UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Aproximación al análisis de la segregación ambiental en el suelo urbano de Bogotá

Juan Camilo Baracaldo Orrego y Rolando Stevel Fonseca Melo

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Medio ambiente y Recursos Naturales, Ingeniería ambiental

Bogotá D.C., Colombia

2020

Aproximación al análisis de la segregación ambiental en el suelo urbano de Bogotá

Juan Camilo Baracaldo Orrego y Rolando Stevel Fonseca Melo

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Ambiental

Director:

Msc, Economista Álvaro Sanabria Duque

Línea de Investigación:

Ordenamiento territorial

Grupo de Investigación:

Semillero de estudios socioecológicos

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Medio ambiente y Recursos Naturales, Ingeniería ambiental

Bogotá D.C., Colombia

2020

A los estudiantes organizados, quienes con su rebeldía y alegría, inspiraron cada una de las palabras de este trabajo.

Al pueblo, pues solo él puede saldar las contradicciones urbanas que aquejan a la ciudad.

A nuestras familias, quienes han sido nuestro soporte incondicional en este camino.

A la universidad pública, cuya grandeza forjó la convicción de nuestro sujeto político.

Resumen

El presente estudio busca hacer una aproximación al análisis del fenómeno de la segregación ambiental en el suelo urbano de la ciudad de Bogotá a través de tres herramientas a) un acercamiento a los sucesos históricos que han dado paso al estado actual de la ciudad, b) la elaboración de un Sistema de Información Geográfica con variables ambientales y socioeconómicas, y c) la construcción de un Índice de Condiciones Urbanas Ambientales (ICUA) aplicado a la escala de las Unidades de Planeación Zonal UPZ. La fuente de datos corresponde a las instituciones de orden distrital asociadas a cada unidad temática. El procedimiento aplicado para el análisis multiescalar de los resultados consiste en cuatro métodos a) la correlación lineal entre el estrato y el ICUA, b) un procesamiento estadístico del ICUA a través de la varianza, c) la aplicación del índice de Segregación Residencial y, por último, d) la estimación de un Índice de Gini con el software libre Geo - Segregation Analyzer. Los resultados arrojan un 61% de correlación entre el estrato y las condiciones ambientales en las que habitan los ciudadanos. En la macroescala, se presenta un Índice de Segregación Residencial de 67,72% respecto al ICUA, y la mayor segregación entre localidades se encuentra en la relación de Chapinero con Bosa y Ciudad Bolívar. La expresión más acentuada de la segregación ambiental se representa en la diferencia de la calidad ambiental urbana entre el suroccidente respecto al nororiente de Bogotá, encontrando el peor y el mejor ICUA, respectivamente. En la mesoescala, se encuentra a la localidad de Suba como el espacio más desigual de la ciudad, y las localidades de Bosa y Ciudad Bolívar como las más homogéneas.

Palabras clave: Segregación ambiental, renta urbana, Índice de Calidad Ambiental Urbana, Bogotá.

Abstract

This research intends to approach the analysis of the socio-environmental segregation phenomenon in Bogota urban area, using three tools a) an approximation to the historical events which led to the current state of things, b) the creation of a Geographic Information System with socio-economic and environmental variables, and c) the construction of a UEQR - Urban Environmental Quality Rate - applied to each one of Bogota's UPZs - Zone Planning Units. The source of the used data is the district public institution in charge for each thematic unit. The procedure for multi-scale analysis of the results consists of four methods a) linear correlation between UEQR and social stratum, b) UEQR statistic processing through variance, c) application of the Residential Segregation Rate, and d) the estimation of a Gini rate using the open source Geo-Segregation analyzer software. The results show a 59,5% correlation between social stratum and environmental conditions of citizens. In macroscale, the analysis threw a 67,72% Residential Segregation Rate with regard to the UEQR, the highest segregation gap between UPZs being found between Chapinero and the Bosa - Ciudad Bolivar areas. The urban environmental quality gap between the southwest and the northeast of the city, which show the worst and best UEQR respectively, is the clearest proof of socio-environmental segregation in Bogota. In a mesoscale, Suba appears as the most unequal area, while Bosa and Ciudad Bolivar are the most homogeneous.

Keywords: environmental segregation, urban rent, Urban Environmental Quality Index, Bogotá

Contenido

Pág.

Introducción

1. Objetivos 4

2. Aproximación conceptual a la segregación ambiental en el suelo urbano 5
2.1 Segregación 8
2.2 ¿Cómo se mide la segregación? 12
2.2.1 Índices e indicadores 17
2.2.2 Índices de calidad ambiental 18
2.3 Aspectos Normativos 20
2.3.1 Unidades de Planeación Zonal ¿Cómo se definen? 20
2.3.2 Estratificación 21

3. Historia de la segregación ambiental en Bogotá 23
3.1 Crecimiento urbano y producción de vivienda. 26
3.2 Servicios públicos 42

4. Metodología 48
4.1 Sobre la escala de trabajo. 50

5. Resultados 52
5.1 Calidad del aire 52
5.1.1 Selección de datos 56
5.1.2 Índice de calidad del aire 60
5.1.3 Análisis de datos 64
5.1.4 Superficie de predicción 67
5.2 Calidad de aguas superficiales 71
5.3 Espacios verdes urbanos 76
5.4 Arbolado urbano 81
5.5 Variables de percepción 84
5.5.1 Ruido 86
5.5.2 Olores ofensivos 87
5.5.3 Presencia de insectos, roedores y animales molestos 89

6. Análisis de resultados 91
6.1 Correlación entre variables 95
6.2 Segregación ambiental por localidades 97
6.3 Coeficiente de Gini de Segregación Ambiental 100
6.4 Aplicación del Índice de Segregación Residencial 102

7. Conclusiones y recomendaciones 105
7.1 Conclusiones 105
7.2 Recomendaciones 108

Lista de ilustraciones

Pág.

Ilustración 2-1: Escalas en el análisis de la segregación espacial 9
Ilustración 2-2: Resumen de las rentas urbanas 10
Ilustración 3-1: Paseo Bolívar (1939) 28
Ilustración 3-2: Sobre la nueva Avenida Calle 68 (Actual Av. 72) (1919). 29
Ilustración 3-3: Panorámica hacia el occidente desde la Plaza de Las Cruces, 1938. ... 30
Ilustración 3-4: Panorámica del derrumbe registrado en 1997 46
Ilustración 4-1: Diagrama de metodología 48
Ilustración 5-1: Localización estaciones de la RMCAB 55
Ilustración 5-2: ICA global en Bogotá. 68
Ilustración 5-3: Dirección media anual del viento en Bogotá 2015 y 2017 69
Ilustración 5-4: ICA y mortalidad por enfermedades respiratorias agudas en el 2015 ... 70
Ilustración 5-5: Distribución de la calidad del aire ICAg en quintiles por UPZ. 71
Ilustración 5-6: Distribución del WQI en quintiles por UPZ. 74
Ilustración 5-7: Parques y Áreas protegidas en el suelo urbano de Bogotá D.C. 78
Ilustración 5-8: Distribución en quintiles de los m^2 de espacio verde por habitante en quintiles por UPZ. 81
Ilustración 5-9: Insuficiencias del censo de arbolado urbano 82
Ilustración 5-10: Densidad del arbolado urbano en Bogotá 83
Ilustración 5-11: Distribución de número de árboles por persona en quintiles por UPZ. 84
Ilustración 5-12: Distribución de la percepción del ruido en quintiles por UPZ. 87
Ilustración 5-13: Distribución de la percepción de olores ofensivos en quintiles por UPZ. 88
Ilustración 5-14: Distribución de la percepción de animales molestos en quintiles por UPZ. 90
Ilustración 6-1: Índice urbano de la calidad ambiental por UPZ en Bogotá. 94
Ilustración 6-2: Distribución del ICUA en quintiles por UPZ. 95
Ilustración 6-3: Cálculo del índice de Gini y otros índices de segregación con el software Geo-segregation Analyzer. 101

Lista de tablas

Pág.

Tabla 2-1: Índices de segregación y formulas 12
Tabla 2-2: Marco normativo de las Unidades de planeación Zonal 20
Tabla 3-1: Hitos en la historia ambiental de Bogotá. 24
Tabla 3-2: Densidad por barrios en 1912 28
Tabla 3-3: Producción legal de vivienda por cada 100 habitantes en Bogotá. 1930 – 1939. 31
Tabla 3-4: Barrios nuevos por zonas 31
Tabla 3-5: Movimiento de propiedad raíz. 1979. 33
Tabla 3-6: Producción (%) de vivienda según formas de producción. 35
Tabla 3-7: Viviendas según licencias expedidas. 37
Tabla 3-8: Total estimado de población desplazada en Bogotá. 41
Tabla 4-1: Lista de los 17 grupos de UPZ en Bogotá, para la EMP 2017. 50
Tabla 5-1: Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio 54
Tabla 5-2: Ubicación estaciones RMCAB 55
Tabla 5-3: Características de medición de las estaciones RMCAB 56
Tabla 5-4: Porcentaje de datos capturados por estación y parámetro de 2015-2018 57
Tabla 5-5: Contaminantes con % de datos capturados aceptable por estación 59
Tabla 5-6: Promedio anual de contaminantes criterio 59
Tabla 5-7: Puntos de corte del ICA 60
Tabla 5-8: Valor máximo por tiempo de exposición de contaminantes criterio, 2015. 61
Tabla 5-9: ICA_p para los valores máximos de contaminante presentados en el 2015 62
Tabla 5-10: ICA_p para valores medios anuales de concentraciones horarias e ICA_g por estación 62
Tabla 5-11: ICA global promedio 2018 64
Tabla 5-12: Distribución en quintiles de la calidad del agua WQI en Bogotá. 74
Tabla 5-13: Porcentaje de área de parques por estrato 78
Tabla 5-14: Distribución en quintiles de espacio verde por habitante en Bogotá. 80
Tabla 5-15: Distribución en quintiles del número de árboles por habitante en Bogotá. 83
Tabla 5-16: Distribución en quintiles de la percepción del ruido en Bogotá. 86
Tabla 5-17: Distribución en quintiles de la percepción de olores ofensivos en Bogotá. 88
Tabla 5-18: Distribución en quintiles de la percepción de animales molestos en Bogotá. 89
Tabla 6-1: Índice de Calidad Urbana Ambiental por UPZ con agregación en quintiles 93
Tabla 6-2: Rango de los quintiles ICUA y valor promedio del quintil 95
Tabla 6-3: Desviación estándar del ICUA entre pares de localidades 99

Tabla 6-4: Rango para la semaforización de la desviación estándar entre localidades 100

Lista de graficas

Pág.

Gráfica 5-1: ICA para PM 2.5 por estación 63
Gráfica 5-2: Histograma ICA global estaciones del SVCA y Estadística descriptiva 65
Gráfica 5-3: Histograma de la transformación logarítmica ICAg 65
Gráfica 5-4: Análisis de tendencias direccionales 66
Gráfica 5-5: Semivariograma del ICA g..... 67
Gráfica 6-1: Relación lineal entre estrato e ICUA 96

Introducción

La segregación en Bogotá se expresa en múltiples formas. La distribución espacial de la población al interior del suelo urbano evidencia una concentración de los grupos con más altos ingresos en el norte de la ciudad, principalmente en las localidades de Usaquén, Chapinero y Suba. En cambio, los grupos con menos recursos se concentran en el sur de Bogotá. Con relación a lo anterior, la Secretaría Distrital de Planeación (2011) realizó un estudio donde estimaba la segregación espacial de la ciudad, a través de la aplicación de un índice de segregación residencial socioeconómica SRS. Este índice varía entre cero y uno, valores que corresponden respectivamente a una distribución exactamente igualitaria y una distribución de máxima segregación (Martori y Hoberg, 2004). Los resultados indican dos tendencias: primero una fuerte concentración de altos valores de segregación focalizada hacia el sur de la ciudad que incluye las localidades de Usme, Bosa, Ciudad Bolívar, San Cristóbal, Rafael Uribe Uribe, Tunjuelito, Kennedy, Puente Aranda y Engativá, con cifras que van desde 0,7 hasta 0,85 de SRS; y segundo, la concentración de bajos valores hacia el nororiente de la ciudad, en las localidades de Chapinero y Usaquén, con valores entre 0,1 y 0,4. (SPD, 2011). Con lo anterior se infiere que Bogotá es una ciudad espacialmente segregada.

Respecto a la dimensión ambiental, el estado de cosas es muy similar. Se encuentra que el oriente de la ciudad goza de condiciones ambientales relativamente buenas (con una vulnerabilidad ante riesgos naturales sustancialmente diferente entre los asentamientos del norte sobre los del sur) y un occidente que tiene las peores condiciones ambientales de la ciudad. Si se yuxtapone la dimensión socioeconómica sobre la ambiental, se encuentra que los grupos sociales de más altos ingresos ocupan las áreas de mayor calidad ambiental y más alta seguridad ante los riesgos naturales, lo que manifiesta un fenómeno de segregación ambiental. Este trabajo busca aportar elementos de análisis para abordar este tipo particular de segregación, esperando contribuir al debate del ordenamiento territorial urbano. Se espera lograr esto a través de la elaboración de un Sistema de Información Geográfica, cuya información permita la construcción de un índice que posibilite analizar en diferentes escalas el fenómeno de la segregación ambiental en Bogotá.

La segregación ambiental es un concepto relativamente emergente que se ha situado principalmente en el campo de la geografía y con algunas aproximaciones realizadas desde la sociología urbana y la ecología política, escuelas de las que se advierte una perspectiva epistemológica de lo ambiental como medio o dimensión apenas articulada con la vida social, de allí que sea común encontrar el uso de categorías como *segregación*

socio-ambiental, y *desigualdades socioambientales*. Al respecto, se pueden encontrar algunas investigaciones realizadas mayoritariamente para grandes ciudades en países latinoamericanos como Chile ((Fuentes, Irarrázaval, Romero, & Salgado, 2011), (Salgado, Vásquez, & Fuentes, n.d.) (Romero, 2010) (Romero, Azócar, Ordenes, Vásquez, & Toledo, 2001), (Salgado et al., n.d.), (Fuentes et al., 2011), (Romero, Salgado, & Fuentes, 2011)); Argentina ((Celemín, 2012), (Prandín), (Prieto, 2008), (Clichevsky, 2000), (Sedevich, Becerra, & Bombal, 2005)); y México (Cabrera, Guerrero, & Nava, 2008); pero también en otros continentes como es el caso de la ciudad de Madrid ((Cañada Torrecilla, Vidal Domínguez, & Moreno Jiménez, 2011), (Moreno Jiménez, 2013)). Las investigaciones en términos de la segregación ambiental son muy pocas y quizá carecen de la profundidad que exige el pensamiento complejo y holístico de lo ambiental. Para el caso de la ciudad de Bogotá, no se encuentra bibliografía directamente asociada al concepto acuñado en esta investigación o afines. Sin embargo, sí se encuentra documentado el fenómeno de la segregación socioespacial, aspecto clave para el desarrollo del presente documento.

La segregación ambiental tiene impactos negativos importantes en el medio, el nivel y las condiciones de vida de los ciudadanos. Una baja calidad ambiental urbana se asocia a una mala salud de la población, a deficiencia en espacios dispuestos para la recreación, y a la imposibilidad del disfrute del paisaje, entre otras cosas. En este orden de ideas, teorizar y cuantificar este tipo particular de segregación aporta directamente a la formulación de estrategias que puedan mejorar la calidad de vida en la ciudad.

Este trabajo busca aproximarse al análisis de la segregación ambiental urbana en Bogotá a través de tres herramientas: un acercamiento a los sucesos históricos que han dado paso al estado actual de la ciudad; la elaboración de un Sistema de Información Geográfica con variables ambientales y socioeconómicas; y la construcción de un Índice de Condiciones Urbanas Ambientales ICUA aplicado a la escala de las Unidades de Planeación Zonal UPZ. Para la elaboración del SIG y del ICUA se hace uso de 8 variables: Estratificación, Calidad del aire, Calidad de aguas superficiales, Parques y Áreas protegidas por habitante, Árboles por habitante, Percepción de olores, Percepción de ruido, y Percepción de animales molestos. Estas últimas tres variables tienen un carácter subjetivo. La información utilizada se gestionó con las instituciones de orden distrital: Secretaría Distrital de Planeación, Secretaría Distrital de Ambiente, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, Jardín Botánico, y la Encuesta Multipropósito (2017) realizada por el DANE; y se procesaron con diferentes herramientas del software ArcGis. El acercamiento a la historia ambiental de Bogotá se construye a partir de la asociación de algunos hechos históricos como causalidad de expresiones de segregación ambiental. Para el cálculo del ICUA se utilizó el escalograma de Guttman, método que permite hacer uso de múltiples variables y agruparlas en rangos de acuerdo con las intenciones del investigador. Para efectos de este trabajo, se abordaron las ocho variables ya mencionadas, no obstante, el método de agrupación de variables permite incorporar muchas más, y de esta forma consolidar un

índice más complejo. En este sentido, es preciso decir que la disposición de información determinó de forma directa el alcance y la profundidad del índice.

Una vez obtenido el ICUA por UPZ, se procede a un análisis multiescalar de la segregación ambiental, el cual se desarrolla con cuatro herramientas diferentes: la correlación de Spearman entre el estrato y el ICUA, para identificar la relación entre la calidad ambiental urbana y las condiciones socioeconómicas; el cálculo de la desviación estándar entre el ICUA promedio de las UPZ para estimar la desigualdad o heterogeneidad a escala de localidad; la aplicación del Índice de Segregación Residencial, el cual se puede interpretar, en palabras de Massey y Denton (1988) como la proporción del grupo minoritario que tendría que cambiar de residencia para una distribución igualitaria de la variable de análisis; y por último, se calcula el Índice de Gini de la segregación ambiental en el suelo urbano de Bogotá con el software Geo-Segregation Analyzer, un software libre que permite el cálculo de cuarenta índices de segregación con los datos que se desee (Apparicio, Martori, Fournier, 2013).

El problema de la segregación emerge de una interpretación de la ciudad bajo perspectivas multiescalares, siguiendo este postulado, esta investigación permite analizar la segregación al interior de las localidades y entre localidades, dado que la UPZ es la unidad espacial básica de trabajo. Lo anterior implica que las desigualdades al interior de las UPZ son homogenizadas, lo que imposibilita el análisis de segregación entre barrios. Es importante tener en cuenta esto, entendiendo que aquí se expone una radiografía general de la ciudad, pero que apenas es una aproximación al fenómeno de segregación ambiental, por lo que se precisa continuar con nuevas investigaciones con escalas de trabajo mucho más detalladas.

1. Objetivos

Objetivo General.

Analizar el fenómeno de la segregación ambiental entre diferentes unidades espaciales en el suelo urbano de Bogotá

Objetivos específicos

1. Elaborar un SIG de variables ambientales y socioeconómicas en el suelo urbano de Bogotá en distintas escalas, conforme a entidades territoriales y unidades de planeación

2. Abordar desde la historia ambiental de Bogotá el proceso de consolidación de la segregación ambiental urbana

3. Proponer y aplicar un índice de condiciones ambientales urbanas con base en la información consolidada en el SIG construido

4. Analizar a diferentes escalas en fenómeno de segregación ambiental en el suelo urbano de Bogotá

2. Aproximación conceptual a la segregación ambiental en el suelo urbano

El área de trabajo seleccionada para la aproximación al análisis de la segregación ambiental es el suelo urbano de Bogotá, establecido a nivel normativo por medio del plan de ordenamiento territorial (POT). En la ley 388 de 1997, que reglamenta los planes de ordenamiento territorial se define lo urbano, según el artículo 31, así:

> Constituyen el suelo urbano, las áreas del territorio distrital o municipal destinadas a usos urbanos por el plan de ordenamiento, que cuenten con infraestructura vial y redes primarias de energía, acueducto y alcantarillado, posibilitándose su urbanización y edificación, según sea el caso. Podrán pertenecer a esta categoría aquellas zonas con procesos de urbanización incompletos, comprendidos en áreas consolidadas con edificación, que se definan como áreas de mejoramiento integral en los planes de ordenamiento territorial.

El suelo urbano de Bogotá esta hoy definido en el Decreto 190 de 2004, ya que el decreto 364 de 2013 (modificación excepcional al POT) fue suspendido de forma provisional mediante auto 624 del consejo de estado del 27 de marzo de 2014; y el proyecto de acuerdo para la revisión general del POT del 2019 fue votado negativamente en el concejo de Bogotá, decisión que corresponde con el concepto negativo emitido por el Consejo Territorial de Planeación Distrital (CTPD) y múltiples manifestaciones sociales en contra del proyecto de POT. El debate entre las administraciones de la ciudad ha resultado en la vigencia de un POT anacrónico, sin embargo, a través de un conjunto de actos administrativos han regulado la inserción de nuevos espacios al suelo urbano de la ciudad: Decreto 510 de 2010 “Por el cual se reglamenta el procedimiento para la legalización urbanística de asentamientos humanos en Bogotá, D.C.”; Decreto 416 de 2011 “Por el cual se reglamenta el procedimiento a aplicar a los planes de regularización de desarrollos legalizados establecido en el artículo 459 del Decreto Distrital 190 de 2004”; Decreto 063 de 2015 “Por el cual se reglamenta el procedimiento de regularización de desarrollos legalizados”; Decreto 476 de 2015 “Por medio del cual se adoptan medidas para articular las acciones de prevención y control, legalización urbanística, mejoramiento integral y disposiciones relativas al procedimiento”.

No obstante, la definición que ofrece la norma está dada por asumir lo urbano únicamente a partir de dos elementos: infraestructura física, existente o potencialmente desarrollable, y por el tipo de uso del suelo, necesariamente urbano. Sin embargo, hablar de lo urbano implica tener en cuenta algunas consideraciones adicionales. Por ejemplo, Louis Wirth en 1938, plantea desde la sociología que la ciudad es el centro de iniciación y control de la vida económica, política y cultural y que el urbanismo no se puede reducir a su entidad física (la ciudad), viéndola sólo como rígidamente delimitada en el espacio por limites administrativos, puesto que más allá de estos persisten los atributos urbanos, el modo de vida urbano. Para este autor los requisitos definitorios de la ciudad son su gran tamaño, densidad y heterogeneidad social; y la influencia que esta ejerce a nivel social es lo que el autor define como lo urbano (Wirth, 1988). Desde este punto de partida incluso se ha planteado que la división tradicional entre la ciudad y el campo ha sido destruida, por ejemplo, para Ash Amin y Nigel Thrift la ciudad está en todos lados pues el mundo es una red de áreas metropolitanas conectadas, donde solo parcialmente quedan espacios por fuera, aunque siempre influidos por la urbanización de los modos de vida (Brenner, 2013).

Ese modo de vida urbano, es en términos de (Castells, 1974) “la difusión de un sistema de valores, actitudes y comportamientos que se resume bajo la denominación de cultura urbana (…) se trata de hecho del sistema cultural característico de la sociedad capitalista” (p.15). Castells, apoyado en R. Dewey, resitúa la discusión de lo urbano sacándola del terreno culturalista y ubicándola como realidad histórica en el modo de organización social ligado a la industrialización capitalista.

La formación de la ciudad y por tanto su proceso social vinculado, la urbanización, aparecen en (Harvey, 2006) como síntesis de la concentración geográfica de un producto social excedente, un plustrabajo que se manifiesta en las sociedades capitalistas como plusvalor y que es producido y concentrado bajo las condiciones del modo de producción capitalista que permiten la alienación del trabajo por medio de la coerción exterior hacia el obrero “entonces el urbanismo en las sociedades capitalistas puede ser analizado en función de la creación, la apropiación y la circulación de plusvalor” (p.242).

Sin embargo, la realidad latinoamericana, si bien no se desarrolla fuera del capitalismo, tiene particularidades en su formación social, que sin duda repercuten en características diferentes de sus ciudades respecto a las de países capitalistas centrales. La sociedad colombiana es una sociedad dependiente en el sentido que propone (Marini, 2008) y es característico de las ciudades en estas sociedades según (Castells, 1974) la aglomeración en las ciudades producto de la descomposición de la estructura productiva, (agraria y artesanal, junto con la desindustrialización temprana) a diferente situación se presenta en los países capitalistas centrales donde este proceso es más el resultado de la concentración de medios de producción y fuerza de trabajo.

A pesar de la existencia de amplias zonas urbanas desarrolladas producto de la descomposición productiva que se mencionaba anteriormente, también surgieron algunos barrios obreros producto del desarrollo de fuerzas productivas asociadas al sector

industrial, en términos de (Castells, 1974) este fenómeno se conoce como “dualismo de las estructuras urbanas latinoamericanas” (p. XVI), y se ejemplifica a finales del siglo XIX en Bogotá cuando se conforma el barrio obrero La Perseverancia directamente vinculado con las actividades fabriles de la cervecería Bavaria, allí ubicada. Así mismo, para esta época los barrios Belén, Egipto y Las Cruces se configuran en función de la concentración de las actividades productivas en la zona de Germania, Las Nieves y San Victorino. Hacia el sur, los chircales y molinos que funcionaban en la cuenca del río Fucha dan paso a la conurbación de Villa Javier. Las canteras que funcionaron en los cerros orientales durante el siglo XX también fomentaron la aparición de asentamientos urbanos en zonas de alto riesgo por todo el frente occidental de la cadena montañosa.

Esta dualidad según (Pradilla, 2014) se explica históricamente por el desarrollo desigual y combinado del capitalismo en el tiempo y el territorio, que dota de particularidades a América Latina respecto al mundo. Las ciudades de la región se desarrollaron subsumidas a la acumulación originaria del capital en el periodo colonial y posteriormente bajo un rol subordinado a los diferentes patrones de acumulación del capital (mercantilismo, intervencionismo estatal y neoliberalismo); así mismo al interior del continente se ha dado una diferenciación entre países y regiones, estas desigualdades económicas, sociales y urbanas se han acentuado en el patrón neoliberal de acumulación del capital.

Sin embargo, autores como Kalmanóvitz y Paul Singer han señalado algunas características comunes en las ciudades latinoamericanas producto de sus raíces históricas similares, como lo son: la urbanización acelerada, una industrialización tardía, acompañada por una temprana desindustrialización, desempleo estructural y alta informalidad, autoconstrucción masiva de la vivienda, adicionalmente, el funcionamiento de dos mercados de suelo urbano: el formal y el informal que juegan un papel en la definición de las rentas del suelo urbano (Pradilla, 2014).

Estas características sociales adquieren expresiones espaciales que se deben tener en cuenta al momento de analizar la segregación en el suelo urbano, se trata de analizar “las formas espaciales no como objetos inanimados dentro de los cuales se despliegan los procesos sociales, sino más bien como cosas que <contienen> procesos sociales en la misma medida en que los procesos sociales son espaciales” (Harvey, 2006, p.3). Esto nos lleva a entender la segregación como una expresión espacial de las contradicciones de la estructura social, en términos de (Lefebvre, 1971) “el paisaje cambia y no sólo a causa de la tierra o el clima, sino y sobre todo por el cambio de la estructura social (p. 44). Sin embargo, no se debe caer en concepciones esquemáticas al entender las relaciones entre lo social y lo espacial; Sabatini & Brain (2008) denominan “tesis del espejo” a las nociones que asocian el espacio urbano con un espejo que refleja las desigualdades sociales, esta noción, por ellos rechazada, indica que la relación entre lo social y lo espacial no se presenta tanto entre diferencias sociales (desigualdad) y segregación espacial, sino más entre procesos de diferenciación social y segregación residencial.

2.1 Segregación

“Al menos dos tipos de segregación han sido identificados. En términos sociológicos, segregación significa la ausencia de interacción entre grupos sociales. En un sentido geográfico, significa desigualdad en la distribución de los grupos sociales en el espacio físico” (Rodríguez Vignoli, 2001, p. 11). Para (Castells, 1974) La segregación urbana es “la tendencia a la organización del espacio en zonas de fuerte homogeneidad social interna y de fuerte disparidad social entre ellas, entendiéndose esta disparidad no sólo en términos de diferencia, sino de jerarquía” (p. 204).

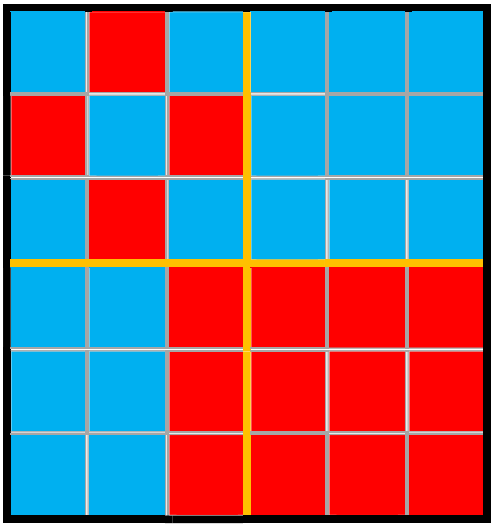
Para Edward Soja la mirada multiescalar de la ciudad y de la geografía es esencial, para comprender el ámbito de aplicación y el poder de interpretación de una perspectiva espacial crítica y de una teoría espacial de la justicia/injusticia, pues en este amplio rango de escalas, aparecen, entre otros, los problemas de segregación (Link L., 2011). Esta idea es esencial para entender la segregación, pues su análisis depende directamente de varios factores asociados a la escala. En Reardon & O’Sullivan (2004) las dimensiones de la segregación espacial son: la uniformidad y la exposición (dimensiones aespaciales relacionadas con la heterogeneidad social que se oculta según la escala de elección), el agrupamiento, la concentración y la centralización (dimensiones espaciales). Al respecto (Rodríguez Vignoli, 2001) expresa que:

> Si se adopta una óptica de conjunto, la unidad de referencia homogénea aparecerá como una zona homogénea y contrastante con las otras zonas de la ciudad (colindantes o no), por lo que puede concluirse que la población residente es segregada (o segrega) en el marco de la ciudad. En cambio, si se adopta una óptica de menor nivel de agregación y se examinan las distintas zonas por separado, la unidad homogénea no aparecerá con índices de segregación altos, pues no hay diferencias sociales que puedan ser expresadas espacialmente en la forma de segregación. (pág. 13)

En la Ilustración 2-1 se puede hacer evidente la anterior reflexión acerca de las escalas. Asumiendo el cuadrado de mayor área como una ciudad dividida por cuatro localidades de igual tamaño (separadas por un límite amarillo), cada una con nueve barrios, en esta ciudad existen dos grupos sociales fuertemente diferenciados (un grupo representado por el color rojo y el otro por el color azul). Al analizar la segregación en la escala más detallada posible (el barrio) se encontraría que esta es inexistente, pues cada barrio es totalmente homogéneo en su interior, ya que todos sus habitantes son del mismo grupo social. Al dar un salto de escala hacia un análisis por localidades encontramos tres patrones espaciales distintos: al interior de las dos localidades del costado derecho se presenta igualdad, pues son socialmente homogéneas y por lo mismo no se presenta segregación; en la localidad situada en el cuadrante superior izquierdo se presenta desigualdad, pues allí residen los dos grupos sociales, no obstante, no se presenta segregación pues existe un alto agrupamiento de los dos grupos sociales que están expuestos a la interacción mutua por su alta aglomeración (en esta escala), finalmente, en la localidad del cuadrante inferior izquierdo, hay tanto desigualdad como segregación pues los dos grupos sociales

existentes están totalmente aislados el uno del otro. Al analizar las localidades ya no internamente sino unas respecto a otras también surgen nuevas formas de segregación, por ejemplo, las localidades de la derecha que en su interior no presentan segregación ni desigualdad, al compararse entre sí nos presentan una zona totalmente desigual y segregada.

