0.1));
60 if(H[num]==0){return(0);}else{
61 if(c==1){if(blanco>t1*porcentaje){
62 if(sueldo>s1&&sueldo<s2){return(2);}else{return(1);}else{return(1);}
63 if(c==2){if(negro>t1*porcentaje){
64 if(sueldo>s1&&sueldo<s2){return(2);}else{return(1);}else{return(1);}
65 if(c==3){if(asi>t1*porcentaje){
66 if(sueldo>s1&&sueldo<s2){return(2);}else{return(1);}else{return(1);}
67 if(c==4){if(hisp>t1*porcentaje){
68 if(sueldo>s1&&sueldo<s2){return(2);}else{return(1);}else{return(1);}
69 }
70 int buscar(int num,float r,int c){int l,i,j,k=-1,n=0;
71 float smed,sueldo,s1,s2,saux,s,asi=0,hisp=0,blanco=0,negro=0,t1=0;
72 sueldo=S[num];
73 saux=sueldo*(1-(rho+0.05));
74 s1=sueldo*(1-(rho));
75 s2=sueldo*(1+rho);
76 while(n<max*10){
77 i=rand()%(max*max)+1;
78 if(H[i]==0){n++;
79 blanco=GRD[i][1];negro=GRD[i][2];asi=GRD[i][4];hisp=GRD[i][5];
80 t1=blanco+negro+asi+hisp;s=GRD[i][3]/t1;
81 if(c==1){if(blanco>t1*porcentaje){if(s>s1&&s<s2){return(i);}
82 if(c==2){if(negro>t1*porcentaje){if(s>s1&&s<s2){return(i);}
83 if(c==3){if(asi>t1*porcentaje){if(s>s1&&s<s2){return(i);}
84 if(c==4){if(hisp>t1*porcentaje){if(s>s1&&s<s2){return(i);}
85 }}return(-1);}
86 void ajuste(int num,int l1,float r){
87 int c,radio,ind,l,x1,x2,ar,br,i,j,k;
88 float rmax;
89 ar=X[num];br=Y[num];c=E[num];
90 rmax=(r*rmax);
91 for(i=0;i<=((int)(rmax));i++){
92 radio=(int)((sqrt(rmax*rmax-i*i)));
93 x1=br-radio;x2=br+radio;
94 if(i==0){for(j=x1;j<=x2;j++){l=(ar-1)*max+j;if(l>=1&&l<=max*max){
95 if(c==1){GRD[l][1]-;}if(c==2){GRD[l][2]-;}
96 if(c==3){GRD[l][4]-;}if(c==4){GRD[l][5]-;}
97 GRD[l][3]=GRD[l][3]-S[num];}
98 }}
99 if(i>=1){for(j=x1;j<=x2;j++){
100 l=((ar-1)-i)*max+j;if(l>=1&&l<=max*max){if(c==1){GRD[l][1]-;}
101 if(c==2){GRD[l][2]-;}if(c==3){GRD[l][4]-;}if(c==4){GRD[l][5]-;}
102 GRD[l][3]=GRD[l][3]-S[num];}
103 l=((ar-1)+i)*max+j;if(l>=1&&l<=max*max){if(c==1){GRD[l][1]-;}
104 if(c==2){GRD[l][2]-;}if(c==3){GRD[l][4]-;}if(c==4){GRD[l][5]-;}
105 GRD[l][3]=GRD[l][3]-S[num];}
106 }}
107 ar=X[num];br=Y[num];c=E[num];
108 for(i=0;i<=((int)(rmax));i++){radio=(int)((sqrt(rmax*rmax-i*i)));
109 x1=br-radio;x2=br+radio;
110 if(i==0){for(j=x1;j<=x2;j++){l=(ar-1)*max+j;if(l>=1&&l<=max*max){H[l]=cto(1);}
111 }}
112 if(i>=1){for(j=x1;j<=x2;j++){
113 l=((ar-1)-i)*max+j;if(l>=1&&l<=max*max){H[l]=cto(1);}
114 l=((ar-1)+i)*max+j;if(l>=1&&l<=max*max){H[l]=cto(1);}
115 }}
116 ar=X[l1];br=Y[l1];
117 for(i=0;i<=((int)(rmax));i++){
118 radio=(int)((sqrt(rmax*rmax-i*i)));
119 x1=br-radio;x2=br+radio;
120 if(i==0){for(j=x1;j<=x2;j++){l=(ar-1)*max+j;
121 if(l>=1&&l<=max*max){
122 if(c==1){GRD[l][1]++;}; if(c==2){GRD[l][2]++;};

```