Ilustración 2-1: Escalas en el análisis de la segregación espacial

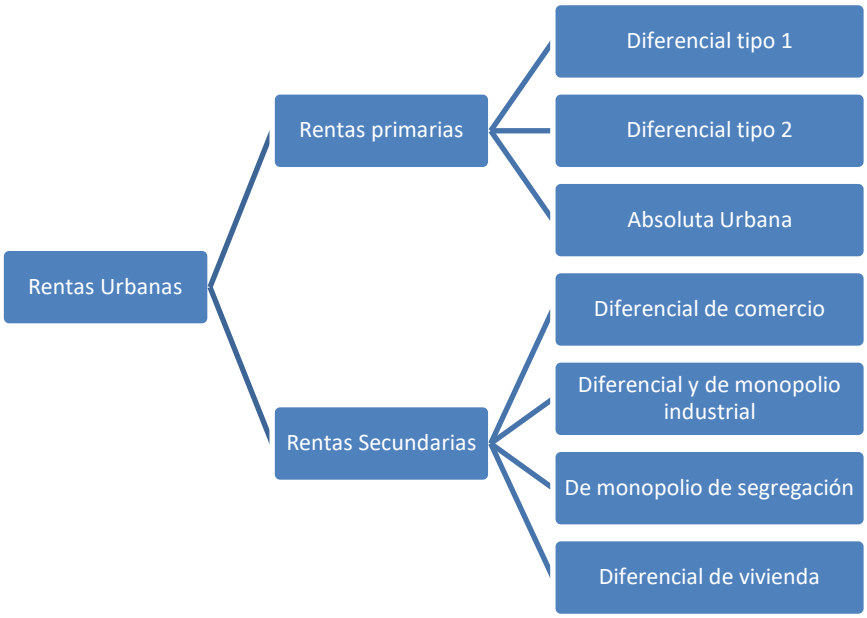


Fuente: Elaboración propia.

La segregación entendida como patrón de ocupación del espacio de forma diferenciada por grupos no homogéneos se explica a partir de diferentes perspectivas, para (Wirth, 1988) depende del mayor número de individuos, pues esta genera potencialmente una mayor diferenciación social entre ellos, y de la densidad, pues según él, cuándo diversos elementos de la población habitan un espacio compacto hay una mayor tendencia a segregarse unos de otros en la medida que sus requerimientos y modos de vida son incompatibles e incluso antagónicos entre sí. Desde la visión económica neoclásica, sintetizada por Abramo (2009) se expone que el mercado de la localización residencial funciona bajo una coordinación walrasiana que permite que el acceso a determinado suelo urbano opere bajo el criterio de “óptimo de Pareto”, donde el orden espacial se dispone en círculos concéntricos asignados a los individuos que de forma libre y totalmente racional elijen eficientemente su localización. Ante esta última perspectiva que Jaramillo (2008) denomina como interpretaciones naturalistas de los fenómenos de segregación él antepone la teoría de la renta urbana.

La renta del suelo urbano se estructura a partir de la imbricación de diferentes rentas, para (Jaramillo, 2008) se pueden diferenciar dos grandes grupos de rentas, las vinculadas con el proceso de producción del espacio urbano (rentas primarias) y las rentas que emergen de las condiciones del consumo del espacio urbano construido (rentas secundarias).

Ilustración 2-2: Resumen de las rentas urbanas



Fuente: (Jaramillo, 2008)

Las rentas diferenciales tipo 1 surgen de las diferencias de constructibilidad, por ejemplo, una mayor capacidad portante puede implicar una menor inversión para la cimentación, tal diferencia constituye una renta. Las llamadas diferenciales tipo 2 están asociadas a la mayor intensidad de capital aplicado, situación evidente en la construcción en altura, esta se explica por el intento de maximizar el uso del espacio en el suelo urbano construido con determinado precio según su localización en la ciudad. Las rentas absolutas urbanas son las que expresan el costo de oportunidad de la actividad rural productiva frente al cambio de uso del suelo hacia uno de carácter urbano, esta renta explica el hecho de que aquellas localizaciones sin ninguna ventaja diferencial tengan, de todos modos, una renta sobre sí.

Las rentas secundarias permiten dar una explicación al fenómeno de la segregación asociada a las condiciones del entorno de la vivienda, siendo fundamentales la de monopolio de segregación y la renta diferencial de vivienda, por lo cual en este texto solo se abordarán estas dos.

La renta de monopolio de segregación está directamente vinculada con la segregación socio espacial, Jaramillo (2008) explica este fenómeno a partir de una diferencia del actual modo de producción capitalista respecto a los anteriores modos de producción, se trata de la ausencia de un dispositivo jurídico-político que haga explicita la posición de los individuos en la estructura social, esto conlleva a que la jerarquía social se exprese de otras formas, en este caso, a través de un gasto conspicuo, gasto en el que se incurre para demostrar que se dispone de un cierto nivel de acumulación o ingreso y, por lo tanto, que ese individuo pertenece a cierta capa social. Este gasto no se limita a la vivienda en sí misma, “sino a la localización de esta en el espacio urbano: los grupos de mayores ingresos

se reservan para su implantación habitacional ciertos sectores precisos de la ciudad, con exclusión de las otras categorías sociales" (p. 164).

Para Jaramillo (2008), la vivienda esta entrelazada a otros valores de uso complementarios principalmente lugares de empleo y medios de consumo colectivo (entendidos desde la teoría de las condiciones y servicios generales de producción de (Garza, 2013) como: agua; electricidad; transporte; equipamiento de salud, educación, cultural y esparcimiento), pero como el espacio urbano es tan heterogéneo la facilidad de acceso a los lugares destinados para estos valores de uso complementario no son iguales desde cualquier vivienda, de allí que algunos deban incurrir en mayores gastos para acceder a los mismos, quienes por su localización privilegiada no asumen este gasto, por ejemplo, en forma de transporte, deben hacerlo en forma de renta diferencial de vivienda. Este tipo de renta no se limita al factor costo de transporte, también incluye circunstancias positivas para la actividad habitacional como la presencia de parques, cuerpos de agua, determinados paisajes, etc. Este planteamiento también fue esbozado por Harvey (2006) para quien "existe una conexión entre el valor del suelo y la vivienda y el precio de los recursos, dado que las modificaciones en el último se supone que quedarán capitalizadas por los cambios en el primero" (p. 66) entiéndase por recursos desde el aire puro, la tranquilidad, los servicios sociales, el espacio público, etc.

Con esto la teoría de la renta explica la relación entre los procesos de segregación socioespacial y las diferentes condiciones ambientales a las que acceden los grupos sociales, esta relación es lo que se puede entender como segregación ambiental.

Para Romero, Salgado, & Fuentes (2011) la segregación ambiental se expresa en dos sentidos, primero cuando los "grupos sociales de más altos ingresos ocupan las áreas de mayor calidad ambiental y seguridad ante los riesgos naturales, generándose un proceso de injusticia ambiental pues los grupos sociales más vulnerables reciben los efectos adversos de las amenazas naturales, contaminación y deposición de residuos" (p. 7) y por otro lado, se expresa también subjetivamente en la forma que los habitantes de un determinado sector aprecian y evalúan sus propios niveles de calidad ambiental y él de quiénes habitan otras áreas vecinas.

Las subjetividades e identidades de los grupos sociales frente a sus aspiraciones de condiciones de habitabilidad varían territorialmente y pueden influir en el aumento de la segregación ambiental, al respecto Sabatini & Brain (2008) plantean:

> Los grupos que tienen posibilidad de elegir su localización en la ciudad buscan el acceso a bienes públicos o colectivos (bienes a los que difícilmente se accede en forma individual) agrupándose en el espacio. La segregación permite, así, mejorar las posibilidades de las familias de acceder al paisaje, la naturaleza, el medio ambiente y la seguridad ciudadana. En medida importante, la conformación de una suerte de cono geográfico de concentración de los grupos altos y medios en la ciudad latinoamericana del siglo XX se puede explicar por estas externalidades de vecindad. A su vez, la consolidación de un área con tales ventajas refuerza el mecanismo de segregación

> que está anclado en el funcionamiento de los mercados de suelo. La formación de precios "de expectativa", que son especialmente altos en esas zonas favorecidas, contribuye a revertir la relación causal entre usos y precios del suelo, consolidando un mecanismo automático de exclusión de quienes no pueden pagar tanto por el suelo. (p.20)

La segregación ambiental, definida por los autores, es la tendencia a que grupos socialmente desiguales y espacialmente segregados habiten territorios con condiciones ambientales relativas a sus jerarquías constitutivas. Este fenómeno se estructura a partir de la imbricación de rentas secundarias (monopolio de segregación y diferencial de vivienda) y la apropiación simbólica de los grupos sociales con su entorno.

Para Bourdieu (1999) el espacio social es la materialización de relaciones de poder donde los grupos sociales despliegan sus capitales para generar mecanismos de posesión y posición sobre y en el espacio, de modo que, a través del capital económico se determinan las condiciones materiales de la segregación a través de las rentas. Estos mismos grupos cuentan a su vez con un capital social y cultural diferente, lo que implica modos disímiles de apropiar simbólicamente la naturaleza, al respecto, Maya (2013) plantea que la relación con la naturaleza está mediada por la relación entre los hombres. Involucra también la red simbólica con la que se teje y se transmite la cultura. De este modo, la apropiación simbólica sumada a la fluctuación de las rentas secundarias determinan la tendencia de los fenómenos de segregación y desigualdad ambiental, que se hacen visibles según la escala a la que se analicen.

2.2 ¿Cómo se mide la segregación?

Esbozados algunos elementos que permiten entender la segregación en el suelo urbano y en particular la segregación que aquí se ha denominado ambiental, queda pendiente identificar métodos que permitan pasar de escenas descriptivas inconmensurables a valoraciones cuantitativas para comprender las magnitudes del fenómeno. Al respecto múltiples autores han propuesto formulaciones que obedecen a esta necesidad. Sin embargo, la selección entre el grupo de funciones que se presentan por estos autores pasa por considerar las variables que guían el desarrollo teórico buscado por el investigador, lo cual requiere de la selección de las variables apropiadas (Grannis, 2002). A continuación, se presenta una recopilación de formulaciones elaboradas para medir diferentes formas de segregación.

Tabla 2-1: Índices de segregación y formulas

Variables	Índice de Segregación	Formula	Cita
Población de individuos	Atkinson	$1-[\mathrm{P}/(1-\mathrm{P})]\left\lvert\sum[(1-\mathrm{p_i})^{(1-\mathrm{k})}\,\mathrm{p_i^k t_i}/\mathrm{PT}]\right\rvert^{1/(1-\mathrm{k})}$	Atkinson (1970)
	Correlation Ratio	$({}_{\mathrm{x}}\mathrm{P}_{\mathrm{x}}^{*}-\mathrm{P})/(1-\mathrm{P})$, Donde	Bell (1954); White (1986)

en grupos de minorías y mayorías en los barrios (x, y)		$_{x}P_{x}^{*} = \sum (x_i/X)(x_i/t_i)$	
	Dissimilarity	$\sum [t_i \lvert p_i - P \rvert / 2TP(1-P)]$	Duncan and Duncan (1955)
	Entropy	$\sum [t_i(E - E_i)/ET]$, Donde $E = (P)\log[1/P] + (1-P)\log[1/(1-P)]$ $E_i = (p_i)\log[1/p_i] + (1-p_i)\log[1/(1-p_i)]$	Theil and Finizza (1971); Theil (1972)
	Gini	$\sum\sum [t_i t_j \lvert p_i - p_j \rvert / 2T^2P(1-P)]$	Duncan and Duncan (1955)
	Isolation	$\sum [x_i/X][x_i/t_i]$	Bell (1954); Lieberson (1981)
Poblaciones de grupos característicos de barrios individuales (t1, t2, …)	Multi-group Dissimilarity	$(1/2TI)\sum\sum t_j \lvert \pi_{jm} - \pi_m \rvert$	Morgan (1975); Sakoda (1981)
	Multi-group Gini	$(1/2T^2I)\sum\sum\sum t_i t_j \lvert \pi_{im} - \pi_{jm} \rvert$	Reardon and Firebaugh (2002)
	Multi-group Information	$(1/TE)\sum\sum t_j \pi_{jm} \ln[\pi_{jm}/\pi_m]$	Theil and Finezza (1971); Theil (1972)
	Multi-group Normalized Exposure	$(1/T)\sum\sum t_j(\pi_{jm} - \pi_m)^2/(1-\pi_m)$	James (1986)
	Multi-group Relative Diversity	$(1/TI)\sum\sum t_j(\pi_{jm} - \pi_m)^2$	Goodman and Kruskal (1954); Carlson (1992)
	Multi-group Squared Coefficient of Variation	$(1/T(M-1))\sum\sum t_j(\pi_{jm} - \pi_m)^2/\pi_m$	Reardon and Firebaugh (2002)
Población de individuos de grupos en minorías y mayorías en barrios individuales y contigüidad de vecindad (C, x, y)	Absolute Clustering	$\dfrac{[\sum(x_i/X)\sum(c_{ij}x_j)] - [X/n^2\sum\sum c_{ij}]}{[\sum(x_i/X)\sum c_{ij}t_j] - [X/n^2\sum\sum c_{ij}]}$	Massey and Denton (1988) adapted from Geray (1954) and Dacey (1968)
	Distance-decay Isolation	$\sum x_i/X \quad \sum K_{ij}y_j/t_j$, Donde $K_{ij} = c_{ij}t_j/\sum c_{ij}t_j$	Morgan (1983)
	Relative Clustering	$P_{xx}/P_{yy} - 1$, Donde $P_{xx} = \sum\sum x_i x_j c_{ij}/X^2$ $P_{yy} = \sum\sum y_i y_j c_{ij}/Y^2$	Massey and Denton (1988)
	Spatial Proximity	$(XP_{xx}/YP_{yy})/TP_{tt}$, Donde	White (1986)

		$P_{tt} = \sum\sum t_i t_j c_{ij}/T^2$ $P_{xx} = \sum\sum x_i x_j c_{ij}/X^2$ $P_{yy} = \sum\sum y_i y_j c_{ij}/Y^2$	
Población minoritaria y mayoritaria y área de barrios individuales (a, x, y)	Absolute Concentration	$1 - \frac{\sum(x_i a_i/X) - \sum_{i=1}^{n1}(t_i a_i/T_1)}{\sum_{i=n2}^{n1}(t_i a_i/T_2) - \sum_{i=1}^{n1}(t_i a_i/T_1)}$	Massey and Denton (1988)
	Relative Concentration	$\frac{\frac{\sum(x_i a_i/X)}{\sum(y_i a_i/Y)} - 1}{\frac{\sum_{i=1}^{n1}(t_i a_i/T_1)}{\sum_{i=n2}^{n}(t_i a_i/T_2)} - 1}$	Massey and Denton (1988)
Población minoritaria y área de barrios individuales (a, x)	Delta	$1/2 \sum \lvert[x_i/X - a_i/A]\rvert$	Duncan, Cuzzort, and Duncan (1961) adapted from Hoover (1941)
Población minoritaria y área de barrios individuales y distancia ordinaria desde el distrito de negocios central (a, O_2, x)	Absolute Centralization	$\left(\sum X_{i-1} A_i\right) - \left(\sum X_i A_{i-1}\right)$	Massey and Denton (1988)
Población minoritaria y mayoritaria y distancia ordinaria desde el distrito de negocios	Relative Centralization	$\left(\sum X_{i-1} Y_I\right) - \left(\sum X_i Y_{i-1}\right)$	Duncan and Duncan (1955)

central (a, O_2, y)			
Población minoritaria en el barrio y si se ubica en el centro de la ciudad (cc, x)	Proportion in Central City	X_{cc}/X	Massey and Denton (1988)
Varianza de variables en grupos poblacionales	Índice Multivariado	$IM_j = \frac{\sum_{i=i}^{P} S_{ij}^2}{\sum_{i=i}^{P} S_i^2}$ S^2_{ij}=varianza de cada variable o característica involucrada en el análisis por cada unidad territorial S^2_i= varianza de cada variable o característica involucrada	Universidad Nacional (2007)
	Coeficiente de correlación intraclase	$\rho = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_T^2} - \frac{1}{\bar{N}-1} \times \frac{\sigma_i^2}{\sigma_T^2}$	Leslie Kish (1961)
	Neighborhood Sorting Index	$NSI = \frac{\sigma_N}{\sigma_H} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{N} h_n(\bar{y}_n - \bar{y})^2}{H}}}{\sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{N}(y_i - \bar{y})^2}{H}}}$	Jargowsky (1996)
	Índice de segregación Residencial (Interpretable como Jakubs (1981), Massey y Denton (1988))	$ISR = \frac{\sigma_E^2}{\sigma_T^2} \times 100 = \frac{\frac{\sum_{i=1}^{1} h_i(\bar{x}_i - \bar{x}_T)^2}{N}}{\frac{\sum_{j=1}^{1} h_j(\bar{x}_j - \bar{x}_T)^2}{N}} \times 100$	SDP (2007)

Elaboración propia. Fuentes: (Secretaria Distrital de Planeación, Alcaldia Mayor de Bogotá D.C., 2007, págs. 14-15), (Segregación socio espacial en Bogotá indicadores y medición 2011 boletín No. 39), (Rodríguez Vignoli, 2001), (Grannis, 2002)

Notaciones índices de segregación

Notación	
a_i	Superficie de cada barrio i

A	Superficie de la región urbana
c_{ij}	Es una variable dicotómica que es igual a uno cuando los vecindarios "i" y "j" son contiguas y cero en caso contrario
E	$= \sum_{m=1^M} \pi_m(1-\pi_m)$
I	$= \sum_{m=1^M} \pi_m \ln(1/\pi_m)$
M	Número de grupos a ser considerados
N	Número de barrios "i" en el área urbana
H	Número de Hogares "i" en (NSI)
h_n	Número de hogares en el barrio
$\bar{y}$	Ingreso promedio de los hogares
p_i	proporción minoritaria de la vecindad "i"
P	Proporción minoritaria de la región urbana
t_i	Población total del barrio "i"
T	Población total de la región urbana
x_i	Población minoritaria en cada barrio "i"
X	Población minoritaria de la región urbana
X_{cc}	Numero de minorías viviendo dentro de la zona central de la ciudad
y_i	Población del grupo mayoritario en cada barrio "i"
Y	Población del grupo mayoritario en la región urbana
π_{jm}	Proporción en el grupo m, de la unidad j
π_m	Proporción en el grupo m
σ_e^2	Varianza entre las medias de los distintos grupos
σ_i^2	Varianza entre los individuos del grupo
σ_T^2	Varianza Total

Cuando los barrios se ordenan por el área de la tierra, del más pequeño al más grande	
n_1	Rango del barrio donde la población acumulada de vecinos equivale a X, la población minoritaria del área de estudio, sumando desde el barrio más pequeño hacia el más grande
n_2	Rango del barrio donde la población acumulada de vecinos equivale a Y, la población mayoritaria del área de estudio, sumando desde el barrio más grande hacia el más pequeño
T_1	Población acumulada de los barrios uno a n_1
T_2	Población acumulada de los barrios n_2 a n
Cuando los barrios se ordenan de acuerdo con el aumento en la distancia respecto al Distrito de negocios central	
A_i	Proporción acumulada del área en el barrio "i"
X_i	Proporción acumulada de minorías en el barrio "i"
Y_i	Proporción acumulada de miembros del grupo mayoritario en el barrio "i"

Ya que las variables que usualmente se han empleado en los índices de segregación tienen que ver con elementos raciales y socioeconómicos, se requiere realizar un ajuste de los mismos para que sean útiles al presente trabajo, sin embargo, emana una dificultad, pues al hablar de condiciones ambientales se requiere incorporar al análisis múltiples variables, lo cual complejiza el uso de los índices antes compilados, de modo que intentar agrupar estas variables puede ser funcional para una aproximación al análisis de la segregación ambiental.

2.2.1 Índices e indicadores

No existe una definición estandarizada de qué es un *indicador*. Este concepto puede variar de acuerdo con el campo de conocimiento y los intereses del investigador. Para efectos prácticos, en este acápite se abordan algunas definiciones del concepto asociadas al objeto de estudio de la investigación y se retoman algunos antecedes de Índices de Calidad Ambiental para adoptar una definición ajustada a la metodología propuesta en este documento. El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2010) en su publicación *Estrategia para el Fortalecimiento Estadístico Territorial* define los indicadores como una expresión cualitativa o cuantitativa observable, que permite describir características, comportamientos o fenómenos de la realidad a través de la evolución de una variable o el establecimiento de una relación entre variables, la que comparada con

períodos anteriores, productos similares o una meta o compromiso, permite evaluar el desempeño y su evolución en el tiempo. Mondragón (2002) propone un conjunto de características que debe tener todo indicador: Debe estar inscrito en un marco teórico conceptual; su naturaleza debe ser específica (es decir, define si su carácter es económico, cultural, social, ambiental, etc.); debe ser explicito; deben estar disponibles para varios años; deben ser relevantes; no son exclusivos de una aplicación específica; deben ser de fácil comprensión, debe ser comparable en el tiempo; son sensibles al cambio de fenómenos. En palabras más simples, y de acuerdo con el documento anteriormente citado del DANE, un indicador simplifica, mide y comunica.

Es común encontrar una clasificación de indicadores con cuatro tipos: de Medición, de Nivel de Intervención, de Jerarquía y de Calidad. Ahora bien, la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) define el concepto de *índice* como un conjunto agregado o ponderado de parámetros o indicadores, es decir, un sistema de indicadores. “El sistema de indicadores responde a un interés genérico y de totalidad. Es decir, el sistema tiene por objeto proveer de una información que es mayor y distinta de la que ofrece cada una de sus partes” (Castro, 2002 p.201). Además, debe satisfacer una serie de supuestos que validen la construcción del índice, para abordar la realidad de la calidad ambiental, al respecto Ebert et al (2004), Segnestam (2002a, 2002b), MMA (1996, 2000), tomado de (Escobar Jaramillo, 2008) plantean lo siguiente:

- Completitud: Los indicadores seleccionados para construir el índice de calidad ambiental son todos los que explican el objetivo a medir.
- Bondad de los indicadores que determinan el índice: Los indicadores seleccionados deben medir adecuadamente los atributos que se describan en relación con el índice a estimar, tanto en el espacio como en el tiempo.
- Objetividad en la valoración de los indicadores: los datos que se utilicen deben ser una representación objetiva de la valoración de su estado. Es decir, están ausentes de sus propiedades intrínsecas, los juicios de valor con respecto a su magnitud en el espacio y el tiempo.

2.2.2 Índices de calidad ambiental

Existen varios antecedentes de trabajos en la academia y en las instituciones públicas que miden a través de índices, y con diversas metodologías, fenómenos ambientales que se pueden asociar directa o indirectamente al fenómeno de segregación ambiental en las ciudades.

A continuación, se citan las definiciones y metodologías de algunos índices asociados a la dimensión ambiental en Colombia.

Subíndice del Estado Ambiental – SEAm

Mide la condición y las características de los componentes básicos del ambiente y del ambiente construido. Se compone de 5 variables: Árboles por Habitante – APH; Subíndice

Estado del Agua – SEA; Zonas Verdes Por Habitante – ZVPH; Subíndice del Estado del Aire – SEAIR; Número de Vehículos Particulares – NVP. Su construcción está a cargo de la Secretaría Distrital de Ambiente. (Observatorio Ambiental de Bogotá, 2019).

Índice de Calidad Ambiental de Bogotá – ICAB

Este índice define la Calidad Ambiental como el grado en que el estado actual o previsible de los componentes básicos del ambiente, permiten que éste desempeñe adecuadamente sus funciones de sistema que rige y condiciona las posibilidades de vida en la tierra. Este Índice de Calidad Ambiental mide el estado de los componentes básicos del ambiente y sus características y modificaciones, ocurridas debido a procesos sociales y económicos subyacentes. El índice toma valores entre 0 y 100, siendo 0 el peor desempeño del índice y 100 el mejor desempeño de este. Se podrá usar en la toma de decisión como señal sobre el estado y la presión del ambiente en Bogotá. Su procedimiento de cálculo: Cada variable que compone el indicador se estandariza utilizando una transformación, posteriormente los valores estandarizados son agregados utilizando como ponderadores los pesos construidos a partir de criterios establecidos: juicio de expertos, sostenibilidad de los datos, calidad de los datos subyacentes, importancia social e información útil que brinda cada indicador. (Información detallada del indicador (Observatorio ambiental Bogotá, 2019).

Índice Calidad Ambiental Urbana – ICAU

Este índice está a cargo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Esta institución define la Calidad Ambiental Urbana como el resultado de la interacción del conjunto de factores humanos y ambientales que inciden favorable o desfavorablemente en los habitantes de una ciudad. El índice se compone de dos tipos de indicador: directos en indirectos. Se calcula a través de la suma de la sumatoria de cada tipo de indicador. De acuerdo con la sumatoria categoriza el ICAU en 5 rangos: Muy baja calidad ambiental (<20), Baja calidad ambiental (20.1 – 40), Media calidad ambiental (40.1 – 60), alta calidad ambiental (60.1 – 80), y Muy alta calidad ambiental (80.1 – 100).

Indicadores directos: Porcentaje de áreas protegidas urbanas incluidas en el POT con PMA en ejecución; Superficie verde urbana por habitante; Población urbana localizada en zonas de amenaza alta; Calidad del agua; Calidad del aire; Porcentaje de población urbana afectada por ruido; Porcentaje de residuos sólidos aprovechados; Población urbana que participa en mecanismos de gestión ambiental; Población vinculada a procesos de formación ambiental a través de la autoridad ambiental; Porcentaje de edificaciones construidas con criterios de sostenibilidad.

Indicadores Indirectos: Consumo Residencial de agua; Producción de residuos sólidos por habitante; Longitud de sistemas alternativos y masivos de transporte; Conflictos de uso del suelo en suelo de protección incluido en el POT; Espacio público efectivo por habitante.

2.3 Aspectos Normativos

2.3.1 Unidades de Planeación Zonal ¿Cómo se definen?

Las UPZ son un instrumento de planeación que tiene como propósito definir y precisar el planeamiento del suelo urbano, respondiendo a la dinámica productiva de la ciudad y a su inserción en el contexto regional, involucrando a los actores sociales en la definición de aspectos de ordenamiento y control normativo a escala zonal. Sus definiciones, funciones y alcances son criterios que define el plan de ordenamiento territorial.

Tabla 2-2: Marco normativo de las Unidades de planeación Zonal

Unidades de Planeamiento Zonal - UPZ (artículo 49 del Decreto 469 de 2003).	**Proposito:** definir y precisar el planeamiento del suelo urbano, respondiendo a la dinámica productiva de la ciudad y a su inserción en el contexto regional, involucrando a los actores sociales en la definición de aspectos de ordenamiento y control normativo a escala zonal.
	Se entienden como: unidades de análisis, planeamiento y gestión para comprender el tejido social y urbano, con el propósito de plantear su estructura.
	Debe definir: estructura urbanaintensidad y mezcla de usos, condiciones de edificabilidad, manejo del ruido.
Articulo 50 del Decreto 469 de 2003	**Variables:** Crecimiento poblacional; estratificación; tendencias del mercado; requerimientos de infraestructura vial, de servicios públicos, espacio público y equipamientos colectivos; distribución de cargas y beneficios.
Artículo 222 del Decreto 469 de 2003 (que modifica el Articulo 334. numeral 5 del artículo 324 del Decreto 619 de 2000)	**Lineamientos:** 1) Suelo de Protección. 2) Sistema de movilidad. 3) Sistema de espacio público. 4) Sistema de organización funcional. 5) Proyectos de infraestructura de la ciudad que inciden en el ámbito de la UPZ.
	El **contenido normativo y el planteamiento** contemplará: 1) Proyecciones de población. 2) Estratificación. 3) Tendencias del mercado. 4) Indicadores de los sistemas de espacio público zonal. 5) Condiciones de la malla vial y otros sistemas.
	Definición de políticas y estrategias, contenido normativo e instrumentos de gestión.

Elaboración: Propia.

Con base en los procedimientos descritos en el presente artículo, los decretos que adopten las fichas reglamentarias podrán precisar y ajustar, en el marco de cada UPZ, las condiciones específicas de aplicación y cobertura del régimen de usos y tratamientos previstos a nivel general en el POT.
Parágrafo: Cuando a un uso se le señale la obligación de acogerse a planes de implantación, planes de regularización y manejo, planes directores para parques, planes de reordenamiento y planes de recuperación geomorfológica, y estos se localicen en zonas en las que se exija plan parcial, prevalece el Plan Parcial.

Finalmente, en el Decreto Ley 1421 DE 1993 “Por el cual se dicta el régimen especial para el Distrito Capital de Santa Fe de Bogotá”, en su **Artículo 38** Atribuciones, en el numeral 4, dice que Son atribuciones del Alcalde Mayor: Ejercer la potestad reglamentaria, expidiendo los Decretos, órdenes y resoluciones necesarios para asegurar la debida ejecución de los acuerdos.

2.3.2 Estratificación

La estratificación socioeconómica en el contexto administrativo se define como una clasificación ordenada y consecutiva de los bienes inmuebles residenciales y no residenciales; con el objetivo de establecer un valor diferenciado tarifario que permite asignar subsidios y generar cobro por contribuciones en la facturación del pago por el abastecimiento de servicios públicos domiciliarios (DANE, 2013); argumentado ello en que Colombia es un Estado Social de Derecho basado entre otros principios constitucionales, en la solidaridad y redistribución de ingresos de las personas que lo integran (DANE, 2013).

La metodología urbana que se aplica en Bogotá desde 1996, es única en razón a sus grandes conglomerados de viviendas homogéneas, de su gran y compleja diversidad de actividades económicas, de sus características poblacionales y de sus bajos indicadores en necesidades básicas insatisfechas comparados a nivel nacional. La unidad de estratificación es la vivienda, la unidad de observación es el lado de la manzana y la unidad de análisis es la manzana (Secretaría Distrital de Planeación (http://www.sdp.gov.co/gestion-estudios-estrategicos/estratificacion/metodologias) consultado en febrero de 2019).

Esta metodología no fue diseñada para captar las condiciones socioeconómicas individuales de las manzanas ni de los hogares; se centra en calificar las características físicas exteriores de las viviendas y el nivel de desarrollo de su entorno. El instrumento de estratificación está conformado por el indicador de estrato, el formulario de captura de las características de las viviendas y su entorno, el modelo estadístico de clasificación y el software con el cual se estiman los puntajes para establecer el estrato con base en un modelo estadístico (Secretaría Distrital de Planeación (http://www.sdp.gov.co/gestion-estudios-estrategicos/estratificacion/metodologias) consultado en febrero de 2019).

Respecto a los aspectos normativos que ordenan la estratificación tenemos:

- Ley 142 del 11 de julio de 1994: se relaciona directamente en dos sentidos con la estratificación, siendo: el acceso a los servicios públicos como uno de los criterios que se usa para determinar las unidades espaciales de estratificación; y, la asignación se subsidios y contribuciones de acuerdo con el principio de solidaridad y redistribución de ingresos una vez aplicada la metodología (Cruz y Diaz, 2018).
- Ley 505 del 25 de junio de 1999: Por medio de la cual se fijan términos y competencias para la realización, adopción y aplicación de la estratificación a la que se refiere las Leyes 142 y 177 de 1994, 188 de 1995 y 383 de 1997 y los Decretos Presidenciales 1538 y 2034 de 1996
- Ley 732 del 25 de enero de 2002: Por la cual se establecen nuevos plazos para realizar, adoptar y aplicar las estratificaciones socioeconómicas urbanas y rurales en el territorio nacional y se precisan los mecanismos de ejecución, control y atención de reclamos por el estrato asignado.
- Decreto 304 del 16 de septiembre de 2008: Por medio del cual se adopta la estratificación socioeconómica de las fincas y viviendas dispersas rurales localizadas en la Zona Norte, en la Cuenca del Río Tunjuelo y en la Zona de Sumapaz, del Distrito Capital.
- Decreto 336 del 4 de agosto de 2009: Por el cual se modifica la conformación del Comité Permanente de Estratificación Socioeconómica del Distrito Capital.
- Decreto 396 del 2 de agosto de 2017: Por medio del cual se adopta la actualización de la estratificación de Centros Poblados en Bogotá D.C.
- Decreto 394 del 28 de julio de 2017: Por medio del cual se adopta la actualización de la estratificación urbana de Bogotá D.C. para los inmuebles residenciales de la ciudad.

3. Historia de la segregación ambiental en Bogotá

Los flujos migratorios originados por los diferentes conflictos armados que ha tenido el país desde el siglo XIX han producido un crecimiento urbano acelerado, que, acompañado de la ineficiente gestión pública que ha caracterizado al gobierno distrital (exceptuando algunas administraciones como las de Jorge Eliecer Gaitán o Virgilio Barco, por nombrar algunos) han configurado una ciudad en la cual los grupos sociales tienen acceso diferencial a los ambientes urbanos según su nivel socioeconómico. La superposición de los intereses de una capa social con poder político y económico sobre las necesidades de una ciudad en constante crecimiento ha producido que las contradicciones sociales en el espacio urbano se agudicen, materializándose esto en un mercado de tierras que soporta el interminable problema de vivienda, y en sistemas siempre insuficientes de saneamiento, transporte y de gestión de residuos sólidos.

Donald Worster afirma que la historia ambiental tiene como objeto analizar, desde una perspectiva histórica, las interacciones entre los seres humanos y el ambiente. También advierte el carácter subjetivo de la historia ambiental, pues la historia como ciencia no es más que una interpretación que responde a la visión de su realizador y su época. Así, la historia ambiental no es neutral, está atravesada por el posicionamiento de los investigadores y la cultura imperante (Florez, 2000). De acuerdo con este mismo autor, la historia ambiental puede desarrollarse con diferentes perspectivas:

- Como historia social, en el cual los estudios indican la experiencia y las percepciones que la gente común ha tenido de su ambiente.
- Como historia de las ideas, donde se profundiza en las visiones de mundo y las representaciones dirigen las acciones sobre el ambiente.
- Como historia política y de las instituciones, que centra su mirada en los actores de la historia ambiental y sus opciones políticas.
- Como historia de género, que enfoca la construcción del ambiente según el género y su historicidad.
- Como historia cultural, que desarrolla lo simbólico expresivo, la construcción social de la noción de ambiente o la manera en que los discursos crean percepciones u opiniones acerca del medio ambiente.
- Como historia económica, que asume el tema de los recursos ambientales como recursos económicos.

Así entonces, el aporte de este capítulo se centra en recrear, a través de revisión bibliográfica, la configuración histórica urbana de Bogotá desde los enfoques de historia política y de historia económica, procurando hacer énfasis en los objetos de estudios de la investigación y de esta manera aportar elementos para un análisis interdisciplinar de la segregación ambiental en la ciudad. A manera de síntesis metodológica, a continuación se enuncian algunos de los principales hitos en materia ambiental ocurridos en Bogotá, ordenados cronológicamente, para introducir al lector en una escala temporal del desarrollo urbano de la ciudad.

Tabla 3-1: Hitos en la historia ambiental de Bogotá.

Periodo	Hito histórico-ambiental
Inicios de la colonia - mediados siglo XIX	Decrecimiento de la población indígena
	25000 habitantes y 20 pilas de agua públicas. No acueducto.
	Aumento de la población mestiza
	Apropiación por desposesión de cultivos por parte de la corona española
	Epidemias producto de vectores llegados desde Europa afectando población local
	Transporte a través de tranvía de tracción animal
	Consolidación de la gran hacienda como forma principal de producción
	Inserción de población indígena a la cadena de producción de la corona española como peones
	Propiedad de la tierra a través de tres mecanismos: Gran hacienda, resguardos indígenas, y Ejidos
Finales del siglo XIX - Década de 1930	Disolución de ejidos y resguardos indígenas
	Electrificación del tranvía
	Casco urbano con 117.000 habitantes
	Segregación socioespacial nodo norte (sector Porciúncula) vs nodo sur (Barrios Egipto - Las Cruces)
	Surge sector Teusaquillo como primer complejo urbano de élite
	El costo del arrendamiento de vivienda en Bogotá sube en un 350%
	Desarrollo de los primeros barrios obreros: Unión obrera, Bavaria, Antonio Ricaurte, Uribe, San Facón, y el tradicional Paseo Bolívar
	Solo 3% de la población (ubicada en Chapinero) tiene acueducto
	una epidemia de gripe que cobró la vida de cientos de bogotanos
	Fue el periodo más crítico en cuanto hacinamiento. Apenas se tenían 4,1 viviendas por cada 100 habitantes
Década 1940	Población: 378.000
	Reubicación sector Paseo Bolívar
	Urbanización de sectores: Suba, Rafael Uribe y San Cristóbal
	Creación del Instituto de Crédito Territorial
	El método de autoconstrucción de vivienda representa más de la mitad de la producción del espacio urbano

Década 1950	Urbanización acelerada de los cerros orientales por parte de grupos de élite y populares Construcción de Chircales en San Cristóbal Primera oleada de migración interna campo-ciudad Cierre de operación del tranvía Población: 750.000 habitantes Primer antecedente asociado a un plan de ordenamiento territorial formulado por Le Corbusier Urbanización de sectores: Engativá, Puente Aranda, Kennedy
Década 1960	Desarrollo de barrios: Centenario, Veraguas, Modelo, Las Colinas, La María y Santa Bárbara Masificación sistema de transporte a base de combustión diésel Colombia ocupaba el segundo lugar en Latinoamérica (después de Perú) en materia de fiebre tifoidea con 100 casos por cada 100.000 habitantes Creación de la Empresa Distrital de Servicios Públicos EDIS Población: 1.7000.000 habitantes Primer desvío del río Tunjuelito para actividades mineras Urbanización sectores: Tunjuelito, Usaquén y Barrios Unidos 43% de la población de la ciudad es migrante
Década 1970	Consolidación complejos industriales de Fontibón y Soacha Segundo desvío del río Tunjuelito para actividades mineras La creación de: Alcaldías locales, el Instituto de Desarrollo Urbano IDU, el Fondo Educativo Regional, el Servicio Distrital de Salud, el Instituto Distrital de Turismo y el Instituto Distrital para la Protección y Rehabilitación del Menor, hoy conocido como IDIPRON Urbanización sectores: Bosa, Ciudad Bolívar, Suba occidental y Usme Operación de dos rellenos sanitarios: Gibraltar y El Cortijo
Década 1980	Inicio de operaciones Relleno Sanitario de Doña Juana se derogan las normas que prohibían el establecimiento de servicios por encima de la cota 2.700 100.000 personas se encontraban en viviendas tuguriales Bogotá concentra el 16,4% de la población total del país Disolución de la EDIS parque automotor de 268.260 vehículos Existe un déficit de distribución de agua para cerca de 2,5 millones de habitantes
Década 1990	119.753 hogares no cuentan con el servicio de alcantarillado 200.000 personas se encontraban en viviendas tuguriales 620 asentamientos informales en Ciudad Bolívar y Suba Primer desvío del río Tunjuelito para actividades mineras Población: 5.000.000 de habitantes

	El cinturón industrial en el sector Bogotá – Soacha es quien genera la mayor carga contaminante industrial y doméstica del país, con un aporte de 324,4 toneladas de DBO/DÍA, descarga aguas residuales, agrícolas, pesqueras, pecuarias, domésticas e industriales Derrumbe del relleno sanitario Doña Juana Parque automotor 340.412 vehículos
Siglo XXI	Parque automotor: 2.148.541 vehículos matriculados Hegemonía del sistema BTR como oferta de transporte público Formulación e implementación del primer POT Inicio operación embalse seco de Cantarrana Definición de la Estructura Ecológica Principal de la ciudad Población: 8.000.000 de habitantes.

Nota: Elaboración propia.

Ahora, para abordar con mayor detalle los fenómenos estructurales de la segregación ambiental en la historia de Bogotá, se ordena la información recopilada en dos categorías de análisis: *Crecimiento urbano y producción de vivienda*; y *Servicios públicos*.

3.1 Crecimiento urbano y producción de vivienda.

Hasta finales del siglo XVIII el crecimiento demográfico de Bogotá y sus alrededores fue prácticamente nulo. Esto equilibrio se debió al descenso de la población indígena y al aumento de la población mestiza. Uno de los factores principales del decrecimiento de la población indígena fue el hambre, producto de las formas de lucha de la colonia por parte de los españoles. Al respecto**,** Sotomayor (1997) dice:

> Con la invasión española al territorio indígena en lo que hoy es Colombia, y con su acción deliberada de destruir cultivos y del robo de cosechas como forma de lucha, así como por el abandono por parte de los mismos indígenas de sus cultivos ante la presión española, se rompió el equilibrio que éstos tenían con sus recursos alimentarios. Se desató una epidemia de hambre, que mató miles de indígenas, mucho antes que lo hicieran las epidemias de viruela, sarampión o tabardillo. El hambre epidémica para los indígenas, el hambre y la disentería para los campamentos de los invasores españoles y sus negros esclavizados, fueron activadas por la acción militar.

Tan agudo fue este fenómeno de violencia alimentaria, que se asocia a registros de muertes colectivas por parte de algunas comunidades indígenas, (…) se puede pensar que la epidemia registrada en 1537 de “delirios colectivos”, que dejó en Bogotá y Chocontá 40 muertos, haya sido una acción de intoxicación suicida, con sustancias como el “borrachero sabanero” rico en escopolamina (Palacio, 2001).

La tenencia de la tierra en la Sabana de Bogotá durante la conquista y la colonia estuvo caracterizada por la “gran propiedad”, incluso hasta finales del siglo XIX. Al llegar los

españoles los tipos de propiedad indígena fueron transformados, creando tres nuevas formas: primera, las haciendas, usualmente eran trabajadas con indígenas encomendados, y las estancias en las que sus propietarios y peones laboraban. La segunda forma de propiedad eran los resguardos indígenas donde residían las comunidades nativas; y, la tercera, los ejidos que eran tierras comunales cercanas a los pueblos blancos (Bernal en Palacio, 2001). Los ejidos y las tierras comunales se disuelven en 1869 (IDCT, 1998). La consolidación de las grandes haciendas implicó un cambio de uso del suelo de agrícola a pecuario, fenómeno que precarizó las condiciones laborales de los indígenas, (…) la escasez de demanda de sus brazos se originó en que los terratenientes les compraron sus tierras -que en manos de los indios eran productoras de alimentos -y las convirtieron de inmediato en grandes dehesas de ganado (Bernal en Palacio, 2001).

En la Bogotá de finales del siglo XIX y principios del siglo XX, un gran sector de la población la componían los indígenas, que libres de la influencia colonial española, se articularon a la sociedad como peones o jornaleros en la sabana de Bogotá. Esta franja de la población, compuesta también por mestizos, realizaban labores como la recolección de leña, el lavado de ropa, aguateros, arrieros y criadas. Más tarde, esta población daría forma a los sectores de artesanos, tenderos, pequeños comerciantes y empleados de menor rango (Preciado, Leal y Almanza, 2005).

Para esa época, el territorio que hoy se considera suelo urbano, a grandes rasgos se puede describir en dos sociedades: una urbana y otra aún con dinámicas rurales. Rodrigo Rojas (2000) describe la Bogotá de fines del siglo XIX, la cual poseía una gran cantidad de lagos naturales, en los cuales se realizaba cacería de patos y, en sus orillas, labores agropecuarias. Las actividades eran realizadas por familias que tenían su vivienda alrededor de estos humedales y cuyas formas de vida eran todavía esencialmente rurales. En cambio, hacia el centro fundacional la dinámica era otra. Para 1912 la ciudad ya contaba con cerca de 117.000 habitantes. La capa más pobre se encontraba en los barrios populares periféricos del sur (Egipto y Las Cruces principalmente), y la naciente clase elitista se asentaba en los barrios periféricos hacia el norte que se construían en sus propias fincas, como en el caso de Teusaquillo, el primer barrio construido con espíritu diferenciador de clase hacia 1927. Está dinámica empieza a acentuar un fenómeno de segregación espacial entre norte y sur, que aún en esta época se mantiene. Los sectores de mayores ingresos tienden a concentrar las funciones y servicios ambientales al interior de la ciudad, al habitar en viviendas de gran tamaño ubicadas en sitios de dimensiones que permiten instalar jardines, piscinas o áreas verdes; con acceso a calles arboladas, parques y plazas (Heynen y Perkins, 2005). Todo lo anterior determina la existencia de áreas de mejor calidad del aire, mejor regulación térmica, alta productividad biológica y hábitats de especies, al interior de las parcelas de agrado, condominios o proyectos urbanos en que residen estos grupos sociales (Florez, 2000). Por ejemplo, como se muestra en la tabla 1, la ocupación social del espacio urbano en Bogotá en esa época dista bastante entre lo que es el norte del sur. El barrio Santa Bárbara, al norte de la ciudad,

tiene una densidad de 303 personas por manzana; en cambio en el barrio Las Cruces encontramos a 488 personas por manzana.

Tabla 3-2: Densidad por barrios en 1912

BARRIO	POBLACIÓN	MANZANAS	DENSIDAD
La Catedral	6.759	30	225
Egipto	15.572	49	318
Las Nieves	12.735	53	240
Las Aguas	11.854	28	423
San Diego	12.612	32	394
Santa Bárbara	21.541	71	303
Las Cruces	14.638	30	488
San Victorino	14.004	52	269
Chapinero	7.236	24	302
TOTAL	116.951	369	317

Nota: Recuperado de “La expansión urbana de Bogotá. Mitos y realidades Preciado, A. 2000, Universidad Nacional de Colombia, p.365.

En la década de 1930 se construyeron los primeros barrios obreros para albergar esta población: Unión obrera, Bavaria, Antonio Ricaurte, Uribe, San Facón, y el tradicional Paseo Bolívar. Este último sería objeto de reubicación en 1938.

Ilustración 3-1: Paseo Bolívar (1939)



Fuente: Karl H (1939).

En contraste, hacia el norte se abría paso la moderna Avenida Chile, en un escenario dónde los bogotanos con el poder económico podían vivir en espaciosas quintas, haciendas y casas de campo. La desigualdad social ha sido una característica del paisaje urbano desde principios del siglo XX. Al respecto, Preciado et al. (2005) dice:

> (…) Desde el siglo XIX algunos cronistas mencionan la presencia en los atrios de iglesias y edificios municipales de méndigos y niños en la calle. Hacia la década de 1930 esta situación no había cambiado. Esta franja de la población urbana estaba compuesta por individuos que no tuvieron acceso a ningún beneficio social como la educación o la incorporación a un medio productivo. Además, muchos indígenas conformaban esta franja, como quiera que esa sociedad burguesa de la Bogotá de entonces marcaba drásticamente esa diferencia social, tratando de emular el modelo de sociedad francesa y europea en general, olvidando incorporar esa heterogeneidad cultural en el concepto de nación. p.35.

Ilustración 3-2: Sobre la nueva Avenida Calle 68 (Actual Av. 72) (1919).



LA GRAN AVENIDA

EN CHAPINERO

Esta bellísima calle, marcada con el número 68 de la ciudad, es uno de los sitios más pintorescos de ella.

Tiene 1.060 varas de longitud por 50 de anchura, y está hoy atravesada en toda su extensión por la carrilera del Tranvía Municipal, como se ve en el presente grabado.

Esta prolongación pone al pasajero en condiciones de tomar un carro del Tranvía en la Plaza de Bolívar e ir al extremo final de la calle, por ser la misma línea.

A sus alrededores existen las mejores edificaciones de Chapinero, y no muy tarde estarán desarrollados grandes bosques de eucaliptus plantados ya.

Es la parte mejor urbanizada de la ciudad, con amplísimas calles no menores de veinticinco varas.

Entenderse para la venta de lotes y todo lo relacionado con esta empresa, en la Oficina de negocios de los doctores

Eduardo Quintana Venegas y Germán Cárdenas.

Calle 13, número 131 (cuadra de las Notarías). Teléfono 1479. Apartado de correos 945.

Fuente: Revista Cromos (1919).

Preciado et. Al. (2005) mencionan que las condiciones ambientales de la todavía sabana de Bogotá obstaculizaron el proceso de urbanización del occidente, porque los humedales, o anteriormente llamadas chucuas, que a comienzos del siglo XX ocupaban una mayor extensión, constituían una barrera natural que hacía difícil el establecimiento de nuevos proyectos urbanísticos. Esto implicó que los cerros orientales fueran durante muchos años espacio para el asentamiento irregular de vivienda de extracción humilde. Como se puede apreciar en la siguiente ilustración, por la perspectiva de la imagen se infiere que la

población está asentada sobre los cerros, en cambio la sábana se ve aún despoblada con una dinámica hacendataria.

Ilustración 3-3: Panorámica hacia el occidente desde la Plaza de Las Cruces, 1938.



Fuente: Karl H (1939).

Hacia 1925 se quejaban las autoridades municipales por los efectos ambientales que tenían dichas casas en el sector. Una de las intenciones de la administración en la década de 1920 era convertir el sector del Paseo Bolívar, un asentamiento informal en condiciones de pobreza extrema ubicado en los cerros orientales a la altura de lo que hoy es la universidad de los Andes, en un bosque urbano, de tal suerte que los problemas asociados al agua potable y la calidad de vida mejoraran (Preciado et al. 2005). Sin embargo, esta política de reubicación no se aplicaba a las nacientes urbanizaciones de clase alta que se alzaban en la falda de los cerros al norte de la ciudad.

El tiempo comprendido entre 1931 y 1932 fue el periodo más crítico en cuanto hacinamiento. Apenas se tenían 4,1 viviendas por cada 100 habitantes, como lo indica la Tabla 3-3. El precio de la renta se dispara en un corto periodo de tiempo, lo que conlleva a que la forma principal de residencia de la capa popular sea el arriendo en inquilinatos del centro y sur de la ciudad. De 1918 a 1928 el costo del arrendamiento de vivienda en Bogotá sube en un 350%. Los 235.792 habitantes que tiene Bogotá en 1928 requieren 29.923 casas, pero sólo se dispone de 17.767, lo cual da como déficit un total de 11.969 viviendas (Preciado et al. 2005, p.129). Este fenómeno implica mayor carga contaminante a los cuerpos de agua y suelos en el sector de la ciudad donde mayor es el hacinamiento, empezando un proceso de deterioro ambiental diferenciado respecto a otras zonas de la ciudad.

Tabla 3-3: Producción legal de vivienda por cada 100 habitantes en Bogotá. 1930 – 1939.

Año	No de Viviendas	Nuevos Habitantes	Viviendas cada 100 Habitantes
1930	654	9593	7,1
1931	425	9997	4,2
1932	433	10420	4,1
1933	769	10860	7,1
1934	672	11317	5,9
1935	807	11795	6,8
1936	1028	12293	8,4
1937	1193	12812	9,7
1938	1197	13352	9,0
1939	1756	17672	9,9

Nota: Recuperado de “Historia Ambiental de Bogotá, siglo XX”, Preciado et al., 2005, p.101.

La población de Bogotá pasa de 330.000 en 1938 a 378.200 en 1942, con una tasa de crecimiento de 3,5%. Colombia empieza una transición de país agrícola a urbano. Mientras en 1938 solamente el 29% de la población vivía en las zonas urbanas, en 1953 ese porcentaje había aumentado a 53% y para 1960 se estimaba en un 60%. (Sánchez, 1998). Este crecimiento urbano se debe principalmente al desplazamiento interno del país, prod de la acumulación por desposesión en la ruralidad, ligado al conflicto armado. Mientras en 1939 el número de viviendas nuevas es de 1.792, esa cifra asciende en 1954 a 4.417 viviendas nuevas. El Déficit de vivienda urbana en Bogotá ha sido un problema crónico prácticamente desde comienzos del siglo XX. La ciudad empieza a crecer en forma de mancha hacia el sur, el norte y el occidente. Sin embargo, la forma y velocidad de producción del espacio en el norte de la ciudad dista mucho de las otras zonas de Bogotá, y, por ende, la fluctuación de la renta también es diferente. Lo que hoy se conoce como localidades de Tunjuelito y Rafael Uribe Uribe fue el espacio de mayor crecimiento urbano en esta época, acentuándose las personas sobre la cuenca del río Tunjuelito, en busca de los servicios ambientales que este cuerpo de agua pudiera ofrecer. La ciudad fragmentada da lugar a procesos de segmentación socioespacial que se traducen en problemas de conectividad e integración entre los grupos sociales, así como en un crecimiento de las desigualdades como consecuencia de la apropiación cada vez más exclusiva de los espacios más valorizados (Balbo, 2003).

Tabla 3-4: Barrios nuevos por zonas

Zona	1942	1946	1950	1954	LOCALIDAD ACTUAL
I	17	18	20	26	Tunjuelito
II	17	19	19	29	Rafael Uribe Uribe
III	7	7	7	8	San Cristóbal
IV	5	5	5	5	La Candelaria
V	1	1	1	1	Los Mártires
VI	11	11	11	20	Puente Aranda, Ciudad Kennedy

VII	11	11	11	15	Fontibón
VIII	6	6	6	8	Santa Fe
IX	18	19	19	18	Chapinero
X	15	16	16	19	Usaquén
XI	24	26	27	39	Suba, Engativá

Nota: Recuperado de “Historia Ambiental de Bogotá, siglo XX”, Preciado et al., 2005, p.137.

Los cerros orientales a mediados de los años 50 son muestra de la segregación ambiental de la sociedad Bogotana. Los barrios obreros que se conformaron con la participación de arquitectos como Karl Brunner, se localizan en nuevos espacios urbanos de la parte plana, en cambio, sectores nuevos y modernos se asientan en las faldas mismas de los cerros; y no es una franja pobre, al contrario, son barrios de clase alta, en particular en los sectores de Chapinero hacia el norte. Es evidente que los privilegios ambientales de vivir en los cerros dinamizan una tendencia que aún hoy día continúa, cada vez con más vivienda de clases sociales privilegiadas (Preciado et al. 2005, p.171) Así entonces, en este periodo se encuentran dos tipos de asentamientos sobre los cerros orientales: los barrios de clase alta al norte, y los barrios populares al sur de la ciudad. En este sentido, se podría inferir entonces que los dos tipos de asentamientos tienen las mismas condiciones ambientales, lo que es parcialmente cierto. Sin embargo, la vulnerabilidad de cada población es sustancialmente diferente. El riesgo de que ocurra un desastre natural sobre una determinada área de la ciudad debe ser entendido en función de la amenaza o peligro potencial y la vulnerabilidad frente a dichas amenazas (Cardona, 2001). Es decir, si bien los grupos socioeconómicos de todos los estratos se ven expuestos a amenazas naturales, los de mayores ingresos logran desplegar una serie de artefactos que les permiten reducir su vulnerabilidad y, por tanto, los mantienen menos expuestos a los riesgos. Por ejemplo, los diseños y materiales con los que se construyen las casas son muy diferentes en cada sector. Los asentamientos del sur se desarrollan a través de la autoconstrucción, sin mayor rigor técnico, con los materiales más baratos y en los espacios que los parceladores piratas ofrecen. En cambio, la construcción en el norte está a cargo de empresas especializadas, las cuales eligen los terrenos óptimos y diseños adecuados a los mismos.

Las implicaciones ambientales de la pobreza son muy importantes, pues la población que no tiene acceso a vivienda y a servicios públicos los busca donde puede, y estos escenarios serían en muchos casos los pocos reductos de zonas de amortiguación ambiental, principalmente en las zonas contiguas a los cuerpos de agua. (Preciado, et al, 2005). La ocupación de la vivienda por sectores marginales tiene otra característica importante en términos ambientales, y es que la carencia de un equipamiento adecuado para el saneamiento básico. La carencia de agua potable, alcantarillado, recolección de basuras y energía eléctrica influyen en la baja calidad de vida de estos sectores de la población y los efectos sobre el entorno natural de la ciudad. Para 1973 el 13,4 % de los hogares vivían en inquilinato, con un promedio de 6,4 familias por vivienda; de un total de 451.000 familias de Bogotá, el 6,6% carecía de agua potable domiciliaria, el 7,3% carecía de alcantarillado y el 4% carecía de luz eléctrica (Banguero, 1979).

La presión por el cambio de uso de la tierra es el resultado de estos procesos de expansión urbana. Sin duda, el efecto de valorización del suelo con un enfoque netamente urbano determinó la proyección urbana de sectores hasta hace poco tiempo concebidos como lotes de engorde o zonas de producción pecuaria y agrícola, como era el caso de las actuales localidades de Bosa y Engativá (Preciado et al, 2005, p.213).

A partir de la década de los 70, el crecimiento urbano de las localidades de Usme y Bosa se produce a través de la autoconstrucción. Esto se evidencia en las transacciones de los bienes inmuebles, donde las operaciones con lotes son mucho mayores a las operaciones por las casas ya construidas. Como se indica en la siguiente tabla, entre 1973 y 1979 Bosa tiene 2760 operaciones de lotes por 1.513 operaciones de casas construidas, lo que equivale casi al doble. En el caso Usme, son 2933 operaciones de lotes por 868 operaciones de casas, es decir, tres veces la venta de lotes por la venta de casas. La venta de estos lotes se desprende de una parcelación pirata de las haciendas que existían en esta época. Este tipo de desenglobe determina características urbanísticas negativas que conllevan a una segregación ambiental. El interés del parcelador es fraccionar sus haciendas en la mayor cantidad de lotes, para sacar la mayor ganancia posible con la venta de sus predios. Esto implica que el parcelador no tenga en cuenta que a la construcción de vivienda se asocia la necesidad de terrenos para la construcción de vías, andenes, parques, y demás equipamientos que garanticen el bienestar de quienes habiten estas nuevas viviendas, además de garantizar el suficiente soporte natural para una oferta de servicios ambientales adecuados, como la cobertura vegetal, donde su importancia no sólo se encuentra asociada a su potencial como lugares de ocio y esparcimiento. Al respecto, (Vásquez A. y Romero H., 2007) dicen:

> Estas coberturas poseen variadas funciones ambientales y ecológicas como mejorar las condiciones climáticas de la ciudad; reducir la contaminación ambiental; amortiguar la contaminación acústica; actuar en la disminución del escurrimiento superficial de las aguas de lluvia y jugar un rol importante en la conservación de la naturaleza al proporcionar espacios vitales para la vida de los animales.