```

123 if (c==3){GRD[1][4]++;} if (c==4){GRD[1][5]++;}
124 GRD[1][3]=GRD[1][3]+S[num];}
125 }
126 if (i>=1){for (j=x1; j<=x2; j++){
127 l=((ar-1)-i)*max+j; if (l>=1&&l<=max*max) {if (c==1){GRD[1][1]++;}
128 if (c==2){GRD[1][2]++;} if (c==3){GRD[1][4]++;} if (c==4){GRD[1][5]++;}
129 GRD[1][3]=GRD[1][3]+S[num];}
130 l=((ar-1)+i)*max+j; if (l>=1&&l<=max*max) {if (c==1){GRD[1][1]++;}
131 if (c==2){GRD[1][2]++;} if (c==3){GRD[1][4]++;} if (c==4){GRD[1][5]++;}
132 GRD[1][3]=GRD[1][3]+S[num];}
133 }
134 H[num]=0;H[11]=1;E[11]=E[num];E[num]=0;S[11]=S[num];S[num]=0;
135 ar=X[11];br=Y[11];
136 for (i=0; i<=((int)(rmax)); i++){radio=(int)((sqrt(rmax*rmax-i*i)));
137 x1=br-radio; x2=br+radio;
138 if (i==0){for (j=x1; j<=x2; j++){l=(ar-1)*max+j;
139 if (l>=1&&l<=max*max) {H[1]=cto(1);}
140 }
141 if (i>=1){for (j=x1; j<=x2; j++){
142 l=((ar-1)-i)*max+j; if (l>=1&&l<=max*max) {H[1]=cto(1);}
143 l=((ar-1)+i)*max+j; if (l>=1&&l<=max*max) {H[1]=cto(1);}
144 }}}}
145 double randn(double mu, double sigma){
146 double U1,U2,W,mult; static double X1, X2;
147 static int call=0;
148 if (call==1) call=!call; return(mu+sigma*(double)X2);}
149 do{U1=-1+((double)rand()/2147483647.0)*2;
150 U2=-1+((double)rand()/2147483647.0)*2;W=pow(U1,2)+pow(U2,2);} while (W>=1||W==0);
151 mult=sqrt((-2*log(W))/W);X1=U1*mult;X2=U2*mult;call=!call;
152 return(mu+sigma*(double)X1);}
153 main(){srand(time(NULL));
154 for (i=0; i<=max*max; i++){E[i]=0;H[i]=0;GRD[i][1]=0;
155 GRD[i][2]=0;GRD[i][3]=0;GRD[i][4]=0;GRD[i][5]=0;}
156 printf("Numero de habitantes=\t"); scanf("%d",&m);
157 printf("Radio=\t"); scanf("%f",&r);
158 dist=0.4;
159 m1=(int)(m*0.1); m2=(int)(m*0.1); m3=(int)(m*0.3); m4=(int)(m*0.5);
160 T=m;
161 printf(" Poblacion T=\t %d\n",m);
162 printf(" Poblacion A=\t %d\n",m1);
163 printf(" Poblacion B=\t %d\n",m2);
164 system("date");
165 for (i=1; i<=max; i++){for (j=1; j<=max; j++){l=(i-1)*max+j;X[1]=i;Y[1]=j;}
166 while (n<m){l=rand()%(max*max)+1; ind=rand()%5;
167 if (ind==1){if (k1<m1&&H[1]==0){
168 k1++;E[1]=1;H[1]=1;S[1]=fabs(randn(3000,800));k3++;D[k3]=1;}
169 if (ind==2){if (k2<m2&&H[1]==0){
170 k2++;E[1]=2;H[1]=1;S[1]=fabs(randn(3000,800));k3++;D[k3]=1;}
171 if (ind==3){if (k4<m3&&H[1]==0){
172 k4++;E[1]=3;H[1]=1;S[1]=fabs(randn(3000,800));k3++;D[k3]=1;}
173 if (ind==4){if (k5<m4&&H[1]==0){
174 k5++;E[1]=4;H[1]=1;S[1]=fabs(randn(3000,800));k3++;D[k3]=1;}
175 n=k1+k2+k4+k5;}
176 printf(" %d\t %d\t %d\t %d\t %d\n",k1,k2,k4,k5,k3);
177 n=1;
178 grilla(r);
179 system("date");
180 while (n!=0){
181 inx++;num=D[inx]; ind=0;
182 if (H[num]==1){etnia=E[num]; ind=conteo(num,r,etnia); l=0;
183 if (ind==1){p++; l=buscar(num,r,etnia);
184 if (l>0){ajuste(num,l,r); D[inx]=1;}}
185 if (H[num]==2){p1++;}
186 if (inx==k3){fichero(); printf(" %d\t %d\n",p,p1);
187 if (abs(p-paux)<=100){fin++;} else {fin=0;} n=1;
188 if (fin > 10 || p==0){n=0; paux=p; p1=0; p=0; inx=0;}
189 }
190 fichero(); system("date") }

```

Apéndice B

Algoritmo estadístico

B.1. Para una ciudad hipotética