Tabla 3-5: Movimiento de propiedad raíz. 1979.

SECTOR	CASAS		Lotes		Casas lotes	
	Operaciones	Valor	Operaciones	Valor	Operaciones	Valor
Bogotá	8.236	4.824.526	4.837	2.825.699	241	32.567
Bosa	1.513	1.525.519	2760	315890	118	10970
Engativá	1.214	503.961	948	325060	51	7.339
Fontibón	687	424.253	601	299.361	31	3.608
Suba	566	503.961	476	520.843	52	21120
Usaquén	1.244	1.525.519	1844	1.071.614	32	7.215
Usme	868	215.075	2933	199.239	130	10.231

Nota: Recuperado de “Historia Ambiental de Bogotá, siglo XX”, Preciado et al., 2005, p.238.

De acuerdo a Abramo (2013) actualmente existen tres maneras de acceder a la ciudad: la primera mediada por un contrato social (lógica del Estado, que define la forma de acceso a la tierra), la segunda mediada por el mercado (que se encarga de encontrar la oferta con la demanda de tierra urbana y requiere de cierta acumulación de capital) y una tercera que es determinada por la necesidad (la de quienes no tienen el capital institucional para acceder a la tierra a través del Estado ni el capital pecuniario para acceder a través del mercado). Dado el conflicto armado a lo largo del siglo XX, esta última lógica es una de las principales formas en las que ha crecido la ciudad, y en la cual se vinculan los asentamientos informales. La informalidad urbana sería un conjunto de irregularidades —o (a)regularidades— en materia de derechos: irregularidad urbanística, irregularidad constructiva e irregularidad en relación con el derecho de propiedad de la tierra (Alegría, 2005). En este sentido, el barrio de invasión no tiene un intermediario, las familias invaden y, de hecho, inician un proceso de construcción y modificación del suelo urbano. La vivienda clandestina depende del especulador y/o del estafador para acceder al lote y continuar un proceso para la construcción de la vivienda. El concepto de *barrio pirata* se encuentra asociado al resultado de la especulación de los urbanizadores piratas (Preciado et al, 2005, p.237). Al respecto, Leonarto Ayala (1973) dice:

> La relación entre el bajo ingreso y la subsiguiente baja capacidad de pago, explica parcialmente por qué los barrios ilegales son el interés de un amplio sector de la población que no tenían acceso al modelo crediticio del sector estatal para la compra de vivienda (ICT, Caja de Vivienda Popular), y prefirieron comprar un lote para iniciar un proceso de autoconstrucción o, en el peor de los casos, invadir lotes en los cuales levantar un barrio en corto tiempo (…) en 1973 es notable la concentración de estos asentamientos hacia los confines del perímetro urbano, en particular en el sur, el suroriente y el noroccidente. Las áreas centrales y el noreste del plano corresponden a la zona céntrica de la ciudad a los sectores de vivienda residencial de clase media y media alta, respectivamente. En la zona suroccidental se agrupan actividades industriales y viviendas de clase media baja y baja.

La autoconstrucción constituye la estrategia de los sectores marginados que no tienen el acceso a las fuentes de financiación privada o estatal para adquirir vivienda propia legal. Como se infiere de la Tabla 3-6, de 1938 a 1951 esta estrategia es responsable del 54,9% del total de viviendas construidas; y de 1964 a 1973 esta cifra es del 49,7%. Es decir, son cifras significativamente altas en relación con la labor que debería estar desempeñando el estado en la construcción de vivienda para sectores populares.

Tabla 3-6: Producción (%) de vivienda según formas de producción.

Origen	1928 - 1938	1938 - 1951	1951 - 1964	1964 – 1973
Con licencia	70	40,9	52,9	35,3
ICT	-	4,2	20,9	15
Autoconstrucción	30	54,9	26,2	49,7

Nota: Recuperado de “Producción de vivienda y capitalismo dependiente. El caso de Bogotá”, Jaramillo, S, 1979.

La construcción informal del espacio es producto del crecimiento urbano acelerado y de la incapacidad del estado para satisfacer la necesidad de vivienda. Las entidades de orden distrital y nacional, como el Fondo de Vivienda Popular y el Instituto de Crédito Territorial, no abastecen la demanda en aumento. “A comienzos de la década de 1970 hay un déficit de 70.000 nuevas viviendas. Un 70% de vivienda se construye sin permiso del municipio. mientras en los barrios de estratos más altos la compra de terrenos para la urbanización es solo un negocio lucrativo que tiene gran demanda, en contraste, en el sector del sur y marginal de la ciudad los terrenos son ofertados más como resultado de la estrategia de los dueños de la tierra para cambiar el uso rural y poder entregar vivienda en condiciones semihabitables (Preciado, 2005, p.235). Este fenómeno da paso al estado actual de la ciudad, donde se concentran millones de personas en terrenos no aptos para la vivienda, sin equipamientos urbanos suficientes y en condiciones ambientales deficientes, por así decirlo, dando paso a formas y magnitudes considerables de segregación social; el incremento de la vulnerabilidad de la población e inequidad en la distribución del ingreso (afectado por la renta diferenciada entre norte y sur); los largos tiempos de viaje e incremento de la criminalidad y de la sensación de inseguridad; además, de los conocidos problemas de salud asociados con la contaminación atmosférica, todo lo cual tiene una incidencia directa en el deterioro de la calidad de vida urbana.

Analizar el problema de vivienda como un factor determinante de la desaparición de áreas naturales, la degradación de ecosistemas vitales para la ciudad y el progresivo deterioro de la calidad de vida de un sector marginal de la sociedad urbana que tanto ayer como hoy buscan un espacio para construir vivienda. Algunos sectores que fueron ilegales, cambiaron de estatus con anuencia del estado en una muestra de debilidad para planificar, controlar y proyectar un escenario urbano que compaginara la construcción de vivienda, el crecimiento urbano y la conservación de zonas de amortiguación y protección ambiental (Preciado et al. 2005). Al respecto, estos mismos autores nos dicen:

> El instituto de Crédito Territorial viene trabajando desde 1942, el mismo año en que se crea mediante el acuerdo 20 la Caja de Vivienda Popular, para trabajar en el área de influencia de la ciudad de Bogotá (…) En 1964 la Caja de Vivienda Popular plantea un programa de mejoramiento de asentamientos urbanos, el trabajo se inició con el sector del barrio Los Laches y prosigue en 1967 con el plan Las Lomas,

> generando 556 soluciones de vivienda. En el periodo de alcaldía de Virgilio Barco se habían completado los planes de vivienda en los barrios de las Colinas, Centenario y Veraguas (…) el estado había percibido la autoconstrucción como herramienta para hacerse a la vivienda por parte de los sectores populares y pobres de Bogotá. Es claro que el problema de la vivienda y el impacto sobre el medio ambiente, como lo hemos venido exponiendo hasta aquí, es sólo responsabilidad del sector popular y de una gran franja de población marginal que tuvo que asentarse en zonas de baja calidad y con perjuicio sobre el medio natural. Claro que los sectores más pudientes tienen significativa responsabilidad con la característica de tener capital financiero para modificar el medio natural y adecuarlo a las construcciones de estratos altos. Algunos sectores de humedales como Torca y Córdoba son afectados por la construcción de vivienda en sus inmediaciones. Actualmente se aprecia un gran sector de edificios en inmediaciones de los cerros orientales de Bogotá en la vecindad de la calle 93, lo cual evidencia que la sociedad en su conjunto, desde una perspectiva u otra, modifica el paisaje natural de la ciudad para la construcción de vivienda (p.231).

Hacia 1964 la ciudad muestra un déficit de entre 44.000 y 70.000 viviendas nuevas. De acuerdo con estimativos de 1964, se requiere construir un promedio de 870 viviendas por año en el periodo 1964 – 1969. Los barrios propuestos para este plan son: Centenario, Veraguas, Modelo, Las Colinas, La María y Santa Bárbara (Departamento Administrativo de Planificación Distrital, 1964). Estas soluciones plantean viviendas de tipo unifamiliar y propiedad horizontal, lo que supone que desde este periodo ya se empieza a estimar la necesidad del proceso de densificación de la ciudad. Como se ha descrito hasta el momento, la migración acelerada de la población rural hacia las ciudades fue el primer motor de crecimiento de Bogotá. Sobre esta población nueva en la ciudad, Preciado et al. (2005) relatan:

> El 44% de migrantes de 1951 carecía de algún tipo de estudio. Para 1964 este porcentaje bajó a un 27%. Es decir, con el paso del tiempo, los migrantes de esas primeras oleadas de comienzos de la década de 1950 son cada vez más diferentes de los nuevos migrantes, con mejores grados de escolaridad. Sin duda, la competitividad laboral determinaría que la absorción en el mercado laboral diera prioridad a sectores con mejor preparación escolar. Los (…) grupos de bajos ingresos y baja capacidad de consumo tienen fuertes limitaciones a las oportunidades educativas y ocupacionales (…). La estructura de la ciudad en este periodo histórico se comienza a adaptar a ciertos patrones ambientales, ocupacionales y educativos caracterizados por una gran marginalidad. La población con mayor dificultad para adaptarse a la dinámica urbana (…) fueron los migrantes rurales pobres, en contraste con migrantes de clases altas y muy capacitados para articularse en sectores muy elitistas de la producción, quienes configuran un panorama urbano diferente (…) este flujo migratorio pobre solucionó su problema de vivienda en los sectores donde el uso del suelo urbano estaba destinado a

> actividades agrícolas o pecuarias y, peor aún, en sitios de la ciudad que correspondían a zonas de amortiguación ambiental.

Cuando Preciado habla de sitios de la ciudad que correspondían a zonas de amortiguación, se refiere principalmente a la cuenca del rio Tunjuelito. Durante la primera mitad de la década de los 60, la zona que hoy se conoce como la localidad de Tunjuelito fue la de mayor crecimiento en toda la ciudad. Como se indica en la siguiente tabla, en el año 1960 la cantidad de licencias expedidas para este espacio es significativamente alta respecto a las otras zonas (2338 de 5306 expedidas para todo el municipio). Tristemente, este territorio actualmente cuenta con uno de los peores índices de calidad ambiental urbana, producto de ese crecimiento descontrolado y desregularizado por el estado.

Tabla 3-7: Viviendas según licencias expedidas.

Zona (1960-1964)	**Localidad actual**	**1960**	**1964**
I	Tunjuelito	2338	1158
II	Rafael Uribe	509	383
III	San Cristóbal	19	22
IV	La Candelaria	5	6
V	Los Mártires	8	6
VI	Puente Aranda, Ciudad Kennedy	210	745
VII	Teusaquillo	132	289
VIII	Santa Fe	21	40
IX	Chapinero	180	135
X	Usaquén	190	255
XI	Barrios Unidos	1457	1240
Bosa	Bosa	13	383
Engativá	Engativá	3	709
Fontibón	Fontibón	141	202
Suba	Suba	80	523
Usaquén	Usaquén	-	391
Usme	Usme	-	55
		5.306	**6.542**

Nota: Recuperado de “Una política de vivienda para Colombia”, Instituto de crédito territorial, 1955, Citado en “Historia Ambiental de Bogotá, siglo XX”, Preciado et al., 2005, p.227.

El porcentaje de población migrante a la ciudad aumenta de 33% en 1956 a 42,9% en 1967. En contraste, el incremento natural (natalidad) desciende de 34,3% en 1956 a 24,4% en 1967. Esto corrobora (…) que el crecimiento demográfico de la ciudad descansaba en una población migrante significativamente mayor que la población local. La población

migrante según datos de 1971, proceden de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Tolima y Santander, para un total de 79% de la migración hacia Bogotá (Rodríguez, 1970)

En 1968 el alcalde de la ciudad era Virgilio Barco. Su administración exponía preocupación porque el rápido crecimiento urbano demanda más servicios públicos y dotación comunitaria. Otros problemas urbanos de la época son:

> La carencia de vías de comunicación con el centro y la periferia de la ciudad, barrios perimetrales sin servicios públicos, inundaciones continuas debido a la carencia de sistemas de alcantarillado pluvial, baja presencia de escuelas, campos deportivos, y centros de recreación y salud (…) La ciudad empieza a mostrar un fenómenos de densidad baja en el periodo de 1960 a 1973, especialmente por dos razones: el centro de la ciudad ya empieza a perder importancia como sector de vivienda residencial y los bogotanos sin vivienda buscaban en ese periodo sectores de la periferia para la construcción y/o adquisición de vivienda. (Preciado et al. 2005. p.223)

Göussët (1998) describe el fenómeno migratorio hasta la década de los ochenta:

> El país pasa de 17 millones de habitantes en 1964 a 30 millones en 1985, es decir, en veinte años prácticamente duplica su cantidad. Bogotá concentra de 1964 a 1985 la tercera parte del total de las migraciones internas. El caso concreto de Bogotá muestra que el número de migrantes en 1964 es de 871.724, esta cifra pasa a 1.445.953 en 1973, y en 1985 es de 1.761.169 migrantes. Es claro que los sucesos migratorios a Bogotá se caracterizan porque en la primera etapa (1964-1973) este fenómeno está más asociado al problema de la violencia y la expulsión de población rural como resultado de la baja capacidad productiva. Ahora bien, de 1973 a 1985 la migración se caracteriza por el papel predominante que representa Bogotá en el contexto nacional como ciudad industrial que capta mano de obra y genera otras posibilidades para los colombianos.

Los terrenos situados en las rondas de los ríos Bogotá y Tunjuelo, en los sectores de influencia directa del perímetro urbano, no estuvieron cobijados por algún control municipal hasta la llegada de Carlos Albán a la administración de la ciudad. Con este alcalde se inicia la rehabilitación de 250 barrios subnormales en varias etapas y se derogan las normas que prohibían el establecimiento de servicios por encima de la cota 2.700 y fuera del área urbana. Se ordena a las empresas públicas la instalación de los servicios donde hubiere habitantes. Este es un fenómeno de legalizar lo que de hecho ya venía siendo una presión social: la ocupación de terrenos en zonas donde no estaba permitido (Preciado el al. 2005). A comienzos de la década de los 70 se formula un instrumento jurídico para prevenir la proliferación de barrios clandestinos. El consejo de Bogotá aprueba el acuerdo sobre las normas mínimas de urbanismo, que ya venía siendo trabajado desde 1969 con el decreto 3133. En este periodo se crean nuevas entidades para atender las crecientes demandas de la población urbana: la creación de las alcaldías menores en 1972, el

Instituto de Desarrollo Urbano IDU, el Fondo Educativo Regional, el Servicio Distrital de Salud, el Instituto Distrital de Turismo y el Instituto Distrital para la Protección y Rehabilitación del Menor, hoy conocido como IDIPRON (Preciado el al. 2005). Si bien la creación de estas entidades fortalece la capacidad institucional para gobernar la ya compleja Bogotá, tuvo efectos adversos que agudizaron la segregación ambiental. El número de requisitos excesivos para la construcción de vivienda obrera estimuló la construcción ilegal en sectores que debieron ser objeto de conservación ambiental, como lo son el complejo de chucuas o humedales en las localidades de Engativá, Fontibón y Kennedy. Este fenómeno se podría asociar a los desaciertos de la zonificación de la ciudad y la incapacidad institucional para hacer cumplir esta zonificación. Al respecto, vale la pena citar tres antecedentes de ordenación del territorio previos al concepto de Planes de Ordenamiento Territorial:

El primero; en 1951 se crea el decreto 185, conocido como el plan piloto del urbanista francés Le Corbusier (…) Este plan sugiere evitar las grandes y costosas redes de transporte externo y eliminar las distancias innecesarias entre los lugares de trabajo y vivienda. La zonificación de este plan contempla ocho zonas:

- Zona de industria pesada
- Zona de industria ligera
- Zona de mercado y comercio de influencia
- Zona de comercio pesado
- Zona de negocios y administración
- Zona de habitación
- Zonas verdes
- Zonas de reserva para la industria y habitación

Esta zonificación estipula que la industria debería ubicarse entre la carrera 50 y la calle 13, y entre el lindero del río Bogotá y Fontibón y la prolongación de la calle 22; a su vez la zona de negocios y administración debería quedar entre las calles 6 y 26 y las carreras 4 y 14; y la zona de comercio quedaría localizada entre las calles 17 y 22 y las carreras 24 y avenida Cundinamarca (DAPD, 2003). El segundo antecedente se da en 1961, cuando se expide el reglamento de zonificación, por medio del acuerdo 30, llevado a cabo por el DAPD. Este instrumento reglamenta la cesión de zonas clasificadas por densidades y establece el procedimiento para la aprobación de los planes relacionados con notificación en el área del Distrito Especial. Esta norma, que no llegó a erigirse en acuerdo, se convierte en un reglamento técnico que el Distrito Especial usa como el plan de zonificación general hasta 1964, y proponía las siguientes zonas de uso del suelo:

- Residencial
- Suburbana residencial
- Comercial (siete clases)
- Histórica
- Industrial (cinco clases)
- De protección y reserva forestal
- Improductivas

- Agrícolas
- De edificios públicos
- De parques y jardines
- De clubes y campos deportivos privados
- Modificables con mejoramiento
- De proyectos de conjunto

El último antecedente significativo se da en 1968, mediante el acuerdo 1119, donde se establece un nuevo modelo de zonificación:

- Zona Central
- Zonas residenciales (nueve categorías)
- Zonas comerciales (cinco clases)
- Zonas industriales (nueve clases)
- Zonas institucionales
- Zonas rurales
- Zonas agrícolas especiales
- Zonas de reserva (seis para 1971)
- Zonas verdes para recreación y protección

De nuevo, este intento por parte de la administración tuvo repercusiones desfavorables para el suroccidente de la ciudad, el sector con menor calidad ambiental urbana. Al respecto, Preciado et al. (2005) comenta:

> Para la década de 1970, algunos sectores industriales prefieren ocupar terrenos en inmediaciones de Soacha y Fontibón, fuera del perímetro urbano y del perímetro sanitario del Distrito Especial, lo cual implica unos impactos ambientales y sociales en los sectores residenciales aledaños; el deterioro ambiental producido por el funcionamiento de terminales de buses urbanos e intermunicipales, mataderos, bombas de servicio, entre otros. (…) el aeropuerto fue diseñado para funcionar en una zona donde no tuviese influencia directa con los escenarios urbanos, al menos en 1959, sin embargo, (…) el crecimiento urbano acelerado en todas las direcciones desde 1950 ocupa predios aledaños al aeropuerto, para los cuales no debieron haberse permitido ninguna licencia de construcción.

En 1985 la capital concentra el 16,4% de la población total, aporta el 22% del PIB y el 28% del valor agregado de la industria manufacturera, y participa con el 32% del empleo industrial y el 16% del empleo generado en las diez ciudades más grandes, es decir, Bogotá produce en ese entonces la cuarta parte de la riqueza del país. López (1990).

El crecimiento de Bogotá desde la década de 1980 presenta dos fenómenos simultáneos: la metropolización (proceso expansivo) y la implosión urbana (proceso de densificación). Desde 1973 hasta 1993 las localidades de Usaquén, Usme, Ciudad Bolívar, Bosa y Suba presentan tasas de crecimiento que oscilan entre el 7,5% y el 12,5% anual; tasa similar a

la de Soacha durante ese periodo. La localidad de Kennedy y los municipios de Chía y Cota presentan tasas en el rango 4,5% - 7,5% (Barco, 1998).

Tabla 3-8: Total estimado de población desplazada en Bogotá.

AÑOS	HOGARES	PERSONAS
1985-1994	19.500	117.000
1995	5.201	26.455
1996	10.136	50.680
1997	15.750	78.850
1998	13.642	54.570
TOTAL	64.229	327.555

Nota: Recuperado de “Historia Ambiental de Bogotá, siglo XX”, Preciado et al., 2005, p.294.

La magnitud del problema del desplazamiento en términos ambientales es bastante significativa, puesto que esta población tiende a ocupar territorios que no han sido urbanizados o que constituyen valores de conservación; más dramático aún es la presencia de familias en asentamientos de alto riesgo geológico y ambiental, con las consiguientes tragedias, en especial en épocas de invierno. De 1985 a 1993 una oleada de población llegó a la ciudad y se asentó principalmente en las localidades de Bosa, Suba, Usme y Ciudad Bolívar. La mayor concentración de asentamientos ilegales se presenta en las localidades de Suba y Ciudad Bolívar, con 620 asentamientos, para un total de 4.390 hectáreas. Estas dos localidades presentan una situación de riesgo para unas 375.000 personas (Niño, 1997). Los cerros orientales, el río Bogotá, los trece humedales (declarados), los sectores semirrurales, los páramos circundantes al casco urbano, y en general el soporta ecológico de la ciudad se ve gravemente afectado desde la década de los 70 con la construcción ilegal. Este tipo de construcción de 1973 a 1985 representa el 33,8% de las viviendas nuevas. Entre los años 1985 y 1998 este porcentaje se mantiene en un 33,5% del total de área urbanizada y su producción promedio aumenta de 9,362 lotes a 16.440 (CEDE, s.f.). En Ciudad Bolívar, en 1993, se reportan más de 42.000 viviendas asentadas en zonas de alto riesgo geológico. La amenaza que representa el río Tunjuelito se traduce en 475 hectáreas, donde viven más de 137.000 personas en 23.470 viviendas, el 88% de la población de la localidad (Contraloría distrital,1993). Con corte en 2002, se habían desarrollado ilegalmente 7.109 hectáreas, lo que corresponde al 23% del total del suelo urbano (DAPD, 2002). Las urbanizaciones clandestinas se ubican en áreas cada vez más lejanas, fuera del perímetro de servicios de la ciudad, en zonas muy críticas por presencia de riesgo por inundación o deslizamientos, próximos o directamente sobre rellenos en rondas de ríos, quebradas y humedales en área de reservas viales, y bajo líneas de alta tensión. De igual modo, presentan loteo densificado, reducción del espacio dedicado a vías peatonales, ausencia de zonas verdes y de áreas para equipamiento comunitario (DAPD, 2002). En 1985 100.000 personas se encontraban en viviendas tuguriales, para 1993 se duplica el número de ciudadanos en estas condiciones (Barco, 1998). En 1993 la localidad de Puente Aranda cuenta con 7.182 pacientes ingresados por

problemas de infección de vías respiratorias y otros trastornos asociados a la baja calidad del aire en Bogotá (Preciado et al., 2005, p. 306).

3.2 Servicios públicos.

Hacia el año 1800 la ciudad de Bogotá tenía más de 25.000 habitantes y había cerca de 20 pilas públicas (Rey, Lizcano y Chacón, 2010). Recoger el agua era todo un rito en la ciudad, pues era, por excelencia, el momento para para socializar. En esta época existía la figura de “aguateros”, personajes muy pobres que ofrecían el servicio de transporte de valdes de agua a domicilio, usualmente a los ciudadanos con mayores recursos, (…) régimen que no cambió mucho con el advenimiento de la independencia en 1819, ni por el tamaño ni la estructura de la ciudad, que durante las cuatro primeras décadas de la República no sufrió mayores alteraciones (Rey et al, 2010).

Los habitantes de más altos ingresos residen en áreas de mejor calidad de aire, mayores amenidades y equipamientos urbanos, están alejados de sitios degradados o contaminados y disponen de mayor seguridad ante los riesgos y amenazas naturales (Azócar et al, 2003). A principios del siglo XX, el déficit de acueductos para la ciudad es muy grande. Sin embargo, aún en el déficit, se denota un acceso diferencial a este servicio. Gran parte de la población pobre que vivía en el centro y en el sur seguía tomando el agua de las pilas públicas y tan solo el 3% de la ciudad contaba con acueducto, en contraste con el 30% de Chapinero que contaban con servicio de acueducto por tubería de hierro. Bogotá en ese entonces contaba con 18 barrios obreros cuyas condiciones de salubridad eran bastantes precarias al no contar con acueducto y alcantarillado, carecían de agua, excusados, servicios de aseo y vigilancia (Preciado et al., 2005). Además, las condiciones de hacinamiento de un gran segmento de población obrera en su mayoría condujeron a un persistente problema de salud pública. En efecto, las epidemias constituían el elemento predominante en la atención hospitalaria y en la cotidianidad de los habitantes. Las enfermedades que afectaban la población, especialmente la más pobre, eran desde fines del siglo XIX el tifo, la disentería y, hacia 1918, (Iriarte, 1988, pág. 80). La expansión urbana fortalecía una clase social burguesa que podía pagar esta necesidad y que de esta forma jalonó todo el montaje de la infraestructura necesaria para la ampliación de servicios públicos como el acueducto. Durante las diferentes administraciones de comienzos del siglo XX se realizaron mejoras al acueducto con el objetivo de ampliar el aprovisionamiento de agua; sin embargo, el acueducto siempre fue inferior a los requerimientos de la ciudad. En 1960 se destina un 0,29% del total de gastos de la empresa de acueducto y alcantarillado para la realización de estudios y diseños de alcantarillado. Colombia ocupaba el segundo lugar en Latinoamérica (después de Perú) en materia de fiebre tifoidea con 100 casos por cada 100.000 habitantes (Organización Panamericana de la salud, 1960).

En 1974 se entrega a la Empresa de Acueducto el estudio *Los catorce volúmenes del Estudio del Río Bogotá*, con un conjunto de recomendaciones sobre el crecimiento futuro

de Bogotá, el drenaje, la intercepción, el tratamiento y la disposición de las aguas negras producidas en la ciudad. Este estudio presenta además un análisis de los embalses, un plan de mejoramientos en el río Bogotá y sus afluentes, la situación de la agricultura y el riego en la sabana de Bogotá, entre otros. Sobre este documento, Preciado et al. (2005) comentan:

> Un primer aspecto que es necesario destacar, es que pensaba en separar dos grandes elementos: el agua lluvia no clorada y el agua servida doméstica e industrial. Grandes extensiones de la zona occidental de la ciudad están destinadas al uso agrícola y pecuario, por lo que el agua destinada para el consumo de animales y distritos de irrigación contenía cloro, ergo, el impacto ambiental sobre estos procesos es evidente y peligroso. Desde la formulación técnica del Plan Maestro de Alcantarillado en 1962 en relación con el tratamiento de aguas servidas, solamente se ha construido la planta del Salitre (p.254).

Sin embargo, aún para la fecha de esta investigación, se encuentra que, de los grandes cuerpos de agua de la ciudad, solo el río Torca recibe las aguas servidas a través de alcantarillado diferenciado entre aguas residuales y aguas lluvias. De resto, los otros cuerpos de agua reciben aguas de las dos fuentes.

La historia de los sistemas de transporte en Bogotá se caracteriza por decisiones de orden político en función de grupos económicos, las cuales tuvieron repercusiones serias en la calidad ambiental de la ciudad. En 1961 se adopta un Plan Vial por medio del acuerdo 38 de ese mismo año, resultado de un estudio del Departamento de Planificación hecho entre 1959 y 1969. Su objetivo esencial era determinar, organizar y normalizar las zonas de uso público destinadas al tránsito de vehículos y peatones en la ciudad. Para financiar este plan se acude a un sistema que se aplica por primera vez en 1944 y que aún sigue vigente: el sistema de valorización. Este sistema, al igual que pasa en la actualidad, fomenta una renta diferenciada entre sur y norte de la ciudad. Las grandes obras de infraestructura valorizan la propiedad privada, y estas obras se concentran en ciertas zonas de la ciudad, lo que genera una segregación espacial y un enriquecimiento dispar por la renta del suelo.

El problema del transporte urbano es y ha sido uno de los principales responsables de la segregación ambiental en Bogotá. El desorden administrativo, la corrupción en la gestión pública, los intereses particulares sobre los de la colectividad, y la negligencia del sector de los transportadores por modernizar y hacer un transporte eficiente han llevado a la ciudad a un atraso significativo respecto a otras grandes ciudades de la región, tanto así que a la hora de hoy no se ha iniciado la construcción del metro. El final del tranvía, entre otros factores, se debe a los intereses del sector privado por hacerse del monopolio del transporte. En 1960 la Empresa Distrital de Transporte Urbano aún cubre una amplia zona de la zona céntrica de la ciudad, sin embargo, el sector privado asumió la cobertura de los sectores más periféricos con su flota a base de gasolina, empleando a la capa más pobre en condiciones lamentables. Los conductores del sector privado trabajaban bajo el

esquema de “la guerra del centavo” en el cual el salario estaba determinado por la cantidad de pasajeros que transportara, propiciando en las vías una competencia peligrosa para la ciudadanía. Existieron muchos proyectos alternativos para el sistema de transporte urbano, como aprovechar las estructuras de las vías férreas en desuso para implementar un ferrocarril metropolitano, pero el poder político de los transportadores privados frenó estas iniciativas. El consumo de gasolina para vehículos pasa de 69.178.105 galones en 1954 a 112.404.597 galones en 1960. En 1969 esa cifra llega a los 219.016.182 galones (FMC, 1988). Este incremento en el consumo del combustible fósil solo fue posible gracias al saboteo y posterior clausura del sistema de transporte férreo. El cambio de tecnología implicó un deterioro de la calidad del aire, uno de los problemas ambientales más vigentes. Sobre los efectos ambientales producidos por la actividad del transporte en el siglo XX, en el centro de la ciudad, se encuentra una elevada emisión de monóxido de carbono, elevados índices de ruido, congestión y estrés. Sobre el sistema de transporte, Preciado et al. (2005) citan algunos datos de contexto:

> En 1986 se reporta un parque automotor de 268.260 vehículos, entre privados y de servicio público; esta cifra pasa en 1990 a 340.412 vehículos, y en el año 2000 se calcula un promedio de 900.000 vehículos circulando en la ciudad -En 2015 se presenta un total de 2.148.541 vehículos matriculados en Bogotá de acuerdo a los datos emitidos por la secretaría de movilidad-. En 1990 se calcula que el 22,5% de los vehículos tienen más de veinte años (…) En un estudio de 1990, se encontró que el tráfico vehicular es la principal causa de ruido ambiental de la ciudad, esté sobrepasa los límites fijados por la resolución 08321 de 1983.

Con el acuerdo 30 de 1958 la administración distrital organiza la Empresa Distrital de Aseo. El acuerdo 75 de 1960 incorpora otros servicios a la recolección de basura, con la denominación de Empresa Distrital de Servicios Públicos EDIS. La disposición de residuos sólidos es problema de salud pública para esta época, donde se originan una serie de asentamientos “ilegales” que, lógicamente no tenían ningún tipo de acceso al manejo y recolección de los residuos sólidos, y tampoco contaban con infraestructura para el manejo de aguas residuales domésticas y pluviales (Preciado et al. 2005, p.271). La aparición de infecciones gastrointestinales en estos barrios no se hizo esperar dadas las condiciones de saneamiento en los barrios marginales. El abastecimiento de comida en los barrios populares se saldaba mediante mercados al aire libre, algunos muy conocidos como los de los barrios Egipto, Veinte de Julio, Eduardo Santos, Quiroga, Inglés entre otros; esta forma de comercialización de los alimentos promueve la proliferación de vectores que causan las infecciones gastrointestinales. En 1966 la ciudad recoge 50.000 toneladas de basura y en 1969 pasa a la cifra de 216.000 toneladas diarias (EAAB, 1977).

Los rellenos sanitarios conllevan a la población circundante a una exposición constante a factores que deterioran la calidad de vida. Estos espacios de disposición de residuos sólidos han afectado históricamente a la población del occidente y del sur de la ciudad. En 1971 funcionaban los rellenos sanitarios de El Cortijo, al noroccidente de la ciudad, en cercanías del río Juan Amarillo, y el de Gibraltar, al sur de la ciudad. El primero cuenta con

79 hectáreas y el segundo con 70 hectáreas. La producción de basura por habitante es 0,734 kg/hab/día, para un total en toda la ciudad de 1.236 ton/día (UAESP, 1999). En la década de 1980 la EDIS empieza a comprar los terrenos y diseñar los estudios para la construcción del relleno Sanitario Doña Juana, inaugurado en noviembre de 1988. El 27 de septiembre de 1997 se registró la más grande emergencia sanitaria de la ciudad, tras el derrumbe de un millón 200 mil toneladas de basuras del relleno sanitario. Al menos tres localidades del sur de Bogotá resultaron afectadas por la exposición de desechos orgánicos, químicos e industriales (El Espectador, 2017). En 1997, en el relleno sanitario se depositaban a diario entre 4.500 y 5.000 toneladas de basura, correspondientes a una población que se acercaba a los 6 millones de habitantes. Eso quiere decir que el derrumbe representaba la mitad de la cantidad de desechos que se producían en un año en Bogotá. En el 2017 el periódico de El Espectador publica una nota con los siguientes datos:

> Los afectados denunciaron enfermedades respiratorias, gastrointestinales, dolores abdominales y de cabeza, afectación en los bronquios, así como sangrado por boca y nariz. El médico Francisco Martínez, quien entonces trabajaba en el hospital de Usme, dijo dentro del proceso que por este tipo de dolencias se disparó la atención de pacientes, debido a que cada galeno recibía a diario entre 35 y 40 personas de todas las edades y todos los géneros. La Secretaría de Salud informó que entre el día de la emergencia y el 15 de diciembre de ese año realizaron 24.324 consultas en 37 barrios de la zona de influencia (…) Los habitantes de la zona impactada, que se manifestaron frente a Doña Juana, atribuyeron estos problemas a las emanaciones de gas sulfhídrico, gas metano, amoniaco y vapores de azufre, y a la presencia de plagas, que produjeron las basuras que permanecían a la intemperie.

Los efectos de este suceso aún tienen consecuencias de orden ambiental, social y legal. Este episodio es quizá una de las representaciones más evidentes de la segregación ambiental en Bogotá, donde la población del sur de la ciudad ha tenido que sentir en carne propia los impactos de actividades como el parque minero, las curtiembres y el relleno sanitario, solo por citar algunas, mientras un sector privilegiado de la ciudad goza una alta calidad ambiental urbana en el nororiente de la ciudad.

Ilustración 3-4: Panorámica del derrumbe registrado en 1997



Fuente: Moreno Barreto, Juan David (2017).

En 1973 el crecimiento urbano de la ciudad abarcaría gran parte de los suelos planos de uso agrícola de la sabana de Bogotá. De una superficie total de 125.000 hectáreas solo quedarían disponibles 49.000 hectáreas (CDM, 1973). Este crecimiento corresponde principalmente a la creación de barrios obreros. Sobre estos barrios, Preciado et al. (2005) caracteriza lo siguiente:

> Los barrios obreros muestran unos porcentajes altos de carencia de servicios públicos de saneamiento, lo cual conllevó a la apropiación ilegal de los recursos naturales que el entorno brindaba en aquel periodo (…) amplios sectores de barrios marginados han empleado la madera como leña para cocina y han explotado las fuentes de agua naturales para suplir las necesidades, sin tener acceso a la potabilización básica para prevenir enfermedades y epidemias. En 1973 la ciudad abarca 13.985 hectáreas, esa cifra pasa a 22.272 en 1985 y a 30.110 hectáreas en el año 1999. La frontera urbana se va ampliando en forma acelerada. Sin embargo, la presión por el suelo urbanizable es la variable fundamental para entender los procesos de expansión urbana, la subsiguiente degradación ambiental del entorno de la ciudad y la pobreza persistente urbana como consecuencia directa de esta problemática. Un efecto conexo con el crecimiento urbano es el impacto a los humedales con el vertimiento de aguas residuales domésticas y de residuos sólidos, que han afectado de manera directa el ecosistema. La localidad de Suba,

> donde se encuentra el Juan Amarillo, se ha caracterizado por la acción permanente de urbanizadores piratas, y esto ha conllevado la pérdida de territorios, también una baja calidad de vida y de pobreza urbana que han afectado directamente el humedal.

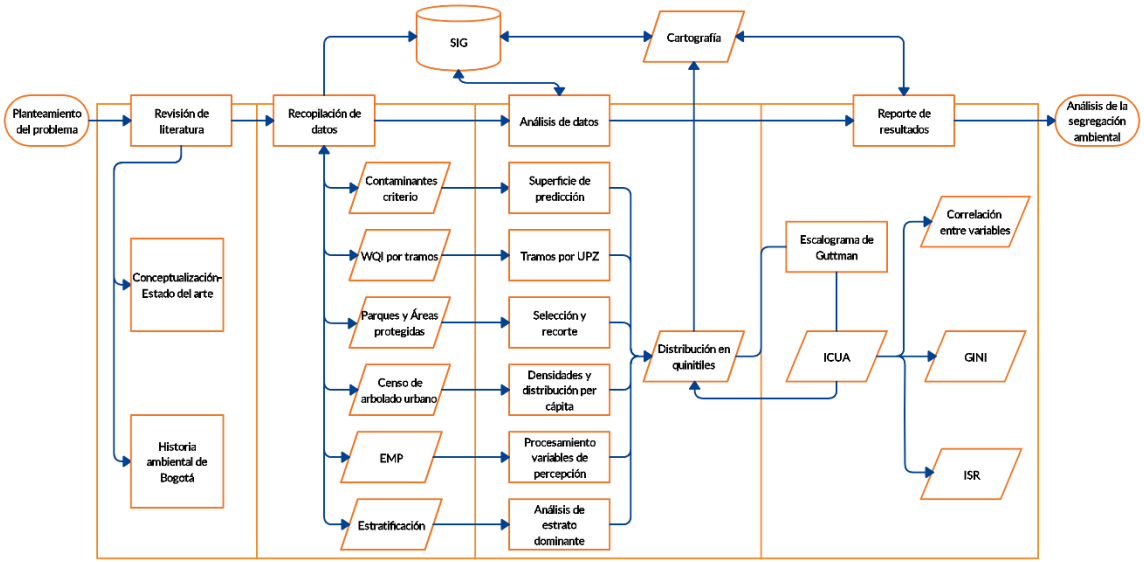
Para la década de 1980 existe un déficit de distribución de agua para cerca de 2,5 millones de habitantes, de los cuales unos 700.000 habitantes carecían completamente del servicio. (EAAB, 1997). “En 1993 119.753 hogares no cuentan con el servicio de alcantarillado (…) este atraso se concentra en los desarrollos urbanos en la ladera y en la periferia sur de la ciudad, donde es técnicamente difícil garantizar la prestación del servicio” (Preciado et al. p.318). El cinturón industrial en el sector Bogotá – Soacha es quien genera la mayor carga contaminante industrial y doméstica del país, con un aporte de 324,4 toneladas de DBO/DÍA, descarga aguas residuales, agrícolas, pesqueras, pecuarias, domésticas e industriales (Contraloría de Santa Fe de Bogotá, 1998).

Las canteras ubicadas en los cerros orientales a la altura de la calle 127 son sometidas a extracción de forma inadecuada. La amenaza por la explotación indebida de canteras y demás actividades conexas son fuente de casi el 50% de las emergencias que se presentan en los cerros orientales. Además, los asentamientos ilegales de la zona utilizan los cursos de agua para disponer basuras y aguas residuales, afectando la calidad de sus aguas y la salud de los habitantes de las faldas de los cerros. Los sectores más degradados están situados entre las calles 122 y 134, 155 y 174, y sobre el sector de El Codito (calles 178 a 190), y en el sector suroriental de la ciudad (Contraloría de Santa Fe de Bogotá, 1998). Los problemas asociados a este tipo de industria son: erosión hídrica, alteración y desestabilización del suelo, destrucción de la flora, extinción de la fauna, con consecuencias de sedimentación, carcavamiento del terreno, aumento del riesgo geotécnico, taponamiento de vías, daños en las redes de servicios, inundaciones en los asentamientos de la parte baja, contaminación hídrica, visual y auditiva, además de la alteración del paisaje. El riesgo al que se expone la población que reside cerca a estas canteras es muy alto; sin embargo, la percepción al mismo no se hace tan evidente a los ojos de la población afectada; como señala Douglas (1986) las nociones sobre el riesgo son construcciones culturales que enfatizan algunos aspectos del peligro e ignoran otros, creando una cultura del riesgo que varía según la posición social de los actores. Es así como, la inequidad en la distribución de la riqueza, del conocimiento y del acceso a la información y servicios son factores claves que determinan el que un grupo social centre su atención en determinadas amenazas, invisibilizando otras.

4. Metodología

La actividad investigativa parte del cuestionamiento ¿existe segregación ambiental en la ciudad de Bogotá? Para abordar una respuesta aproximada, se propone una metodología constituida en 5 fases: I) Planteamiento del problema; II) Revisión de literatura, III) Recopilación de datos; IV) Análisis de datos; y V) Reporte de resultados.

Ilustración 4-1: Diagrama de metodología



Fuente: Elaboración propia

La aproximación conceptual de la segregación ambiental nos permite entender este fenómeno como proceso social que se consolida históricamente en el marco de unas contradictorias relaciones entre los seres humanos que se expresan también como problemáticas y conflictividades de orden ambiental, de allí que, la aproximación a su análisis requiera realizar una revisión de los actores y mecanismos que han profundizado una tendencia segregadora en la capital del país, proceso que se desarrolla en la fase 2 (revisión de literatura).

Para la fase 3 (recopilación de datos) se seleccionaron dos tipos de variables: las primeras de orden cuantitativo, donde por medio de diferentes parámetros de fácil medición se identifica el estado de la variable comparándola con valores de referencia. En esta categoría se ubican: la calidad del aire, analizada en términos del índice de calidad del aire ICA; la calidad del agua, medida en términos de WQI; el arbolado urbano, que se vincula con variables demográficas al analizarse en términos de numero de árboles por habitante; y, finalmente, el espacio verde, entendido como la presencia de parques y otros espacios naturales (aunque con grados de intervención) que hacen parte de la estructura ecológica principal y se consideran suelo de protección, esto se analiza por medio del parámetro de referencia área de espacio verde (m^2) por habitante. El segundo grupo de variables son las de percepción, que no son exclusivamente cualitativas pero que debido a la disponibilidad de información existente conllevan a otro tipo de herramientas para su incorporación en el análisis, esta situación se presenta, por ejemplo, con la variable ruido, ya que no se dispone de mapas de ruido para toda la ciudad e intentar generarla a partir de la recolección de múltiples monitoreos de ruido de una misma temporalidad desbordarían la capacidad del presente trabajo; en este grupo también se incluyen: los olores ofensivos; y, por último, la presencia de insectos, roedores y animales molestos, también por medio de la revisión de la percepción de los habitantes de las UPZ.

Es preciso resaltar la ausencia de la variable *Amenazas* y *Riesgos,* ya que inicialmente se usaron para la elaboración del SIG, sin embargo, al incorporarlas en la construcción del ICUA, se evidenció que en la escala de UPZ la homogenización de estas variables resultaba inadecuada para el análisis, puesto que las zonas de alto riesgo, principalmente de remoción en masa, se localizaban puntualmente sobre algunos barrios de estratos bajos, que se ubican al interior de UPZ con dominancia de estratos altos, lo que imposibilita representar el fenómeno de segregación. Esto es un ejemplo del problema de la escala, pues invisibiliza que muchas de las UPZ son multiestrato, es decir, tienen heterogeneidad social y física en su interior.

Las fuentes de información a las que se acudió fueron, en el caso de las variables cuantitativas, obtenidas de las instituciones de orden distrital, principalmente la Secretaría Distrital de Ambiente y la Secretaria Distrital de Planeación, así como del jardín botánico de Bogotá. Para el caso de las variables de percepción se acudió a la encuesta multipropósito del año 2017. Una explicación más detallada sobre las fuentes de información se encuentra en los subcapítulos que corresponden, cada uno, a una de las variables empleadas.

Adicionalmente, se presentan de forma transversal algunas variables de carácter sociodemográfico, que permiten generar los puentes entre la segregación socioespacial y las condiciones ambientales urbanas (analizadas por medio de las siete variables antes mencionadas), siendo estas: la población por estrato, el estrato dominante por UPZ y la población total de cada UPZ. Esta información procede de la encuesta multipropósito de Bogotá 2017.

Es importante aclarar que las siete variables seleccionadas resultan insuficientes para poder explicar bajo un criterio de completitud, en términos de un índice, la calidad del ambiente en el suelo urbano, sin embargo, este ejercicio representa una aproximación, que se torna propositiva al momento de abordar este fenómeno complejo y amplio.

Para las fases 4 y 5 (Análisis de datos y Reporte de resultados) se representa la información de cada variable agrupada en quintiles por cada UPZ o agrupación de UPZ (Ver tabla 3-1), y posteriormente, con diferentes herramientas de análisis estadístico, se construye el Índice de Calidad Urbana Ambiental ICUA.

4.1 Sobre la escala de trabajo.

La escala de trabajo se ve limitada por el detalle de la información disponible, por lo cual, un análisis en términos de una microescala que aborde manzanas o barrios no es posible para toda la Bogotá “urbana”, de modo que se debe trabajar en términos de una mesoescala que igual permite encontrar contrastes adecuados al momento de hablar de segregación. Adicionalmente, el análisis de la calidad del ambiente urbano resulta novedoso al abordarse de forma comparativa a nivel de UPZ, pues en la actualidad se cuenta con índices que no van más allá de la macro escala que representa la ciudad como unidad, este es el caso de los índices del Observatorio Ambiental de Bogotá OAB.

Del total de UPZ que se tienen en Bogotá se tuvo que realizar una generalización y trabajar con algunas unificadas, estos agrupamientos se dan teniendo en cuenta la homogeneidad y contigüidad espacial de las unidades de planeación zonal, en la encuesta multipropósito aparecen así:

Tabla 4-1: Lista de los 17 grupos de UPZ en Bogotá, para la EMP 2017.

	LOCALIDAD	AGRUPACIÓN
1	RAFAEL URIBE	Marco Fidel Suarez + San José
2	KENNEDY	Castilla + Bavaria
3	USAQUÉN	Country Club + USAQUÉN + Santa Bárbara
4	USAQUÉN	Verbenal + Paseo Los Libertadores + La Uribe
5	SUBA	La floresta + La Alhambra
6	SUBA	La Academia+ Guaymaral + San José de Bavaria
7	BARRIOS UNIDOS	Parque Salitre + Doce de Octubre
8	TEUSAQUILLO	Parque Simón Bolívar – CAN+ La Esmeralda
9	PUENTE ARANDA	Zona Industrial + Puente Aranda
10	ENGATIVA	Santa Cecilia + Álamos + Jardín Botánico
11	USME	Alfonso López + Ciudad Usme
12	USME	Parque Entrenubes + Danubio
13	FONTIBÓN	Aeropuerto Eldorado + Capellanía
14	SANTA FE	Nieves + Sagrado Corazón
15	CIUDAD BOLIVAR	Monteblanco + Tesoro + Mochuelo

16	CHAPINERO	Pardo Rubio + Chapinero
17	CHAPINERO	Chico Lago + Refugio

Fuente: (DANE, 2017)

En total se tienen 73 UPZ y 17 agrupaciones, para un total de 90 unidades de trabajo. Sin embargo, al intersecar estas unidades con el perímetro urbano, se encuentra que la numero 89 “San Isidro Patios” desaparece, por no encontrarse continuidad espacial entre la UPZ y el resto del suelo urbano, no obstante, su incorporación resulta marginal al momento de analizar toda la ciudad, de modo que en total se trabaja con 89 UPZ.

Para cada unidad de trabajo (UPZ o agrupación) se incorporan todas las variables establecidas con anterioridad, sin embargo, surge el problema de las magnitudes no comparables entre las variables. En este caso, como el interés de la investigación no es presentar la magnitud de cada variable analizada sino la forma en que esta se distribuye en el espacio entre un rango de valores registrado para relacionar con la distribución socioeconómica de la población, se genera una agrupación por quintiles. Ésta se realizó por medio de la herramienta de simbología de ArcGis *quantities*, donde se condiciona a 5 clases el número de rangos bajo el método de clasificación *Natural Breaks* (Jenks), que consiste en dividir en 5 la diferencia entre los valores máximo y mínimo en el universo de datos reportado por variable y cada rango será múltiplo de esta diferencia.

Para todas las variables el primer (1) quintil representa la peor condición de la variable: menor calidad de aire o agua, menor área de espacio verde por número de habitantes, o menor número de árboles por habitante; en el caso de los parámetros de percepción, representa la noción más desfavorable reportada por la población frente al ruido, malos olores y problemas por animales molestos. Cada variable presenta mejores condiciones al ubicarse en los quintiles mayores hasta que llega al quintil cinco (5), donde se encuentran representadas las UPZ o agrupaciones que para cada parámetro presentan la mejor condición, es decir, las que se ubican por encima del quinto múltiplo de la diferencia en el rango de datos.

Las fuentes de información de este documento fueron esencialmente instituciones públicas del Distrito, especializadas en el análisis de las variables de interés que aquí se incorporan para reflejar las condiciones del ambiente urbano.

Al tener todas las entradas de datos en términos de agrupaciones por quintiles se puede agrupar, por medio de un Índice de Calidad Urbana Ambiental (ICUA).

5. Resultados

En este capítulo se presenta el procesamiento de las variables seleccionadas para presentar una imagen aproximada sobre el estado del ambiente urbano en Bogotá, teniendo como criterio base, más que un análisis detallado de cada variable, su tendencia de distribución heterogénea en el espacio urbano de Bogotá.

5.1 Calidad del aire

Se analiza la tendencia de la calidad del aire por medio de la revisión de los contaminantes criterio, variables que son observadas por la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, en adelante RMCAB, red que opera bajo la dirección de la Secretaria Distrital de Ambiente, bajo métodos de referencia EPA. Para el tratamiento de los datos se toman los registros de 2015 a 2018, seleccionando únicamente un año a partir del análisis de los porcentajes de datos capturados y datos válidos. Para integrar adecuadamente la información aportada por cada contaminante se emplea el índice de calidad del aire, una vez identificado el ICA global para cada estación se genera por medio de métodos de interpolación una cartografía que permita analizar la variable como una continuidad espacial a partir del valor puntual de cada estación de la RMCAB. Por medio de modelamientos geoestadísticos se establecerá el método más adecuado para la interpolación según la predicción de error.

Este tratamiento de datos se hizo necesario debido a que se desconocía el contaminante crítico y, por lo tanto, el determinante de la calidad del aire, siguiendo la propuesta del índice de calidad del aire. Los índices de calidad ambiental urbana revisados en el capítulo 2 proponen, usualmente, abordar la calidad del aire a partir del PM10, sin previamente analizar la influencia que ejerce cada contaminante en la calidad del aire, en ese sentido en este apartado se revisa la concentración de emisiones por cada contaminante (de los propuestos en el ICA), encontrando que la variable de referencia para la calidad del aire es el PM2.5.

Aire: Fluido que forma la atmósfera de la Tierra, constituido por una mezcla gaseosa cuya composición normal es de por lo menos 20% de oxígeno, 77% de nitrógeno y proporciones

variables de gases inertes y vapor de agua en relación volumétrica (MINISTERIO DE AMBIENTE, 2010c).

Contaminantes: Fenómenos físicos o sustancias, o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que, solos o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de éstas (MINISTERIO DE AMBIENTE, 2010c).

CO (Monóxido de carbono): Gas inflamable, incoloro e insípido que se produce por la combustión de combustibles fósiles (MINISTERIO DE AMBIENTE, 2010c).

NO2 (Dióxido de Nitrógeno): Gas de color pardo rojizo fuertemente tóxico cuya presencia en el aire de los centros urbanos se debe a la oxidación del nitrógeno atmosférico que se utiliza en los procesos de combustión en los vehículos y fábricas (MINISTERIO DE AMBIENTE, 2010c)

O3 (Ozono): Gas azul pálido que, en las capas bajas de la atmósfera, se origina como consecuencia de las reacciones entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos (gases compuestos de carbono e hidrógeno principalmente) en presencia de la luz solar (MINISTERIO DE AMBIENTE, 2010c).

PM10 (Material Particulado Menor a 10 Micras): Material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrómetros nominales (MINISTERIO DE AMBIENTE, 2010c).

PM2.5 (Material Particulado Menor a 2,5 Micras): Material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 2,5 micrómetros nominales (MINISTERIO DE AMBIENTE, 2010c).

SO2 (Dióxido de Azufre): Gas incoloro, no inflamable que posee un fuerte olor en altas concentraciones (MINISTERIO DE AMBIENTE, 2010c).

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA: es la presencia de sustancias en la atmósfera en altas concentraciones, en un tiempo determinado, como resultado de actividades humanas o procesos naturales, que pueden ocasionar daños a la salud de las personas o al ambiente (MINISTERIO DE AMBIENTE, 2010a).

Tabla 5-1: Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio

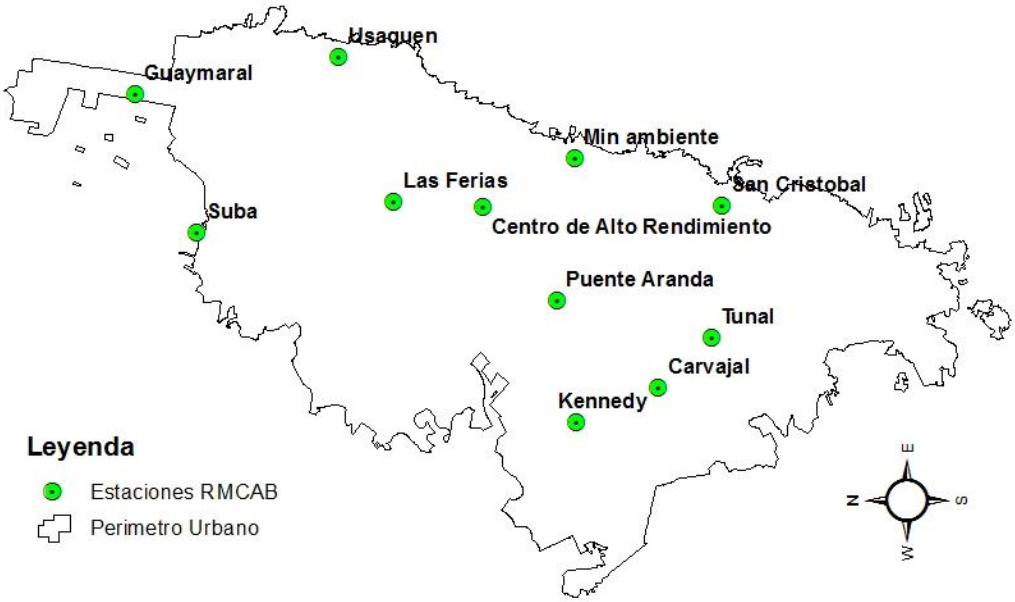
Contaminante	Nivel máximo permisible (µg/m3)	Tiempo de exposición
PM 10	50	Anual
	75	24 horas
PM 2.5	25	Anual
	37	24 horas
SO2	50	Anual
	100	24 horas
NO2	60	Anual
	200	24 horas
O3	100	8 horas
CO	5.000	8 horas
	35.000	1 hora

Nota: Modificado de articulo 2 resolución 2254 (Ministerio de ambiente, 2017)

Las variables que se emplean para el presente documento se basan en la posibilidad de tener suficientes datos que permitan la interpolación de los mismos en el área de estudio (suelo urbano de Bogotá, según POT 2004), por lo cual la variable partículas suspendidas totales PST debe ser despreciada en el análisis, pues esta variable sólo se mide cuando hay incumplimiento de los valores máximos permisibles establecidos en la resolución 610 de 2010, siguiendo lo planteado en el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire del MADS, se excluyen del presente análisis los contaminantes no convencionales y los contaminantes generadores de olores.

La Secretaría Distrital de Ambiente, responsable de la operación de la RMCAB, notifica que para el caso de la estación Bolivia ópera sólo como estación meteorológica con los parámetros: velocidad del viento (m/s), dirección del viento (grados) y precipitación (mm). Para el caso de la Estación Fontibón se debe tener en cuenta que se ubicó en la Carrera 96 G # 17 B – 49, sede de la empresa Hilanderías Fontibón hasta el 2014 y dado que esta empresa cesó actividades se tuvo que retirar la estación por falta de seguridad y suministro eléctrico para operar, por lo que hasta julio de 2017 se retomaron las mediciones en esta localidad en la Cr 104 No 20 C 31 Unidad Médica Hospitalaria Fontibón – UMHE. Por lo anterior, estas estaciones no se tendrán en cuenta en el análisis de la calidad del aíre, adicionalmente, en el repositorio de los datos de la RMCAB no se cuenta con información de la estación “Bolivia” por lo que tampoco se incluirá en el análisis, así mismo, la estación móvil dada su motilidad no puede integrarse al análisis pues impide su procesamiento en la interpolación.

Ilustración 5-1: Localización estaciones de la RMCAB



Nota: Elaboración propia, con base en SDA, 2013

Tabla 5-2: Ubicación estaciones RMCAB

Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Localidad	dirección	Tipo de zona	Tipo de estación
Guaymaral	4°47'1.52"N	74°2'39.06"W	2580 m	Suba	Autopista Norte # 205-59	Suburbana	De fondo
Usaquén	4°42'37.26"N	74°1'49.50"W	2570 m	Usaquén	Carrera 7B Bis # 132-11	Urbana	De fondo
Suba	4°45'40.49"N	74° 5'36.46"W	2571 m	Suba	Carrera 111 # 159A-61	Suburbana	De fondo
Bolivia	4°44'9.12"N	74°7'33.18"W	2574 m	Engativá	Avenida Calle 80 # 121-98	Suburbana	De fondo
Las Ferias	4°41'26.52"N	74°4'56.94"W	2552 m	Engativá	Avenida Calle 80 # 69Q-50	Urbana	De tráfico
P. Simón Bolívar	4°39'30.48"N	74°5'2.28"W	2577 m	Barrios Unidos	Calle 63 # 59A-06	Urbana	De fondo
Sagrado Corazón	4°37'31.75"N	74°4'1.13"W	2621 m	Santa Fe	Calle 37 # 8-40	Urbana	De tráfico
Fontibón	4°40'12.36"N	74 8'29.58"W	2591 m	Fontibón	Carrera 96G # 17B-49	Urbana	Industrial
Puente Aranda	4°37'54.36"N	74°7'2.94"W	2590 m	Puente Aranda	Calle 10 # 65-28	Urbana	Industrial
Kennedy	4°37'30.18"N	74°9'40.80"W	2580 m	Kennedy	Carrera 80 # 40-55 sur	Urbana	De fondo

Carvajal	4°35'44.22"N	74°8'54.90"W	2563 m	Kennedy	Autopista Sur # 63-40	Urbana	Tráfico Industrial
Tunal	4°34'34.41"N	74°7'51.44"W	2589 m	Tunjuelito	Carrera 24 # 49-86 sur	Urbana	De fondo
San Cristóbal	4°34'21.19"N	74°5'1.73"W	2688 m	San Cristóbal	Carrera 2 Este # 12-78 sur	Urbana	De fondo
Móvil	---	---	---	---	---	---	---

Nota: Recuperado de SDA, 2013.

5.1.1 Selección de datos

Para el análisis de la calidad del aire en el suelo urbano de Bogotá, se revisó qué contaminantes criterio habían sido monitoreados por cada estación, de los seis contaminantes de interés para la presente investigación se encuentra, como se puede apreciar en la Tabla 5-3, que el índice de calidad del aire AQI (por sus siglas en inglés) solo podía generarse en 5 de las 11 estaciones que se tuvieron en cuenta, pues los contaminantes NO_2, CO y SO_2 no se presentan en todas las estaciones.