```
1 #include<stdio.h>
2 #include<math.h>
3 #include<string.h>
4 #include<stdlib.h>
5 int ttl=4037,mm,lx,ly,nn,cont=0,m,u;
6 int v=8,w=1,x,y,z,ID=1,ID2=1,tx,ty,tz,tw;
7 int rr,M1[500];
8 float DATO[200001][10];
9 int BARRIO[1001][10];
10 int BARRIO1[1001][10];
11 int min=100, max=0;
12 float Info,IM,Ier;
13 float a,b,c;
14 char pa[500],p[500],q[500];
15 double M2[500],M3[500];
16 FILE* R;
17 FILE* Rsh;
18 FILE* Rfl;
19 FILE* Wet;
20 FILE* Wed;
21 FILE* Wso;
22 FILE* Wcu;
23 FILE* W;
24 void RW() {
25 int i=0,j=-1,k=0,n=0;
26 memset(q,'\0',strlen(q));
27 while(i==0){j++;if(p[j]=='\t'){i=j;}}
28 for(j=0;j<i;j++){q[j]=p[j];}M1[n]=atoi(q);
29 k=i;
30 for(n=1;n<=6;n++){memset(q,'\0',strlen(q));
31 j=k;i=0;while(i==0){j++;if(p[j]=='\t'){i=j;}}
32 for(j=0;j<i-k;j++){q[j]=p[j+k+1];}M1[n]=atoi(q);
33 k=i;
34 }
35 memset(p,'\0',strlen(p));
36 }
37 void Cal(int c){
38 int i,j,ls,jj;
39 for(i=0;i<=6;i++){DATO[c][i]=M1[i];}
40 }
41 main() {
42 for(m=1;m<=1001;m++){
43 for(u=1;u<=10;u++){BARRIO1[m][u]=0;BARRIO[m][u]=0;}}
44 R=fopen("BN.txt","r");for(m=1;m<=20000;m++){
45 fgets(p,300,R);RW();Cal(m);}fclose(R);
46 float TMP[3][10];
47 int k=0,i,j;
48 float a,b,c,d;
49 for(i=1;i<=20;i++){a=i*5;c=(i-1)*5;
50 for(j=1;j<=20;j++){k++;
51 b=j*5;d=(j-1)*5;
52 for(m=1;m<=20000;m++){
53 if(DATO[m][0]<a&&DATO[m][0]>=c&&DATO[m][2]<b&&DATO[m][2]>=d){
54 if(DATO[m][5]==1){BARRIO1[k][1]++;}
55 if(DATO[m][5]==2){BARRIO1[k][2]++;}
56 if(DATO[m][5]==3){BARRIO1[k][3]++;}
57 if(DATO[m][5]==4){BARRIO1[k][4]++;}
58 if((int)(DATO[m][4]/1000.0)<=0){BARRIO1[k][5]++;}
59 if((int)(DATO[m][4]/1000.0)==1){BARRIO1[k][6]++;}
60 if((int)(DATO[m][4]/1000.0)==2){BARRIO1[k][7]++;}
61 if((int)(DATO[m][4]/1000.0)==3){BARRIO1[k][8]++;}
62 if((int)(DATO[m][4]/1000.0)>=4){BARRIO1[k][9]++;}
63 }}}}
64 srand(time(NULL));
```