Tabla 5-3: Características de medición de las estaciones RMCAB

Características de medición estaciones RMCAB					Contaminantes					
Estación	Localización toma muestra	Altura del			PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	NO_2	CO	SO_2
		suelo	muestra al suelo	viento al suelo						
Carvajal - Sevillana	Azotea	3 m	6 m	13 m	X	X	X	X	X	X
Centro de Alto Rendimiento	Zona Verde	0 m	4.6 m	10 m	X	X	X	X	X	X
Guaymaral	Zona Verde	0 m	4 m	10 m	X	X	X	X		
Kennedy	Zona Verde	3 m	7 m	10 m	X	X	X	X	X	X
Las Ferias	Zona Verde	0 m	4.6 m	10 m	X	X	X	X	X	X
Min Ambiente	Azotea	15 m	18 m	19 m	X	X	X			
Puente Aranda	Azotea	10 m	13 m	20 m	X	X	X	X	X	X
San Cristóbal	Zona Verde	0 m	4 m	10 m	X	X	X		X	X
Suba	Azotea	6 m	9 m	10 m	X	X	X			X
Tunal	Zona Verde	0 m	3 m	10 m	X	X	X	X		X
Usaquén	Azotea	10 m	13 m	19 m	X	X	X		X	

Nota: Modificado de SDA, 2013.

De la RMCAB se descargaron los datos con frecuencia de tiempo de 24 horas en archivos diferentes para cada año, al realizar su revisión preliminar se eliminaron los parámetros velocidad del viento, dirección del viento, temperatura, precipitación, humedad, UV, radiación solar y presión barométrica, por lo cual se desprecian las variaciones que puedan generar las condiciones meteorológicas suponiendo comportamientos iguales para periodos lluviosos y secos, así mismo, el parámetro climático presión barométrica se desprecia pues este es empleado principalmente para la calibración de los instrumentos de medición. Se suprimieron los datos atípicos de todas las estaciones, entendidos como aquellos con valores negativos y magnitudes incoherentes como por ejemplo “9.999” (encontrando como total de datos atípicos en cada año: 162 de un total de 19.633 datos en el 2018, 15 de 20.762 en el 2017, 9 de 19.842 en 2016 y 3 de 22.913 en 2015).

Además de reducir el número de variables a analizar, limitándolas a los seis contaminantes con los cuales se puede obtener el índice de calidad del aire, se revisaron también las brechas de datos, entendidas como aquellos datos no contemplados por fallas, perdidas de luz, calibración, etc. (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008). Aunque existen técnicas estadísticas para suplir las brechas de datos como regresión lineal, ajuste de curvas, análisis de tendencias, filtrado selectivo de frecuencias, entre otras (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010b) no se emplean en el presente documento, por lo que se limita a tomar el intervalo de tiempo (año) con menores brechas entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de diciembre del 2018, teniendo en cuenta que el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire indica que en los reportes se deben descartar los periodos en que los datos faltantes sean iguales o superiores al 25% del total de datos que se debieron tomar.

Tabla 5-4: Porcentaje de datos capturados por estación y parámetro de 2015-2018

Estación RMCAB	PM10	PM2.5	SO_2	NO_2	O_3	CO	PM10	PM2.5	SO_2	NO_2	O_3	CO
	2015						2016					
Carvajal - Sevillana	95	92	65	92	91	93	85	56	33	22	30	35
CDAR	95	95	89	84	86	84	92	98	95	98	87	96
Guaymaral	96	93		90	93		88	83		66	93	
Kennedy	98	97	84	58	86	75	86	87	87	11	81	85
Las Ferias	90	79	53	85	92	62	94	85	0	38	36	70
Min Ambiente	99	98			58		96	96			92	
Puente Aranda	93	0	96	95	90	94	96	22	99	98	93	89
San Cristóbal	95	90	88	0	92	95	88	80	78	0	79	18
Suba	88	88	71		66		79	65	42		61	
Tunal	97	97	28	94	98		86	96	0	80	76	

Usaquén	93	82	0		94	73	92	93	0		94	0
Promedio	94,4	82,9	63,9	74,6	86	82,2	89,3	78,2	48,1	51,5	74,8	56,1
Estación RMCAB	2017						2018					
	PM10	PM2.5	SO2	NO2	O3	CO	PM10	PM2.5	SO2	NO2	O3	CO
Carvajal - Sevillana	89	97	90	45	88	84	87	91	64	84	84	86
CDAR	86	62	88	90	29	88	89	90	82	81	19	91
Guaymaral	95	88		41	80		89	80		76	75	
Kennedy	95	93	93	75	83	91	85	89	51	58	61	84
Las Ferias	87	85	0	56	92	78	91	83	0	27	78	90
Min Ambiente	83	80			87		79	77			77	
Puente Aranda	98	83	97	93	73	86	96	86	99	92	73	90
San Cristóbal	87	91	45	0	90	0	97	94	0	0	64	0
Suba	84	94	95		95		95	97	81		90	
Tunal	95	97	34	84	97		97	88	95	65	68	
Usaquén	87	84	0		87	24	92	95	11		98	81
Promedio	89,6	86,7	60,2	60,6	81,9	64,3	90,6	88,3	53,8	60,2	71,4	74,6

Nota: Elaboración propia con datos de RMCAB 2015-2018.

De los cuatro años revisados, según se puede ver en la Tabla 5-4, el 2015 es el más completo en lo que respecta al porcentaje de captura de datos para cinco de los seis parámetros analizados (resaltados en verde), siendo la excepción el PM2.5 que tiene 5,4% menos datos capturados respecto al año 2018 (el de mayor % de datos capturados) esto debido a que es el único año en el que no se midió ni un sólo día el PM2.5 en la estación Puente Aranda (resaltado en amarillo), no obstante PM2.5 es un parámetro que cuenta con una brecha de datos menor al 25%. Por el contrario, el contaminante SO_2 presenta menos del 75% de los datos capturados en todos los años revisados, incluso en el 2015 donde presenta el mayor porcentaje de datos capturados. SO_2 no fue analizado en la estación Usaquén hasta el 2018 donde sólo capturó el 11% de los datos, adicionalmente, en la estación de monitoreo “Las ferias” este contaminante no fue medido sino en 2015 con sólo el 53% de los datos, mientras en la estación “Tunal” sólo se capturaron el 28% de los datos. El contaminante NO_2 tampoco alcanza el mínimo de datos capturados exigido por el protocolo, no obstante, esto responde a que en la estación de monitoreo “San Cristóbal” este parámetro no fue medido en ninguno de los 4 años revisados (resaltado en gris oscuro) si excluyéramos esta estación el contaminante tendría en el total de estaciones de monitoreo restantes un promedio de captura del 85.2%.

En síntesis, se selecciona como periodo de tiempo el año 2015 y se utilizan solo 46 de los 66 valores que idealmente se podrían encontrar (en las 11 estaciones con sus 6 contaminantes criterio principales) como se detalla en la siguiente tabla, donde las celdas

vacías son aquellos parámetros donde no se cumple el criterio de representatividad temporal de al menos un 75% de datos capturados.

Tabla 5-5: Contaminantes con % de datos capturados aceptable por estación

Estación	PM10	PM2.5	SO2	NO2	O3	CO
Carvajal - Sevillana	x	x		x	x	x
CDAR	x	x	x	x	x	x
Guaymaral	x	x		x	x	
Kennedy	x	x	x		x	x
Las Ferias	x	x		x	x	
Min Ambiente	x	x				
Puente Aranda	x		x	x	x	x
San Cristóbal	x	x	x		x	x
Suba	x	x				
Tunal	x	x		x	x	x
Usaquén	x	x			x	

Nota: Elaboración propia

Para el procesamiento geoestadístico que da lugar a la interpolación de cada variable se trabaja con el promedio anual de las concentraciones horarias, entendido como el promedio de todas las concentraciones horarias válidas de que se dispone al año por estación de vigilancia. Este promedio permite evaluar de forma indicativa el comportamiento anual del contaminante (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010a). En la Tabla 5-6 se presentan los promedios anuales para el año seleccionado 2015, donde además se relaciona la desviación estándar de los datos. Resaltado en rojo se presentan los datos que no cumplieron el criterio de selección por suficiencia de datos. En la estación San Cristóbal, donde el contaminante SO_2 tiene suficientes datos capturados, se debe tener en cuenta que solo se presentan valores diarios y no horarios, por ello se resalta en amarillo.

Tabla 5-6: Promedio anual de contaminantes criterio

Estación	PM10		PM2.5		SO2		NO2		O3		CO	
	µg/m3		µg/m3		ppb		ppb		ppb		ppm	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
Carvajal - Sevillana	86,3	25,5	30,6	8,8	4,3	2,0	27,9	7,9	7,7	3,2	1,2	0,3
CDAR	28,0	16,1	16,8	9,5	1,2	1,1	17,2	11,2	13,1	4,9	0,6	0,3
Guaymaral	30,9	11,6	13,8	6,7			12,9	6,6	11,3	4,4		
Kennedy	66,2	21,6	27,0	9,3	2,0	2,3	13,4	5,6	11,2	4,1	0,6	0,2
Las Ferias	34,8	16,1	16,5	8,4	1,2	0,7	22,0	11,0	16,6	5,3	0,5	0,2

Min Ambiente	33,7	14,8	14,6	8,8					11,4	3,9		
Puente Aranda	52,4	20,2			1,2	1,1	17,1	9,7	8,8	4,0	0,7	0,2
San Cristóbal	25,5	17,6	8,7	5,1	0,4	0,3			15,3	6,2	0,5	0,2
Suba	47,2	13,3	21,6	8,2	3,2	2,2			10,7	4,3		
Tunal	42,8	17,6	20,9	9,5	1,2	1,0	15,0	8,7	9,9	3,7	0,3	0,1
Usaquén	29,7	13,0	12,6	6,6					23,7	8,6	0,4	0,2

Nota: Elaboración propia con datos de RMCAB, 2015.

5.1.2 Índice de calidad del aire

Como se presenta en la Tabla 5-1**:** Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio, existen diferentes tiempos de exposición para los cuales se valoran los contaminantes criterio, por lo cual debemos trabajar con los rangos temporales que plantea la norma. Sin embargo, el método para articular las diferentes variables en un indicador de la calidad del aire obliga el uso de un indicador que establezca un parámetro que unifique los contaminantes criterio, este índice puede ser el Índice de Calidad del Aire ICA. Este índice permite comparar los niveles de contaminación de calidad del aire, de las estaciones que pertenecen a un SVCA (Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire). Es un indicador de la calidad del aire diaria. El ICA corresponde a una escala numérica a la cual se le asigna un color, que a su vez tiene una relación con los efectos sobre la salud. El Índice de calidad del aire ha sido adoptado a partir del documento Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality –the Air Quality Index (AQI) documento EPA-454/B-09-001 de febrero de 2009 (MINISTERIO DE AMBIENTE, 2010b).

En el ICA se requiere para cada contaminante el cálculo de un índice parcial de contaminación. El índice global se asocia directamente al valor máximo de todos los índices parciales. Por lo cual, en el presente análisis de la calidad del aíre podemos acudir a los puntos de corte establecidos en el ICA para identificar cual es el contaminante crítico, es decir, aquel que presenta el mayor índice de contaminación y por tanto es el determinante en términos de calidad para cada estación.

Tabla 5-7: Puntos de corte del ICA

Rangos ICA	Color y categoría	O3 8h (ppm)	O3 1h (ppm)(1)	PM10 24h (µg/m3)	PM2.5 24h (µg/m3)	CO 8h (µg/m3)	SO2 1h (µg/m3)	NO2 1h (µg/m3)
0≤ ICA≤50	Buena	0 106	……	0 54	0 12	0 5094	0 93	0 100
51≤ ICA≤100	Aceptable	107 138	……	55 154	13 37	5095 10819	94 197	101 189
101≤ ICA≤150	Dañina a la salud de grupos sensibles	139 167	254 323	155 254	38 55	10820 14254	198 486	190 677
151≤ ICA≤200	Dañina a la salud	168 207	324 401	255 354	56 150	14255 17688	487 797	678 1221

201≤ ICA≤300	Muy dañina a la salud	208 393	402 794	355 424	151 250	17689 34862	798 1583	1222 2349
301≤ ICA≤500	Peligrosa	394(2)	795 1185	425 604	251 500	34863 57703	1584 2629	2350 3853

Nota: Recuperado de (Ministerio de ambiente, 2017)

(1) En general se requiere que en todas las zonas de monitoreo se reporte el ICA de ozono en 8 horas. Sin embargo, hay un pequeño número de áreas donde un ICA basado en valores de ozono de 1 hora será más precautorio. En estos casos, además de calcular el valor del índice de ozono de 8 horas, se debe calcular ICA de ozono de 1 hora y reportar el más alto de los dos.

(2) El ICA de ozono de 8 horas no será calculado para concentraciones superiores a 349 µg/m3 Para valores superiores se realiza únicamente el cálculo de ICA de ozono para 1 hora.

Los puntos de corte ICA definidos a nivel normativo, por la resolución 2254 de 2017, tienen el inconveniente de no presentar expresiones decimales entre sus intervalos de modo que estas cifras deben aproximarse.

Al revisar los valores máximos diarios presentados durante el año es posible descartar del análisis aquellos contaminantes que no puedan alcanzar concentraciones tales que se conviertan en el contaminante crítico para su estación.

Tabla 5-8: Valor máximo por tiempo de exposición de contaminantes criterio, 2015.

Contaminante Criterio	PM 10	PM2.5	SO2	CO	OZONO	OZONO	NO2
	24 h	24 h	1 h	8 h	8 h	1 h	1 h
Estación de la RMCAB	µg/m3	µg/m3	µg/m3	µg/m3	µg/m3	µg/m3	µg/m3
Carvajal - Sevillana	161,6	63,6		2370,65	58,85	84,29	124,07
Centro de Alto Rendimiento	79,2	52,2	2,61	2897,46	84,14	124,93	121,18
Guaymaral	71,6	35			62,62	97,84	75,02
Kennedy	151,7	66,1	11,25	1492,63	76,76	118,91	
Las Ferias	82,8	43			71,65	99,34	133,15
MinAmbiente	89,6	58					
Puente Aranda	102,9		3,21	2370,65	63,22	96,33	124,07
San Cristóbal	97,8	32,2	6,23	965,82	61,56	105,36	
Suba	85,7	50					
Tunal	101,6	53		1756,04	49,97	76,76	104,88
Usaquén	78,8	40,1			96,03	135,47	

Nota 1: Elaboración Propia con datos de RMCAB, 2015.

Nota 2: se convirtieron los datos para condiciones de 560 mmHg y temperatura media 13,1°C.

Al comparar los valores máximos de cada contaminante según su respectivo tiempo de exposición con relación a los puntos de corte de la
Tabla **5-7**, se encuentra que la concentración de ozono troposférico (O_3), monóxido de carbono (CO) y dióxido de azufre (SO_2) no presentan valores fuera del rango 0≤ ICA≤50, categoría buena. Por lo tanto, esos contaminantes criterio no se presentarán como contaminante crítico, debido a que otros presentan valores asociados a rangos superiores de ICA. El análisis se centrará en NO_2 para valores horarios, PM 10 y PM2.5 para valores diarios.

Tabla 5-9: ICA_p para los valores máximos de contaminante presentados en el 2015

	PM 10	PM2.5	SO2	CO	OZONO (8h)	OZONO (1h)	NO2
Carvajal - Sevillana	104	155		23	28	(1)	64
Centro de Alto Rendimiento	63	142	1	28	40	(1)	62
Guaymaral	59	96			30	(1)	37
Kennedy	99	182	6	15	36	(1)	
Las Ferias	65	115			34	(1)	69
Min Ambiente	68	159				(1)	
Puente Aranda	75		2	23	30	(1)	64
San Cristóbal	72	90	3	9	29	(1)	
Suba	66	136				(1)	
Tunal	74	144		17	24	(1)	53
Usaquén	63	107			45	(1)	

Nota 1: Elaboración propia con datos de RMCAB, 2015.

(1) No presenta concentraciones iguales o superiores a 245 µg/m^3 por lo cual no se le calcula ICA_p.

Tabla 5-10: ICA_p para valores medios anuales de concentraciones horarias e ICA_g por estación

Estación	**PM 10**	**PM2.5**	**NO2**	**ICA global**
Carvajal – Sevillana	65	87	20	87
Centro de Alto Rendimiento	26	59	12	59
Guaymaral	29	53	9	53
Kennedy	57	80		80
Las Ferias	32	58	16	58
MinAmbiente	31	54		54
Puente Aranda	48		12	48
San Cristóbal	24	67		67
Suba	44	69		69
Tunal	40	67	11	67

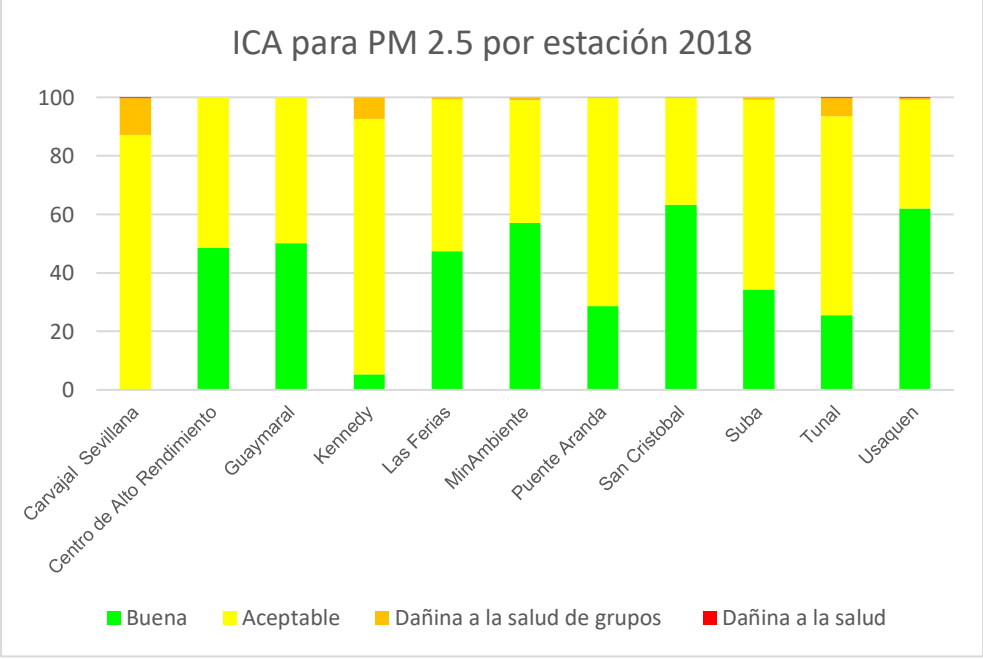
Usaquén	27	50		50

Nota: Elaboración propia con datos de RMCAB, 2015.

Al obtener el ICA global a partir del promedio anual de las concentraciones horarias (por expresar de forma indicativa el comportamiento anual del contaminante), se encuentra que en todas las estaciones el contaminante critico es PM 2.5, variable sobre la cual no se presentaron datos en el 2015 para la estación Puente Aranda, donde se podría esperar que el contaminante critico fuera igualmente PM 2.5. Por lo tanto, no se puede generar una superficie de predicción a partir de un ICA global en este año, pues ello implicaría utilizar contaminantes criterio fuente diferentes, de modo que, aun cuando la contaminación atmosférica se exprese en términos de un patrón común (ICA) este no podrá tener en cuenta la estación Puente Aranda. Al haber analizado el año con mayor porcentaje de datos e identificado que el contaminante crítico es PM 2.5 se procede a trabajar con los datos reportados para el 2018, pues en la Tabla 5-4: Porcentaje de datos capturados por estación y parámetro de 2015-2018 se encuentra que el mayor valor de datos capturados (88,3%) para este contaminante se presentan en dicho periodo.

Al revisar todos los informes mensuales de calidad del aire de Bogotá del año 2018, se encuentra que, en todos los meses según la Secretaria Distrital de Ambiente el contaminante crítico es el material particulado PM 2.5.

Gráfica 5-1: ICA para PM 2.5 por estación



Fuente: Elaboración propia.

La gráfica anterior presenta el comportamiento del ICA para los promedios móviles de las concentraciones de 24 horas de PM 2.5, observándose el predominio de la categoría

aceptable, seguido por la categoría buena, que no se presenta en la estación Carvajal Sevillana y que solo alcanza el 5,2% de los días en la estación Kennedy. A continuación, se presenta el Índice de Calidad del Aire global, con base en el contaminante critico PM 2.5, que se obtuvo como promedio de los valores ICA presentados en cada día del año 2018, pues para el presente trabajo lo esencial no es el valor reportado en el día sino la tendencia general expresada en forma indicativa para periodos más largos.

Tabla 5-11: ICA global promedio 2018

Estación	ICAg
Carvajal Sevillana	85
Centro de Alto Rendimiento	49
Guaymaral	50
Kennedy	74
Las Ferias	51
Min Ambiente	50
Puente Aranda	58
San Cristóbal	42
Suba	56
Tunal	64
Usaquén	46

Nota: Elaboración propia.

5.1.3 Análisis de datos

Para generar una superficie de predicción a partir de los datos arrojados por las estaciones de la RMCAB se emplea la interpolación, técnica que permite determinar una continuidad espacial de las diferentes variables y así poder predecir o estimar un valor muy cercano al real en un punto desconocido. Lo primero que se debe hacer es explorar el conjunto de datos para obtener una mejor comprensión de estos. Al explorar los datos, lo que se busca es localizar errores en los valores que pueden afectar la superficie de predicción de salida; examinar la distribución de los datos; buscar tendencias globales e influencias direccionales (Heyner M. Fernando Rodríguez Rodríguez, 2014).

La exploración de datos se realiza por medio de las herramientas de análisis de datos de Excel, este análisis basado principalmente en el histograma permite identificar si se presenta o no una distribución normal de los datos; de no presentarse de este modo, se deben realizar un conjunto de correcciones al modelo empleado.

Gráfica 5-2: Histograma ICA global estaciones del SVCA y Estadística descriptiva

Estadística descriptiva	
Media	56,9246822
Error típico	3,94591953
Mediana	51,4499315
Desviación estándar	13,08713451
Varianza de la muestra	171,27309
Curtosis	1,01211336
Coeficiente de asimetría	1,230049
Rango	43,799256
Mínimo	41,5530984
Máximo	85,3523544
Suma	626,171504
Cuenta	11
Nivel de confianza (95,0%)	8,7920566

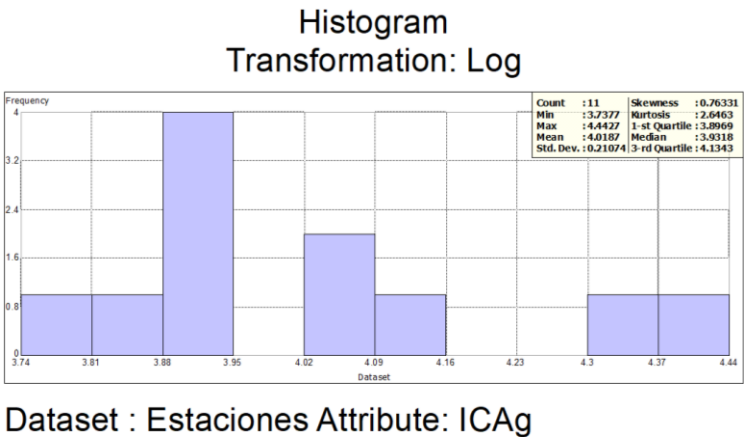
Clase	*Frecuencia*	*Clase*	*Frecuencia*
41,6	1	56,2	6
56,2	6	70,8	2
70,8	2	y mayor...	2
y mayor...	2	41,6	1



Fuente: Elaboración propia.

El atributo seleccionado para realizar el histograma es el valor promedio de los ICA globales hallados por punto de monitoreo de la calidad del aire en el 2018, en la Gráfica 5-2. El coeficiente de variación (CV=S/media*100) es 22,99%, por lo cual el conjunto de datos no es tan homogéneo (Henao, 1997). Al intentar identificar si se presenta una distribución normal, se encuentra que la diferencia entre moda, media y mediana es superior a 1, además, no es simétrica respecto a su media, pues presenta una alta asimetría positiva (skewness) y la curtosis difiere de cero, por lo tanto, no hay distribución normal de los 11 datos presentados. Se requiere realizar el ajuste logarítmico de los datos.

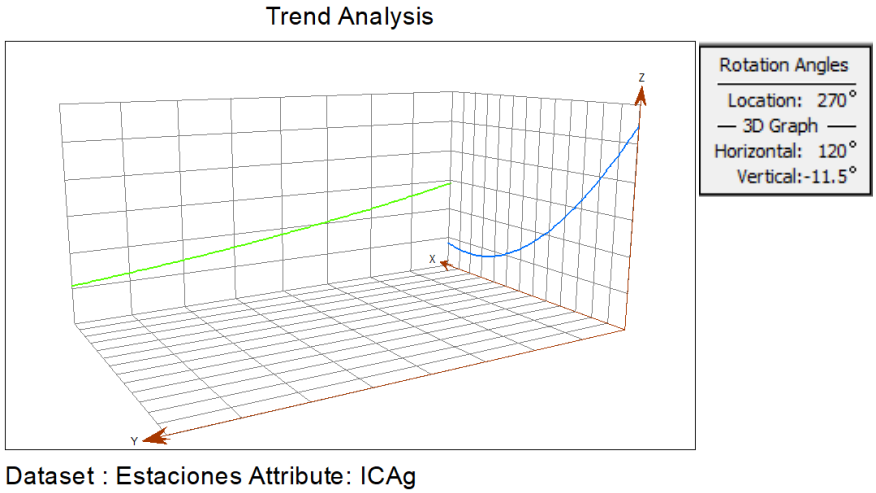
Gráfica 5-3: Histograma de la transformación logarítmica ICAg



Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el ajuste con la herramienta histogram del explore data (Geoestatiscal analyst) de ArcGIS, encontramos que la distribución se puede aceptar como normal, pues media (mean), moda y mediana (median) son muy cercanas siendo su diferencia menor a 1 y un coeficiente de sesgo (skewness) pequeño (cercano a 0,5), además el coeficiente de variación es de apenas 5,24%.

Gráfica 5-4: Análisis de tendencias direccionales



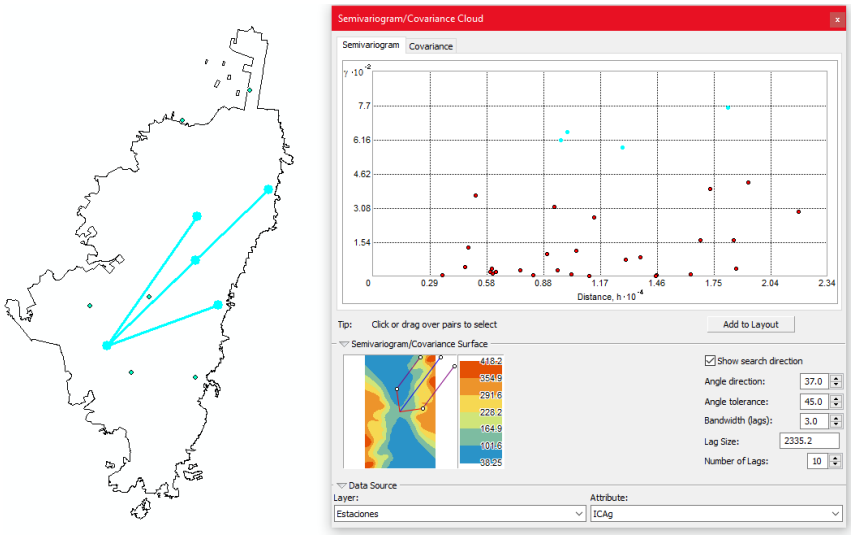
Fuente: Elaboración propia.

El plano YZ, de la línea de tendencia verde, nos indica las relaciones direccionales de la variable en el sentido Sur-Norte, con una tendencia general a la disminución hacia el norte del valor ICA. El plano XZ, por su parte expresa una fuerte tendencia creciente en el sentido oriente-occidente. Para (Heyner M. Fernando Rodríguez, 2014) la herramienta Trend Analysis también permite encontrar una tendencia global en los datos que pueda ser una representación no aleatoria del comportamiento de los datos, lo que significa que está representada por una ecuación matemática. Al buscar la tendencia global se identifica que las líneas de tendencia (azul y verde) no presentan concavidad en todos los ángulos de rotación, aunque si se evidencia en algunos de ellos como se puede observar en la Gráfica 5-4, por lo tanto, la tendencia del dominio de datos tiene una influencia direccional.

El modelado de semivariograma / covarianza es un paso clave entre la descripción y la predicción espaciales. De hecho, para (Cely, Vaca, Ipia, & Sotter, 2002) es indispensable mencionar la correlación espacial, la cual consiste en la estimación de la dependencia espacial entre los datos medidos de una variable, este proceso se hace a través de estimadores de la varianza poblacional relacionados con la dirección y la distancia, que indican como varían las dependencias espaciales existentes entre un punto de origen y otro punto a una determinada distancia, independientemente de su posición; para ello se construye el semivariograma. La función de semivarianza es la mitad del variograma γ(h) y caracteriza las propiedades de dependencia espacial del proceso. Para interpretar el

semivariograma experimental se parte del criterio de que a menor distancia entre los sitios mayor similitud o correlación espacial entre las observaciones. Por ello en presencia de autocorrelación se espera que para valores de h pequeños el semivariograma experimental tenga magnitudes menores a las que este toma cuando las distancias h se incrementan (Henao, 1997).

Gráfica 5-5: Semivariograma del ICA g



Fuente: Elaboración propia.

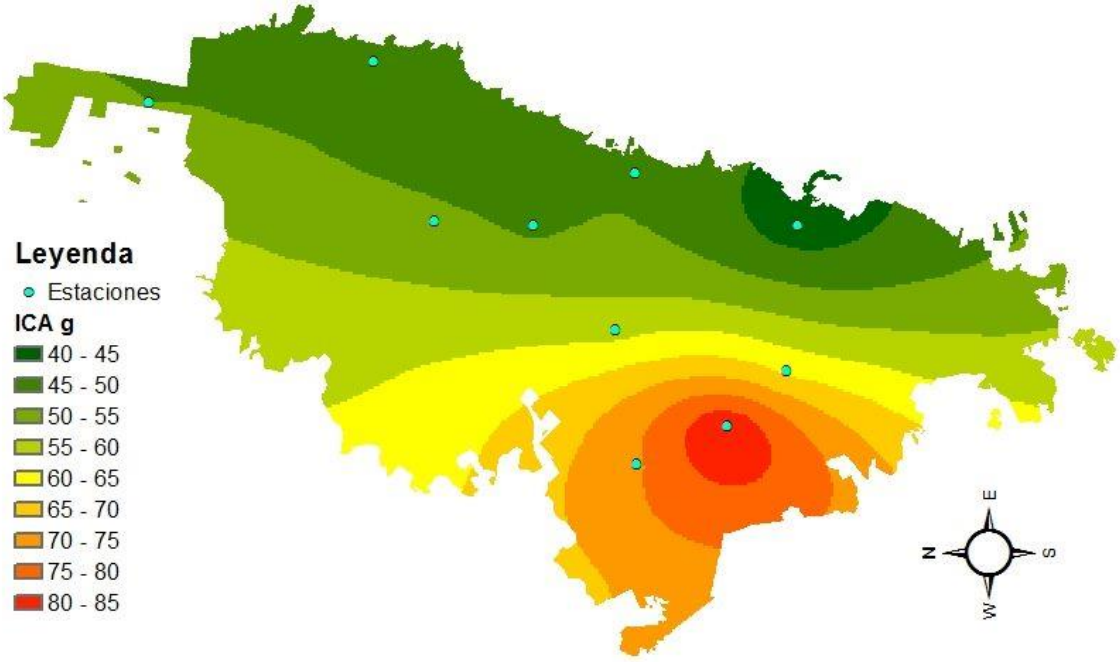
Para cada par de estaciones se revisó la relación correlación-distancia, encontrando en el semivariograma que en las diferentes direcciones se presentan valores muy variados de correlación, siendo inusualmente altos los representados por las líneas en sentido NE-SW (resaltadas en azul celeste) ya que poseen una amplia distancia (h). Esto evidencia que hay una fuerte dependencia espacial de los valores que supera la autocorrelación, es decir, cada valor ICA depende más de su ubicación, que de los valores de las demás estaciones. Este análisis indica que el modelo de interpolación debe tener en cuenta la anisotropía. Sin embargo, (Cely et al., 2002) sugieren que debido al tamaño de la muestra no se puede precisar si existe anisotropía.

5.1.4 Superficie de predicción

Con base en los parámetros arrojados por el análisis de datos se genera una superficie de predicción que estima la calidad del aire de forma continua a partir de los datos puntuales de las estaciones de monitoreo. Esta superficie se generó con el método kriging ordinario, usando una tendencia constante y ajuste logarítmico, empleando un modelo esférico, con anisotropía, y un tipo de vecindad suavizado, dando como resultado una imagen ráster a la cual se le condicionaron rangos de salida cada 5 unidades del ICA global.

La superficie generada, además de reflejar una tendencia de distribución de la calidad del aire en el espacio, permite identificar que, en Bogotá, se presentan concentraciones de contaminantes medias anuales que diferencian la ciudad en dos rangos ICA, buena en el costado oriental de la ciudad y aceptable en el costado opuesto. Se debe insistir en que estos rangos ICA son diarios y que por consiguiente no son del todo aplicables para valores medios anuales, sin embargo, si se puede afirmar que en el área acá señalada como *aceptable* se presentan durante varios días valores diarios en el rango dañino a la salud.

Ilustración 5-2: ICA global en Bogotá.



Fuente: Elaboración propia.

En la superficie de predicción se hace evidente un patrón espacial de la calidad del aire, que se podría relacionar con tres variables, que no se emplearon como datos de entrada para el análisis que arroja la superficie de predicción, pero se relacionan a continuación:

- Actividad reguladora de los ecosistemas y del arbolado urbano.
- Localización concentrada de las fuentes de emisión fija.
- Dirección media del viento.

El suelo urbano de Bogotá se ha desarrollado en una relación de impacto hacia los ecosistemas preexistentes, estos impactos, a su vez, cambian las características del entorno y la forma en la que este configura las condiciones de habitabilidad, esta interacción permanente de cambio es inherente al esquema de relación humano-naturaleza. Algunas de estas transformaciones se evidencian en el capítulo historia de la segregación ambiental en Bogotá y ubican la presente situación ambiental de la ciudad, donde la estructura ecológica principal está fuertemente determinada por los cerros

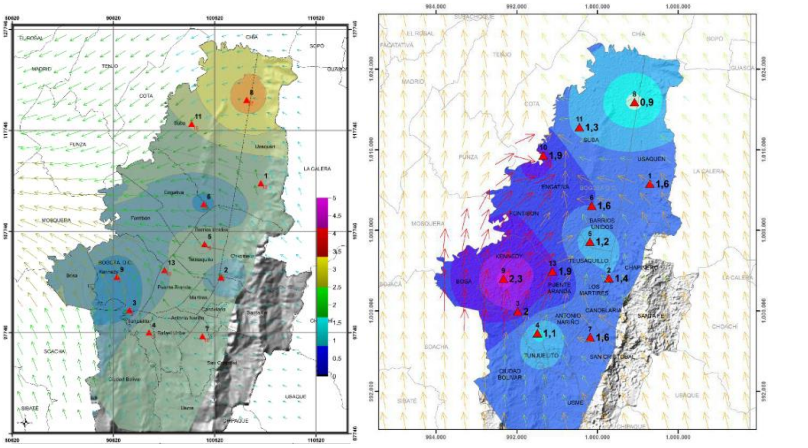
orientales, que se pueden concebir como sumidero de carbono, lo cual explica las mejores calidades del aire en Bogotá hacia el oriente. También es importante tener en cuenta que en la ciudad hay una distribución heterogénea del arbolado urbano, como se demostrará más adelante, por lo cual, se puede encontrar una mayor densidad arbórea al norte de la ciudad respecto al sur, con algunas excepciones, como en el parque Entre Nubes, esta situación es un factor más para explicar el patrón espacial con el cual se distribuyen las concentraciones de contaminantes del aire en la ciudad.

Como se puede encontrar en el inventario de emisiones provenientes de fuentes fijas y móviles, que hace parte del plan decenal de descontaminación (Secretaría Distrital de Ambiente, 2009) la localización de las fuentes fijas en la ciudad se encuentran fuertemente concentradas en el sur de la ciudad, en términos de material particulado las mayores emisiones se presentan en la localidad de Usme por sus ladrilleras con el 40% de las emisiones, seguido por Puente Aranda 17%, Fontibón 12%, Kennedy 8% y Tunjuelito 7%. Adicionalmente, las actividades industriales también muy concentradas (por la renta diferencial y de monopolio industrial) muestran cómo el 30,5% de los ductos (chimeneas industriales) plenamente identificados en Bogotá se encuentran en Puente Aranda, 25,9% en Fontibón y 24,1% en Kennedy.

En Bogotá hay un predominio de los vientos alisios del sureste, este patrón direccional propicia el flujo de la carga contaminante emitida hacia el occidente, una vez en ese sector de la ciudad el patrón tiene mayor variabilidad, vemos como, por ejemplo, en el año 2015 (imagen a) la tendencia de las corrientes de aire se mantiene con una direccionalidad predominante hacia el occidente, mientras que para el año 2017 (imagen b) se presenta una cierta variación direccional media, con la cual las corrientes de aire se mueven del sur occidente al norte, por lo cual la calidad del aire en la ciudad se ve afectada al no poder liberarse de una porción de sus emisiones trasladándolas a los municipios de la sabana occidente. Los colores presentes en las imágenes representan la magnitud de la velocidad del viento.

Ilustración 5-3: Dirección media anual del viento en Bogotá 2015 y 2017

a

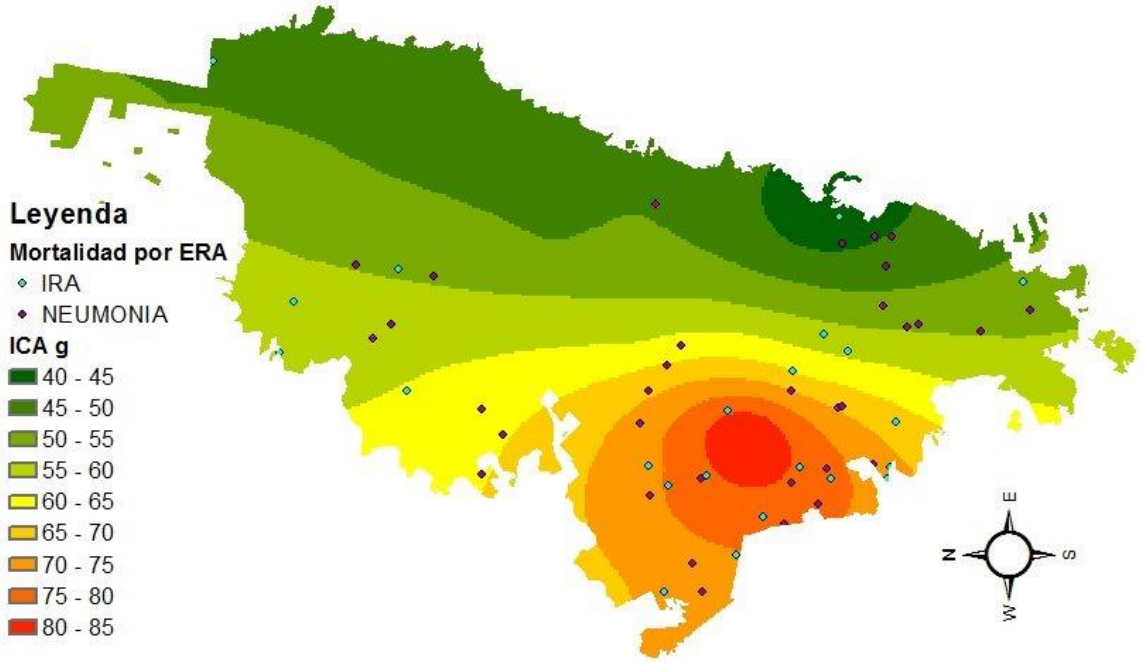


b

Fuente: (Secretaría Distrital de Ambiente, 2016) (Secretaría Distrital de Ambiente, 2018)

La compleja actividad de los ecosistemas aparece mercantilizada tras incorporarse en la estructura de rentas del suelo urbano, pues, así como la localización de la vivienda influye en los gastos de transporte que al final se traducen en una *renta diferencial de vivienda* como lo expresa (Jaramillo, 2008), también existen factores distintos que afectan el precio de las viviendas (paisajes, parques, cuerpos de agua, etcétera). Estos factores que también están presentes en la renta de monopolio de segregación, en el caso de la calidad del aire, se pueden relacionar con la salud, pues estos contaminantes se asocian según (Secretaría Distrital de Ambiente, 2017) con: déficit en la función pulmonar, alteración en el crecimiento de la función pulmonar en niños, asma, bronquitis, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), infecciones respiratorias, efectos adversos sobre el sistema cardiovascular, cáncer de pulmón y en órganos blancos diferentes al pulmón, leucemia, resultados adversos en la gestación o alteraciones en el desarrollo de los niños. Por lo cual, la menor exposición a los contaminantes del aire, generadores de afectaciones a la salud, debe ser pagada al arrendador, al constructor, o al dueño original del suelo, según sea el caso, como una parte de la renta, con ello la mayor exposición a estos contaminantes terminará afectando a la población con menor ingreso, esto se puede entender mejor cuando relacionamos la distribución de la calidad del aire en la ciudad con respecto a las muertes por enfermedades respiratorias agudas, en la siguiente ilustración se presentan los casos del año 2015, donde el 67,3% de los casos fueron de residentes en UPZ donde predominan los estratos 1 y 2.

Ilustración 5-4: ICA y mortalidad por enfermedades respiratorias agudas en el 2015

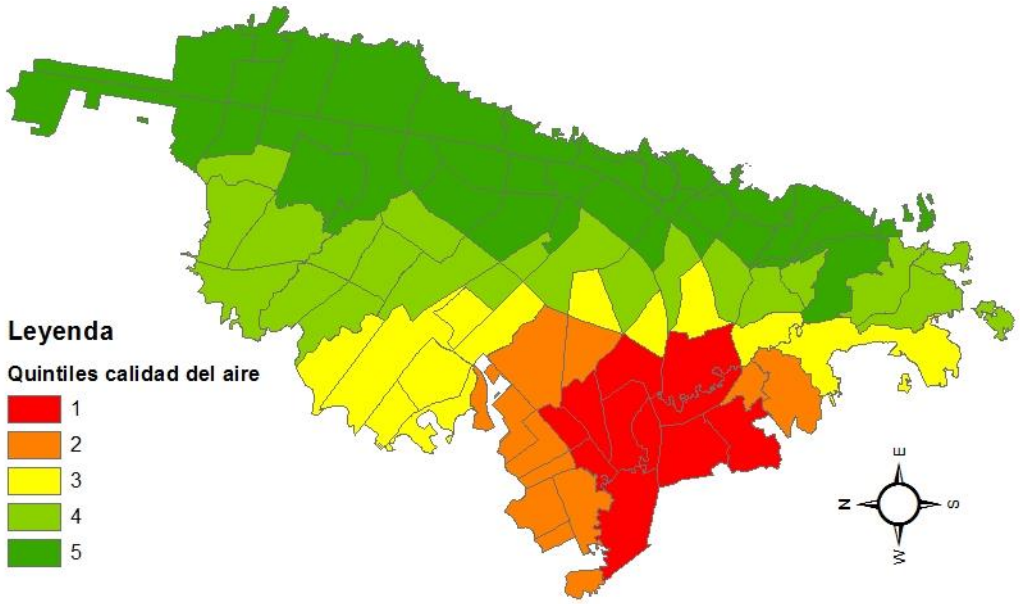


Elaboración propia con datos de Secretaria Distrital de Salud, 2015.

La imagen ráster obtenida por medio de la interpolación se organiza en 5 clases establecidos a modo de quintiles, pero estos no coinciden con los límites de las UPZ, por

lo cual, a cada unidad de planeación zonal se le atribuye el valor del quintil que tenga el área predominante, en aquellas donde se presenten 2 o más rangos (quintiles). Dando como resultado la siguiente distribución:

Ilustración 5-5: Distribución de la calidad del aire ICAg en quintiles por UPZ.



Fuente: Elaboración propia.

5.2 Calidad de aguas superficiales

La ciudad presenta una problemática generalizada de vertimientos de aguas residuales en estructuras asociadas al alcantarillado pluvial de la ciudad, lo cual está asociado a conexiones erradas (descarga de agua residual al alcantarillado pluvial) lo que deteriora considerablemente la calidad de las aguas de las corrientes y canales de la ciudad, afectando la calidad de los ríos urbanos y finalmente el río Bogotá. (SDA, 2008). Otros factores asociados a la problemática de la calidad de las aguas de la ciudad son los asentamientos en las rondas de protección de los ríos, el vertimiento directo de residuos sólidos y líquidos producto de actividades domésticas e industriales, y la ausencia de aplicación de tecnologías para el tratamiento de las aguas. Las sustancias contaminantes pueden ser de diversos tipos. La materia orgánica y biológica es uno de ellos. Se halla en las aguas fecales y en residuos de mataderos o de industrias alimenticias, como los mataderos Guadalupe y San Martín, de las localidades Tunjuelito y Fontibón respectivamente. Esta materia, al mezclarse con las aguas aumenta la actividad biológica y la demanda de oxígeno reduciendo su disponibilidad con gas disuelto, puede generar condiciones hipóxicas en el agua y con ello experimentar procesos de fermentación, putrefacción. Se producen malos olores; se reduce la calidad del agua y la afectación a la

macrofauna acuática es su primera evidencia. Las sustancias químicas y minerales, al sobrepasar ciertos niveles de concentración, se consideran otro contaminante. Suelen proceder de industrias, como las curtiembres en la localidad de Tunjuelito, o los chircales que se encuentran en San Cristóbal, Usme y Ciudad Bolívar; también de productos agrícolas como fertilizantes y herbicidas. Otro tipo de contaminación es la denominada térmica. Se debe principalmente a algunas centrales térmicas que no toman medidas adecuadas y vierten agua de refrigeración muy caliente, entonces aumenta la temperatura en las proximidades del vertido. Los fuertes cambios en la temperatura pueden generar efectos adversos para la fauna. Las aguas residuales son la principal fuente de microorganismos patógenos que se transmiten a través del ambiente y que llegan a la población especialmente a través de la contaminación del agua usada para beber, agua utilizada en cultivos de vegetales, en la preparación de comida, para lavar, en el baño o en los diversos usos recreativos, lo que puede dar paso a un conjunto de enfermedades infecciosas las cuales representan un gran riesgo para la salud de los ciudadanos. (Bofill-Mas, Casares, Giménez, de Motes Porta, Gonfa, Llop, 2005)

Para realizar el análisis espacial de esta categoría, se usó información de la Red de Calidad Hídrica de Bogotá operada por la Secretaría Distrital de Ambiente. Esta red mide y establece de manera permanente la variabilidad y el estado de la calidad del recurso hídrico superficial de la ciudad.

El programa de monitoreo de la RCHB se compone de 30 puntos de monitoreo, distribuidos así (Rodriguez Susa, Porras, Martinez, & Ramirez, 2014):

- Torca: Tramo 1 (Canal El Cedro, longitud 5.96 km); Tramo 2 (Makro 193, longitud 7.10 km.)
- Fucha: Tramo 1 (El Delirio, longitud 1.98 km); Tramo 2 (Carrera 7 Río Fucha, longitud 7.56 km); Tramo 3 (Fucha Av. de las Américas, longitud 2.74 km); Tramo 4 (Visión Colombia Zona Franca Fucha Alameda, longitud 5.03 km)
- Salitre: Tramo 1 (Parque Nacional, longitud 1.31 km); Tramo 2 (Arzobispo, Carrera 7, Carrera 30 Calle 53, longitud 2.31 km); Tramo 3 (Carrera 30 Calle 53, Carrefour Av. 68, longitud 2.70 km); Tramo 4 (Carrefour Av. 68, Transversal 91, Planta Salitre, Salitre Alameda, longitud 13.45 km)
- Tunjuelito: Tramo 1 (Regadera, longitud 1.46 km); Tramo 2 (Yomasa, Doña Juana, longitud 4.10 km); Tramo 3 (Doña Juana, Barrio México, San Benito, Makro Autopista Sur, longitud 14.16 km); Tramo 4 (Makro Autopista Sur, Transversal 86, Puente la Independencia, longitud 14.39 km)

Para las UPZ contiguas al río Bogotá se utiliza el WQI estimado en los puntos: aguas abajo río Fucha, LG Puente Cundinamarca y Aguas Abajo Engativá con datos de 2018.

La Secretaria Distrital de Ambiente, teniendo en cuenta los monitoreos realizados en cada uno de los ríos de la ciudad y las series históricas de caracterizaciones proporcionadas por la Red de Calidad Hídrica de Bogotá -RCHB, estableció que el índice más apropiado para representar de manera clara y entendible la calidad de las corrientes que atraviesan la

ciudad es el índice de calidad creado por el Consejo Canadiense del Ministerio de Ambiente CCME- Water Quality Indicator WQI. Este se calcula a partir de tres variables F1, F2 y F3, que representan diferentes aproximaciones para determinar la calidad del agua (OAB, s.f.):

- F1 (alcance): representa la cantidad de parámetros que no alcanzan los objetivos al menos una vez. Los parámetros corresponden a los que están establecidos en los objetivos de calidad que se van a evaluar. Para el caso de la Resolución 5731 de 2008 son 10 parámetros (oxígeno disuelto, pH, DBO_5, DQO, nitrógeno total, fósforo total, coliformes fecales, aceites y grasas, SST y SAAM).
- F2 (frecuencia): representa la cantidad de datos que no alcanzan los objetivos de calidad. Cuando se está calculando el WQI de un tramo pueden haber varios datos para un mismo parámetro, bien sea porque se están teniendo en cuenta varias campañas o porque un tramo tiene varios puntos de monitoreo.
- F3 (amplitud): representa la cantidad por la cual los datos no alcanzan los objetivos.

Este índice no define la calidad del agua para consumo humano. El periodo de monitoreo está comprendido entre junio y marzo. El observatorio Ambiental de Bogotá define los indicadores ambientales usados para estimar el índice de calidad del agua WQI, así:

- Carga Contaminante de Materia Orgánica (DBO5, Demanda Biológica de Oxigeno) del Sector Industrial Controlado. Este indicador mide la cantidad de oxígeno disuelto en el agua para una muestra de industrias que son objeto de control, por parte de la Secretaría Distrital de Ambiente.
- Carga Contaminante de Sólidos Suspendidos Totales, en el Sector Industrial- SSTI. Son la fracción de residuos sólidos fijos y volátiles en una muestra de aguas industriales, controladas por la Secretaría Distrital de Ambiente.
- Carga de Materia Orgánica (DBO Demanda Biológica de Oxígeno) Aportada al Río Bogotá- CDBO. Oxígeno disuelto y requerido por los organismos para la descomposición aeróbica de la materia orgánica presente en el agua. Este indicador muestra los aportes de contaminación de las tres cuencas existentes en el distrito al Río Bogotá. Las cargas de DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) se definen como el oxígeno en masa (miligramos, gramos, kilogramos, toneladas, etc.) que se requiere para degradar materia orgánica, tanto por la vía biológica como por la química, en cierto tiempo determinado, ya sean en minutos, horas, días o años.
- Carga de Sólidos Suspendidos Totales Transportados al Río Bogotá- SST. Corresponde a la cantidad de material (sólidos) que es retenido después de realizar la filtración de un volumen de agua. Es importante como indicador, porque su presencia disminuye el paso de la luz a través de agua evitando su actividad fotosintética en las corrientes, importante para la producción de oxígeno.

El SIG emplea el criterio de presencia de cuerpo de agua, de modo que, si sobre la UPZ se presenta un cuerpo de agua sobre el cual se hubiera medido WQI, se toma el valor del tramo que presente la WQI más deficiente. Existen estaciones de monitoreo de la calidad

del agua ubicadas en las intersecciones de los límites entre UPZ, en este caso se tienen en cuenta dentro de una UPZ solo si el tramo que se construye con base en esta estación toca al menos en dos puntos a la UPZ. Los quintiles construidos arrojan los siguientes rangos de datos, donde 1 es la peor condición y 5 la mejor condición respecto al WQI:

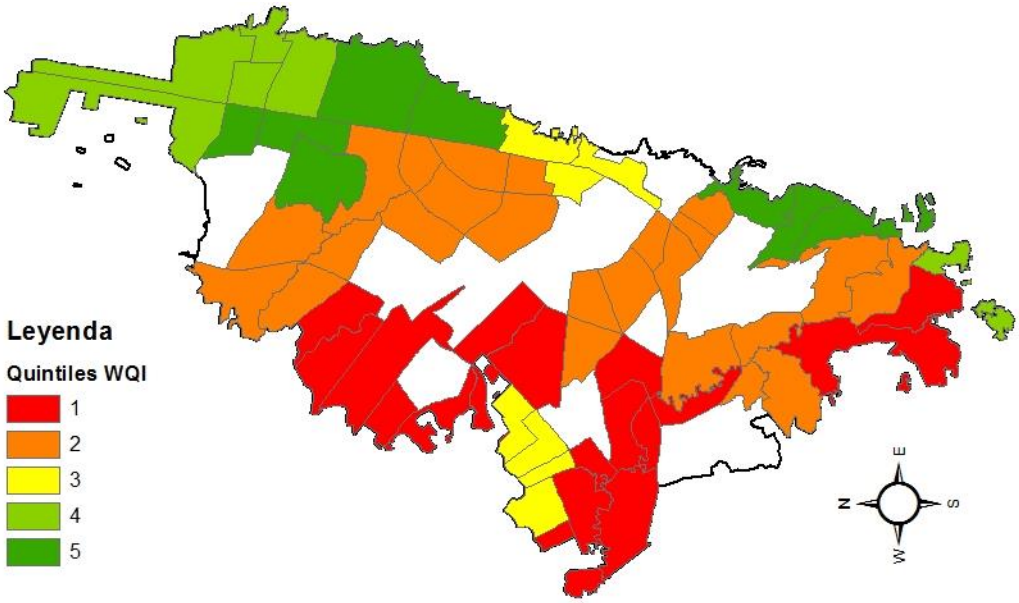
Tabla 5-12: Distribución en quintiles de la calidad del agua WQI en Bogotá.

Quintil	WQI
1	23,00 – 27,00
2	27,01 – 34,00
3	34,01 – 50,00
4	50,01 – 80,00
5	80,01 - 100

Nota: Elaboración propia.

Algo característico de las cuencas (…) es que la calidad de los tramos altos de los ríos urbanos de la ciudad, ubicados en los cerros orientales es buena al punto que los ríos ofrecen a las comunidades servicios ambientales como su uso para actividades recreacional y soporte a la vida acuática entre otros. (Salvador, Porras, Martínez, Ramírez, 2013). Se hace evidente que el suroccidente de la ciudad es el sector que más aqueja contaminación de las aguas superficiales. En contraparte, el nororiente se posiciona como un espacio privilegiado respecto a esta variable.

Ilustración 5-6: Distribución del WQI en quintiles por UPZ.



Fuente: Elaboración propia.

Cuenca Río Bogotá

El factor de deterioro de mayor magnitud en esta cuenca corresponde a los vertimientos de la ciudad de Bogotá que llegan al río por medio del sistema hídrico de Bogotá y de sus afluentes (ríos, quebradas, canales), inmersos en la ocupación urbana de la ciudad. Estos vertimientos provienen de aguas servidas del total de la población de la ciudad, conexiones erradas, vertimientos industriales, erosión de los cerros orientales y la incorrecta disposición de residuos sólidos en canales y sumideros. (SDP, 2014). Las actuales condiciones de este cuerpo de agua afectan directamente las poblaciones de las localidades Suba, Engativá, Fontibón y Bosa; y en menor medida Kennedy. En esta cuenca se evidencia contaminación por vertimientos industriales y municipales. En general se encontró que el zinc y el manganeso presentaron las mayores concentraciones promedio (0.19 mg/l y 0.13 mg/l, respectivamente), metales provenientes del sector galvánico y de pinturas; las cargas de manganeso están asociadas a la industria química y el uso de fertilizantes para cultivos de papa. (SDP, 2014).

Cuenca río Fucha

La cuenca natural del río presenta como tributarios a los ríos San Francisco y San Agustín (los cuales han perdido sus características de río dada su canalización), y a los humedales Capellanía y Meandro del Say a la altura de la localidad de Fontibón. Las redes de alcantarillado presentes en la cuenca desembocan a través de diferentes estructuras que entregan sus aguas al canal Fucha, para luego finalmente entregar al río Bogotá; de esta forma, la cuenca cuenta con tres sistemas de alcantarillado (combinado, pluvial y sanitario). La cuenca sanitaria involucrada dentro de la cuenca hidrográfica del río comprende los sistemas de alcantarillado dispuestos a lo largo de las 12 localidades por las cuales atraviesan los diferentes sistemas de redes de alcantarillado troncal y secundario existentes en la ciudad. (Salvador, et al, 2013).

Entre los factores de deterioro de la calidad del agua se identifican los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales. La contaminación por vertimientos industriales y municipales se evidencia por las altas concentraciones de plomo y cobre que superan el límite definido por normatividad, además de zinc (0.23 mg/l); este último asociado al sector productivo de metalmecánica (SDP, 2014).

Cuenca Rio Tunjuelito

La cuenca del río Tunjuelito se localiza al sur de la ciudad de Bogotá sobre la vertiente occidental de la Cordillera Oriental, abarcando las localidades de Sumapaz, Usme, Ciudad Bolívar, Rafael Uribe Uribe, San Cristóbal, Tunjuelito, Bosa y Kennedy (SDA, 2008).

Entre los factores de deterioro de la calidad del agua se encuentran los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales. Además, presenta contaminación por vertimientos industriales y municipales, evidente por la alta concentración de plomo (0.2 mg/l) proveniente de curtiembres en San Benito, así como zinc y manganeso (0.17 mg/l)

derivados de la industria de recubrimientos mecánicos y residuos de la industria extractiva y de triturados para agregados (SDP, 2014).

Cuenca Río Torca

Nace en los cerros orientales y desemboca en los humedales Torca y Guaymaral, al norte de la ciudad. Su sistema troncal de drenaje y red de alcantarillado están compuestos por sistemas separados (sistema sanitario y sistema pluvial), que permiten conducir aguas residuales a la planta de tratamiento del Salitre, y las aguas lluvia y de escorrentía superficial a los humedales Torca y Guaymaral, que luego desembocan en el río Bogotá (SDP, 2014).

Entre los factores de deterioro de la calidad del agua de la cuenca se destacan los vertimientos de aguas residuales domésticas. Por su parte, se identifican factores de contaminación por vertimientos industriales y municipales, especialmente por la alta concentración de zinc (0.23 mg/l) que supera el límite para la preservación de la vida acuática (0.18 mg/l), y de cobre (0.037 mg/l) que supera el límite permitido para su uso (0.02 mg/l). Respecto al resto de metales, no se encuentran concentraciones superiores a la normatividad de usos y calidad (SDP, 2014).

Cuenca Río Salitre

Nace en los cerros orientales, en la quebrada del Arzobispo, canalizado desde el parque Nacional hasta el humedal Juan Amarillo que desemboca en el río Bogotá. A esta cuenca pertenecen los humedales de Jaboque, Santa María del Lago, Córdoba y Juan Amarillo (SDP, 2014).