```

65 for (m=1;m<=2000000;m++){i=rand() %200000+1;j=rand() %200000+1;
66 for (k=1;k<=6;k++){TMP[1][k]=DATO[i][k];TMP[2][k]=DATO[j][k];}
67 a=DATO[i][5];b=DATO[j][5];
68 if (a==b) {for (k=4;k<=6;k++){DATO[j][k]=TMP[1][k];DATO[i][k]=TMP[2][k];}}
69 k=0;
70 for (i=1;i<=20;i++){a=i*5;c=(i-1)*5;
71 for (j=1;j<=20;j++){k++;
72 b=j*5;d=(j-1)*5;
73 for (m=1;m<=200000;m++){
74 if (DATO[m][0] < a&&DATO[m][0] >= c&&DATO[m][2] < b&&DATO[m][2] >= d) {
75 if (DATO[m][5]==1) {BARRIO[k][1]++;}
76 if (DATO[m][5]==2) {BARRIO[k][2]++;}
77 if (DATO[m][5]==3) {BARRIO[k][3]++;}
78 if (DATO[m][5]==4) {BARRIO[k][4]++;}
79 if ((int) (DATO[m][4]/1000.0) <=0) {BARRIO[k][5]++;}
80 if ((int) (DATO[m][4]/1000.0) ==1) {BARRIO[k][6]++;}
81 if ((int) (DATO[m][4]/1000.0) ==2) {BARRIO[k][7]++;}
82 if ((int) (DATO[m][4]/1000.0) ==3) {BARRIO[k][8]++;}
83 if ((int) (DATO[m][4]/1000.0) >=4) {BARRIO[k][9]++;}
84 }}}}
85 R=fopen("BN1.txt","wt"); for (m=1;m<=200000;m++)
86 {fprintf(R,"%4.4f\t%4.4f\t%4.4f\t%4.4f\t\n",
87 (rand()/2147483647.0)*100,(rand()/2147483647.0)*100,DATO[m][4],DATO[m][5]);}
88 fclose(R);
89
90 float PX[2001],PY[2001];
91 float r1,r2,r3,r4,r5,tr1,tr2,tr;
92 m=0;
93 for (i=1;i<=400;i++){for (j=1;j<=5;j++){m++;PX[m]=0;PY[m]=0;}}
94 m=0;
95 R=fopen("P2.txt","wt");
96 for (i=1;i<=400;i++){for (j=5;j<=9;j++){m++;
97 r1=BARRIO[i][2]*1.0+BARRIO[i][1]*1.0+BARRIO[i][4]*1.0+BARRIO[i][3]*1.0;
98 r2=BARRIO[i][2]*1.0+BARRIO[i][1]*1.0+BARRIO[i][4]*1.0+BARRIO[i][3]*1.0;
99 PX[m]=BARRIO[i][j]*1.0/r1;
100 PY[m]=BARRIO[i][j]*1.0/r2;
101 fprintf(R,"%4.4f\t%4.4f\n",PX[m],PY[m]);
102 }}
103 fclose(R);
104 r1=0;r2=0;
105 int lx;lx=m;
106 for (i=1;i<=lx;i++){r1=r1+PX[i]*PY[i];r2=r2+PX[i];
107 r3=r3+PY[i];r4=r4+PX[i]*PX[i];r5=r5+PY[i]*PY[i];}
108 tr1=lx*r1-r2*r3;
109 tr2=sqrt(fabs(lx*r4-r2*r2))*sqrt(fabs(lx*r5-r3*r3));
110 tr=tr1/tr2;
111 printf("D.G. socioeconomico\trxy=%4.4f\n",tr);
112 }

```

B.2. Para Quito

```

1 #include<stdio.h>
2 #include<math.h>
3 #include<string.h>
4 #include<stdlib.h>
5 int m,u,v,w,x,y,z,ID=1,ID2=1,tx[20],ty,tz,tw;
6 int M1[500],M2[500],M3[500],Et,Ed,Cu,In;
7 float a,b,c,Su[21][9];
8 int V0[1619147],V1[1619147],V2[1619147],V3[1619147],V4[1619147],V5[1619147];
9 char p[500],q[500];
10 long int t;
11 FILE* R;
12 FILE* W;
13 void RW1() {int i=0,j=-1,k=0,n=0;
14 memset(q,'\0',strlen(q));
15 while (i==0){j++;if (p[j]=='\t'){i=j;}}
16 for (j=0;j<i;j++){q[j]=p[j];}M1[n]=atoi(q);k=i;
17 for (n=1;n<=5;n++){memset(q,'\0',strlen(q));j=k;i=0;
18 while (i==0){j++;if (p[j]=='\t'){i=j;}}
19 for (j=0;j<i-k;j++){q[j]=p[j+k+1];}M1[n]=atoi(q);k=i;}memset(p,'\0',strlen(p));}
20 main() {srand(time(NULL));
21 R=fopen("Poblacion_QuitoI.dat","r");
22 for (m=1;m<=1619146;m++){
23 fgets(p,50,R);
24 RW1();
25 V0[m]=M1[0];V1[m]=M1[1];V2[m]=M1[2];V3[m]=M1[3];V4[m]=M1[4];V5[m]=M1[5];
26 }fclose(R);
27 for (z=1;z<=4000000;z++){ID=0;
28 x=rand()%1619145+1;
29 while (ID==0){y=rand()%1619145+1;if (V2[x]==V2[y]){ID=1;}}
30 ty=V3[x];tz=V4[x];tw=V5[x];
31 V3[x]=V3[y];V4[x]=V4[y];V5[x]=V5[y];
32 V3[y]=ty;V4[y]=tz;V5[y]=tw;
33 }W=fopen("Poblacion_QuitoI0.dat","wt");
34 for (m=1;m<=1619146;m++){
35 fprintf(W,"%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t\n",V0[m],V1[m],V2[m],V3[m],V4[m],V5[m]);}

```