Entre los factores de deterioro de la calidad del agua de la cuenca se destacan los vertimientos de aguas residuales domésticas. Por su parte, se identifican factores de contaminación por vertimientos industriales y municipales, especialmente por la alta concentración de zinc (0.23 mg/l) que supera el límite para la preservación de la vida acuática (0.18 mg/l), de cobre (0.037 mg/l) que supera el límite permitido para su uso (0.02 mg/l). Respecto al resto de metales, no se encuentran concentraciones superiores a la normatividad de usos y calidad. (SDP, 2014)

5.3 Espacios verdes urbanos

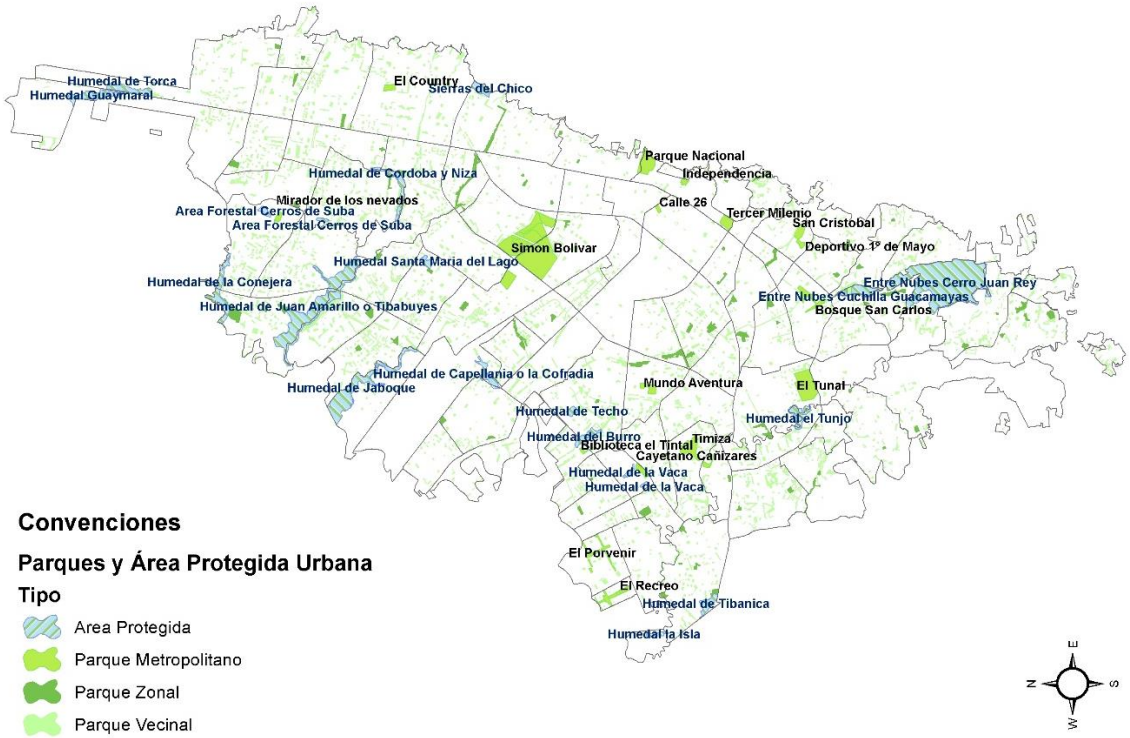
En el subcapítulo 1 *Parques distritales*, del decreto por el cual se reglamenta el plan de ordenamiento territorial de Bogotá, se define en su artículo 242 que: “los parques distritales corresponden a aquellos espacios verdes de uso colectivo que actúan como reguladores del equilibrio ambiental, son elementos representativos del patrimonio natural y garantizan el espacio libre destinado a la recreación, contemplación y ocio para todos los habitantes de la ciudad. Se organizan jerárquicamente y en forma de red para garantizar el cubrimiento de toda la ciudad, e involucran funcionalmente los principales elementos de la

estructura ecológica principal para mejorar las condiciones ambientales en todo el territorio urbano".

Los parques distritales se clasifican según el artículo 243 de la misma norma, así:

1. Parques de escala regional: Son espacios naturales de gran dimensión y altos valores ambientales, de propiedad del Distrito Capital, ubicados total o parcialmente fuera de su perímetro.
2. Parques de escala metropolitana: Son áreas libres que cubren una superficie superior a 10 hectáreas, destinadas al desarrollo de usos recreativos activos y/o pasivos y a la generación de valores paisajísticos y ambientales, cuya área de influencia abarca todo el territorio de la ciudad.
3. Parques de escala zonal: Son áreas libres, con una dimensión entre 1 a 10 hectáreas, destinadas a la satisfacción de necesidades de recreación activa de un grupo de barrios, que pueden albergar equipamiento especializado, como polideportivos, piscinas, canchas, pistas de patinaje, entre otros.
4. Parques de escala vecinal: Son áreas libres, destinadas a la recreación, la reunión y la integración de la comunidad, que cubren las necesidades de los barrios. Se les denomina genéricamente parques, zonas verdes o cesiones para parques; anteriormente se les denominaba cesiones tipo A.
5. Parques de bolsillo: Son áreas libres con una modalidad de parque de escala vecinal, que tienen un área inferior a 1.000 m2, destinada fundamentalmente a la recreación de niños y personas de la tercera edad.

Ilustración 5-7: Parques y Áreas protegidas en el suelo urbano de Bogotá D.C.



Fuente: Elaboración propia.

La información geográfica empleada en este apartado, fue obtenida de la Secretaría Distrital de Planeación (2018), para su procesamiento fue necesario realizar algunos ajustes, como: eliminar los parques y el suelo de protección (asociado a ecosistemas estratégicos) situados por fuera del perímetro urbano, por medio de la herramienta clip del software ArcGis; al verificar la dotación, extensión y funcionalidad social de los parques de bolsillo se procedió a su eliminación, con lo cual 1610 entidades poligonales fueron eliminadas, pues estas áreas no representan una amenidad significativa en términos de la calidad ambiental; los parques aún no construidos fueron eliminados, en total 14 unidades deportivas, 12 parques metropolitanos propuestos y 10 parques zonales propuestos. Hecho lo anterior, se intersecaron las capas parques y UPZ, tras lo cual con la herramienta *Merge* se obtuvieron las áreas totalizadas de los parques según su tipología (zonales, vecinales y metropolitanos) para cada UPZ.

Tabla 5-13: Porcentaje de área de parques por estrato

Estrato	Área de parques (m^2)	% Área parques	Población	m^2 de parques/habitante
1	2473994,74	9,72	810.266	3,05
2	7824180,30	30,75	3.220.104	2,43
3	8521951,49	33,49	2.807.349	3,04
4	2938069,96	11,55	604.219	4,86
5	1949189,62	7,66	204.002	9,55

6	1738964,59	6,83	148.522	11,71
Total	25446350,69	100	7.794.463	3,26

Nota: Elaboración propia con datos de SDP (excluyendo parques de bolsillo) y EMP, 2014.

Se encuentra una distribución desigual de las áreas de parques por estrato, encontrando que, si bien la mayor extensión en parques se ubica al interior de los estratos 3 y 2 respectivamente con 33,49% y 30,75% del total, es justamente allí donde la disponibilidad de estos es menor en relación con su población, es tanto así que la correlación entre el estrato y la cantidad de m^2 de parques por habitante es de 0,91 (siendo la máxima posible 1). La recomendación de la OMS frente a este indicador esta entre 10 y 15 m^2 de espacio verde por habitante, por lo cual solo el estrato 6 cumple con esta recomendación mientras de cerca se encuentra la población de estrato 5.

En la ciudad de Bogotá se presenta una estructura ecológica que incluye diversos ecosistemas de importancia ambiental con coberturas vegetales importantes, de modo que se hace necesario incorporar estos elementos al presente análisis, la suma de parques urbanos y estas áreas puede ser considerada como *espacio verde*.

Para ello se trabaja con los *shapes* entregados por la Secretaria Distrital de Planeación de Bogotá, que se referencian como suelo de protección. Excluyendo las 73 áreas protegidas de Bogotá que son rurales, las 4 en suelo de expansión (humedal del Meandro del Say, Entre Nubes cuchilla El Gavilán, área forestal corredor de restauración La Requilina y el área forestal corredor de restauración Santa Librada Bolonia). Los humedales Guaymaral y Jaboque se recortan con la herramienta clip, pues se presentan mayoritariamente en el suelo urbano, pero también en suelo rural y de expansión. Se excluyen, también, las (4) franjas de adecuación definidas por la resolución 463 de 2005 del ministerio de ambiente, pues son áreas con conflictos de uso del suelo en las que se presentan sustracciones de la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá (Resolución 76 de 1977 Min Ambiente / Resolución 463 de 2005 Min. Ambiente), pues allí se presentan 62 Barrios legalizados (contados al intersectar la capa “Barrios legalizado” con fecha de captura 14 de febrero de 2018 y la capa “franjas de adecuación”, ambas otorgadas por la SDP).

Tampoco se tiene en cuenta la ZMPA del rio Bogotá porque presenta errores topológicos con respecto al límite urbano y una gran extensión de esta se encuentra urbanizada. Los corredores ecológicos también se excluyen del análisis, pues son buffers de los canales, quebradas, ríos y zanjones del suelo urbano, que se encuentran fuertemente intervenidos, en esta categoría también se ubica el lago Timiza, sin embargo, esta área ya se encuentra contabilizada como parte del parque metropolitano Timiza.

Al unificar las capas se encontraron algunas superposiciones, en el área protegida “Entre Nubes cuchilla Guacamayas” y los parques vecinales Ayacucho sur -Las Guacamayas- San Cayetano (antes El Banco) y “urbanización Madrid”, estas se corrigieron, eliminando las áreas protegidas superpuestas, para evitar la doble contabilidad del área. Lo mismo se hizo en el caso del área protegida “Entre Nubes cerro Juan Rey”, humedal de Torca,

humedal de Juan amarillo o Tibabuyes, humedal de Jaboque, Humedal de Guaymaral, humedal del Burro, humedal de Techo, humedal de la Conejera, humedal de Capellania o la Cofradía, humedal el Tunjo y el humedal Salitre, este último se encuentra totalmente cubierto por el parque Simón Bolívar (Sectores: salitre mágico y parque deportivo el salitre).

A partir de los 3495 polígonos de parques y áreas protegidas resultantes, se obtuvo el área total de parques y áreas protegidas por UPZ, para ello se realizó el análisis de superposición entre estas capas con la herramienta Identity. Para tomar el área final se utilizó la herramienta merge.

En el procedimiento se identificó que existía un error topológico pues se presentaba una pequeña área de 1,41 m^2 entre las UPZ Tibabuyes y Suba con respecto al límite urbano, este fue obviado por su poca representatividad respecto del área total de ambas UPZ.

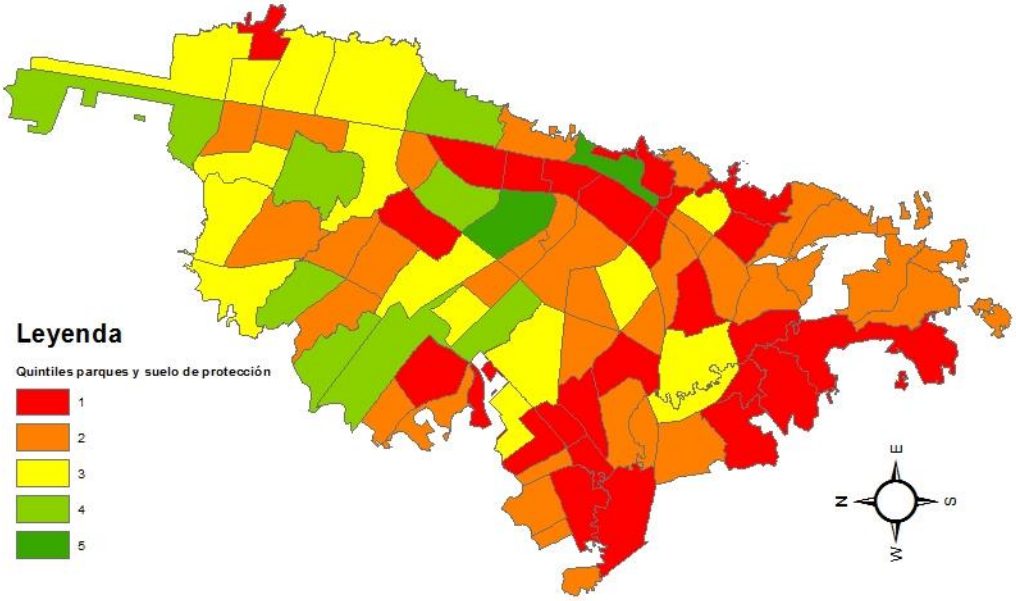
Al momento de construir los quintiles se excluyó del análisis a la UPZ Parque Entre Nubes, esto debido a que la totalidad de la UPZ es área protegida y por tanto incompatible con los usos urbanos, de allí que los asentamientos humanos presentes en la zona representan más un conflicto de uso, que de haberse obviado, hubiera conllevado a un dato atípico donde se presentarían 108,1 m^2 de espacio verde por habitante, más del doble respecto a la UPZ La Esmeralda que consecutivamente tiene el mayor valor en este indicador.

Tabla 5-14: Distribución en quintiles de espacio verde por habitante en Bogotá

Quintil	Rango área (m^2) de parques y áreas protegidas por habitante
1	0 – 2,21
2	2,22 – 4,31
3	4,32 – 7,94
4	7,95 – 15,24
5	15,25 – 50,56

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 5-8: Distribución en quintiles de los m^2 de espacio verde por habitante en quintiles por UPZ.



Fuente: Elaboración propia.

El quintil 5, en el cual se presentan los mayores valores de espacio verde por habitante, está representado por: la UPZ La Esmeralda, debido, principalmente, a la presencia del parque metropolitano Simón Bolívar; seguido por la UPZ Las Nieves, donde se encuentran los parques: nacional, tercer milenio y el parque de la independencia. En el quintil 4 se presentan algunas UPZ que cumplen con la recomendación de, al menos, 10 m^2 de espacio verde por habitante, estas son, en orden descendente: la UPZ Capellania, debido al humedal que lleva su mismo nombre; la UPZ Doce de Octubre por sus áreas del parque metropolitano Simón Bolívar; la UPZ Niza por sus abundantes parques y en particular por la presencia del humedal Córdoba; Finalmente, la UPZ Engativá, con 10,4 m^2 de espacio verde por habitante, alcanza a cumplir el criterio debido al humedal Jaboque. En contraposición el quintil 1 se compone de 27 UPZ con menos de 2,3 m^2 de espacio verde por habitante.

5.4 Arbolado urbano

La dependencia de manejo silvicultural y arbolado antiguo del jardín botánico de Bogotá ofrece el censo del arbolado urbano a corte del 13 de abril del 2018, en este se pueden hallar 1.285.454 árboles identificados por especie, con sus respectivos tipos de emplazamiento, alturas totales y coordenadas. Sin embargo, se encuentra que no todos se ubican dentro del área definida por el perímetro urbano, de modo que se recortan con la herramienta clip, como resultado se obtienen 1.266.200 árboles. Igualmente, no todos los árboles presentes dentro del perímetro urbano están representados en el censo, como se puede a preciar en la siguiente ilustración del Parque Entre Nubes y sus alrededores:

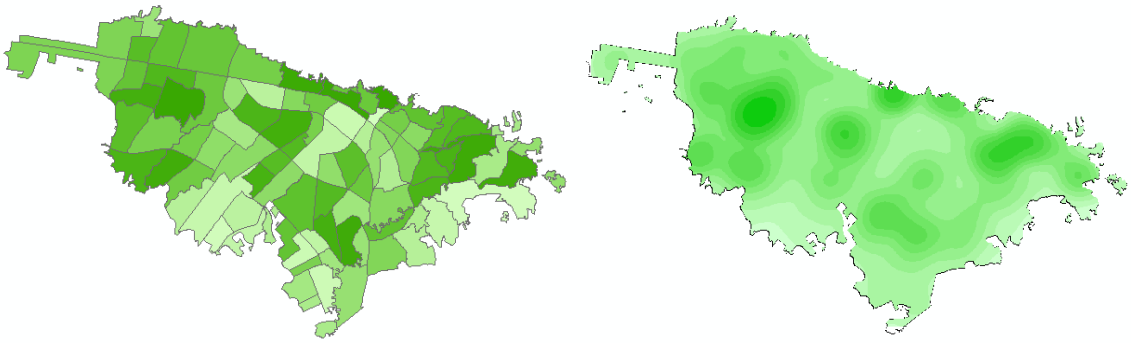
Ilustración 5-9: Insuficiencias del censo de arbolado urbano



Fuente: Elaboración propia. Imagen Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community.

Para el procesamiento de esta variable se empleó la herramienta Spatial Join del Analysis tools (*Overlay*) del programa ArcGis, con la cual se intersectan la entidad puntual con las UPZ, este procedimiento genera una columna adicional en la tabla de atributos identificada como *Join Count* en la que se obtiene un conteo del número de árboles por UPZ, al dividir este valor por el área (en hectáreas) de cada UPZ se obtiene la densidad de árboles como se puede observar en la imagen de la izquierda en la Ilustración 5-10. Sin embargo, este método indicaría que el efecto positivo de cada árbol es atribuible únicamente a la UPZ sobre la cual se ubica, por lo que excluye muchas relaciones de vecindad, por ejemplo, en el arbolado que se ubica en los límites de las unidades de planeación zonal. Otra forma de expresar el número de árboles en el espacio es por medio de la herramienta densidad de Kernel (imagen a la derecha) que expresa la densidad para una vecindad con un radio de búsqueda predefinido, en este caso de 50 metros. En los mapas presentados se puede identificar la mayor densidad de árboles por la intensidad del color verde, en este parámetro la continuidad en el espacio es mucho menor, se presentan más bien “parches” de alta densidad en medio de zonas con densidad promedio y baja; estos parches están fuertemente relacionados con parques como: Entre Nubes al sur oriente, el Parque Nacional hacia el centro de Bogotá cerca de los cerros orientales y el parque Simón Bolívar. Para el procesamiento de datos resulta más sencillo el primer método enunciado.

Ilustración 5-10: Densidad del arbolado urbano en Bogotá



Fuente: Elaboración propia.

Los indicadores de arbolado urbano se relacionan más que con la densidad de árboles con el número de árboles por habitante, la OMS recomienda que las ciudades deben tener aproximadamente un árbol por cada tres habitantes para tener un aire de mejor calidad (Londoño et al., 2017), sin embargo, esto solo se cumple en el 17% de las UPZ, en orden descendente: Las Nieves, Parque entre Nubes, La Esmeralda, Niza, Lourdes, Casa Blanca Suba, Chapinero, La Academia, Capellanía, El Refugio, Granjas de Techo, Teusaquillo, Puente Aranda, Country Club, Comuneros.

La variable árboles por persona se agrupa por quintiles, para facilitar su posterior análisis.

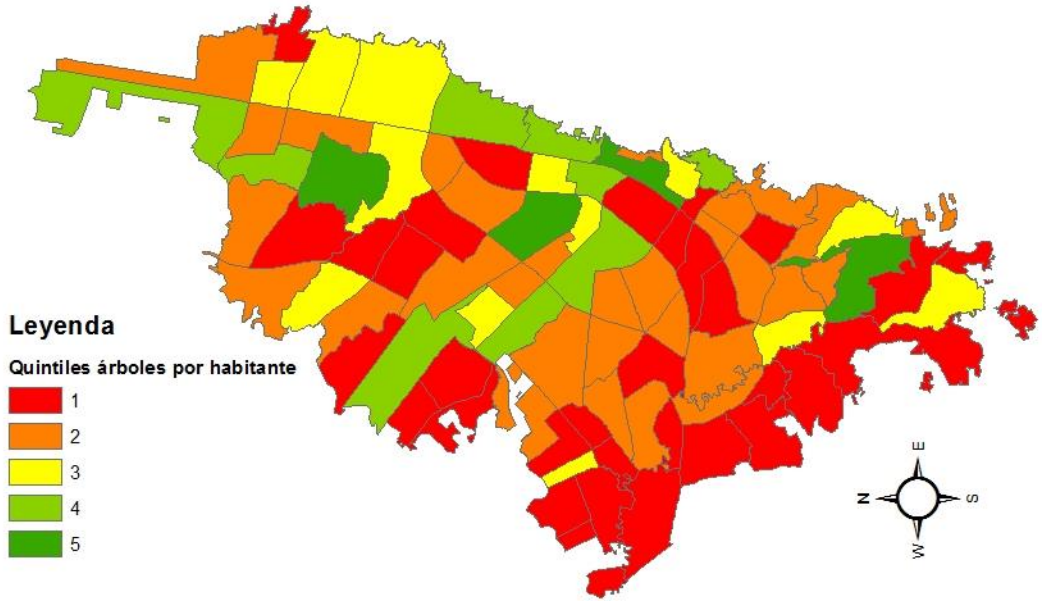
Tabla 5-15: Distribución en quintiles del número de árboles por habitante en Bogotá.

Quintil	Rango árboles por habitante (10^{-2})	Árboles por persona	
1	1,1851 – 9,9247	3 a 25 árboles cada 250 personas	0,012 – 0,01 árboles/persona
2	9,9248 – 21,4047	10 a 21 árboles cada 100 personas	0,01 – 0,21 árboles/persona
3	21,4048 – 37,3641	2,1 a 3,7 árboles cada 10 personas	0,21 – 0,37 árboles/persona
4	37,3642 – 62,9555	3,7 a 6,3 árboles cada 10 personas	0,37 – 0,63 árboles/persona
5	62,9556 – 165,65101	6,3 a 16,5 árboles por cada 10 personas	0,63 - 1,65 árboles/persona

Nota: Elaboración propia.

la recomendación de la OMS en términos de arbolado urbano indica que se debe contar, por lo menos, con un árbol por cada tres personas (0,33 árboles/persona), en la tabla anterior se puede identificar que este criterio solo se cumple cabalmente en los quintiles 4 y 5, parcialmente por las UPZ y agrupaciones con mayor arbolado del quintil 3, mientras que los quintiles 1 y 2 tienen no cumplen la recomendación.

Ilustración 5-11: Distribución de número de árboles por persona en quintiles por UPZ.



Fuente: Elaboración propia.

5.5 Variables de percepción

Como se presenta en el apartado Índices e indicadores, valorar las condiciones del ambiente urbano requiere *completitud*, es decir, que se incluyan todas las variables explicativas del fenómeno al momento de interpretarlo por medio de un índice. Esto conlleva a involucrar un conjunto más diverso de variables sin perder la capacidad de síntesis sobre las múltiples determinaciones que moldean el objeto de estudio. Adicionalmente, otro de los criterios antes mencionados es la *objetividad*, entendida como la exclusión de los juicios de valor de toda propiedad intrínseca al indicador empleado. No obstante, satisfacer estos supuestos (completitud y objetividad) implica un importante reto, causado por la disponibilidad de datos, puesto que se adolece de información "objetiva" sobre variables que aseguren la completitud, en la escala y temporalidad del presente estudio, de modo que se presenta una contradicción metodológica, pues asegurar mayor completitud implica acudir a indicadores menos objetivos y viceversa, así estos dos supuestos, dada la información disponible, parecieran antagonizar, por lo cual se debe incorporar un método que permita sopesar esta realidad.

Sin embargo, estudiar las condiciones ambientales implica un enfoque sobre lo ambiental. Partiendo del modelo "ecosistema y cultura" (Maya, 2013), es posible decir que lo ambiental requiere del estudio, tanto de los ecosistemas como de los modelos culturales. Entendiendo la cultura, desde el mismo autor, como el conjunto de la formación social (técnica, organización social y manifestaciones simbólicas). Por lo cual, el modelo de

interpretación de las condiciones del ambiente urbano no puede excluir la percepción sobre los entornos, pues hace parte de las concepciones de lo ambiental leídos desde la cultura, así el problema completitud versus objetividad se suprime, si se supera el monismo metodológico. Así mismo, para (Romero et al., 2011) la segregación ambiental se expresa también subjetivamente en la forma que los habitantes de un determinado sector aprecian y evalúan sus propios niveles de calidad ambiental y él de quiénes habitan otras áreas vecinas.

Para la totalidad del suelo urbano de Bogotá y con detalle mínimo de UPZ para la temporalidad analizada, no se encuentra cartografía temática o estudios sobre zoonosis, el último plan territorial de salud (2016-2020) tiene reportes de agresiones por mordedura de perro sin espacializar, así mismo se presentan los reportes de morbilidad por enfermedades ambientales, pero sin un detallado análisis de los vectores presentes en las UPZ, de igual manera en la Priorización por Unidades de Planeación Zonal (UPZ) por Eventos de Mortalidad Evitable no se incorpora la variable, los documentos de vigilancia ambiental y sanitaria de la Secretaria Distrital de Salud más recientes no presentan los reportes de eventos transmisibles de origen zoonótico, sino las cifras de conceptos sanitarios para establecimientos vigilados y sobre la recolección y vacunación de caninos y felinos, finalmente, la cartografía de eventos de interés en salud pública no incorpora la variable. Tampoco se encuentran mapas de ruido, ni monitoreos de ruido para todas las UPZ, solo se presentan los reportes de hipoacusias y sus persistencias. Igualmente, frente a olores ofensivos o molestos, las mediciones de la RMCAB tienen la deficiencia de no incorporar en todas sus estaciones la medición de los contaminantes que se asocian a esta problemática.

Las variables antes mencionadas tienen como única fuente de información la percepción sobre las condiciones del entorno que se han registrado por medio de encuestas a hogares. En Bogotá, el estudio más reciente y completo donde se encuentran identificadas es en la encuesta multipropósito (EMP), en este estudio macro se incorporó como objetivo: indagar sobre el grado de riesgo de la vivienda ante problemas ambientales (DANE, 2017). Estos problemas ambientales se abordan a través de la pregunta 15 del capítulo B de la encuesta, así: ¿Cuáles de los siguientes problemas presenta el sector donde está ubicada su vivienda?: 1. Ruido, 2. Exceso de anuncios publicitarios, 3. Inseguridad, 4. Contaminación del aire, 5. Malos olores, 6. Generación y manejo inadecuado de las basuras, 7. Invasión de espacio público, 8. Presencia de insectos, roedores o animales que causen molestia; las respuestas posibles son Sí o No. Adicionalmente la EMP ofrece un estimado del total poblacional por UPZ.

Los problemas de entorno abordados en la EMP aportan a la comprensión de las condiciones ambientales del suelo urbano de Bogotá, en el presente trabajo se incorporan las variables: ruido, olores ofensivos y presencia de insectos, roedores o animales molestos. Estas variables se agruparon en quintiles, para facilitar su visualización, generalizando los 89 datos que ofrece la encuesta por cada variable a tan solo 5 rangos, que igual permiten identificar las tendencias espaciales con las cuales se distribuyen estos parámetros.

5.5.1 Ruido

El ruido está definido cómo todo sonido no deseado por el receptor. En este concepto están incluidas las características físicas del ruido y las psicofisiológicas del receptor, un subproducto indeseable de las actividades normales diarias de la sociedad (Resolución 6918 de 2010 de la Secretaria Distrital de ambiente). La variable en si misma tiene un componente subjetivo al asociarse a la molestia que puede generar determinado sonido, pese a ello sus efectos pueden ser evidentes cuando generan afectaciones a la salud, por ejemplo, representada en los reportes de la Secretaria Distrital de Salud sobre eventos de hipoacusia en los barrios aledaños al aeropuerto El Dorado en Bogotá.

Para la Organización Mundial de la Salud existe evidencia suficiente para asociar algunos efectos nocivos del ruido en la salud humana, como lo son: los riesgos a largo plazo por trastornos del sueño (estrés, modificaciones hormonales, restricciones del sueño con consecuencias médicas y sociales que aumentan el riesgo de morbilidad y mortalidad), efectos cardiovasculares negativos hallados en estudios epidemiológicos, afectaciones sobre el rendimiento en términos cognitivos según la exposición al ruido y trastornos psíquicos (WHO, 2009).

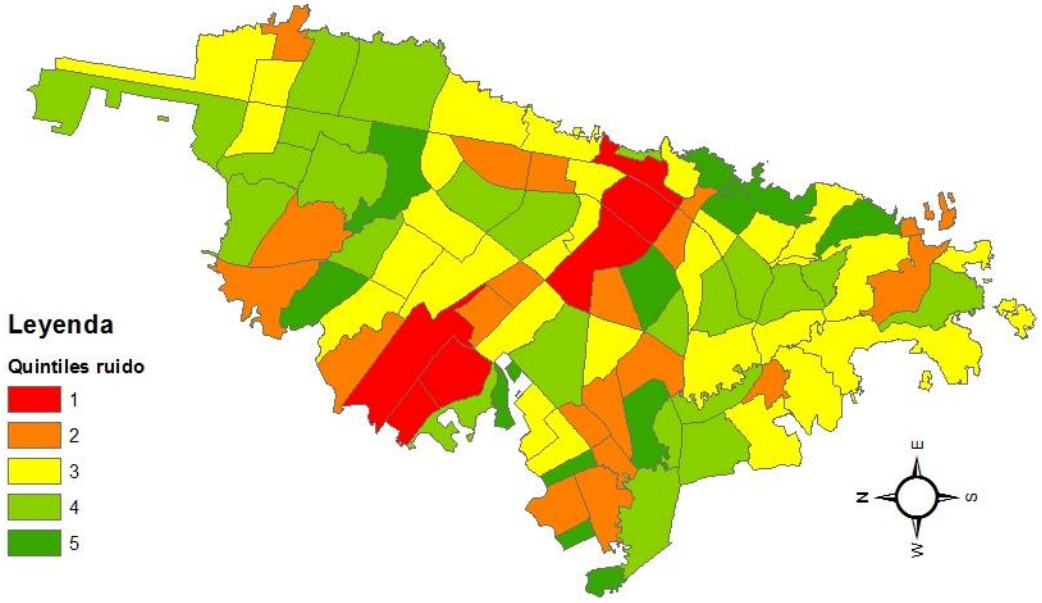
Los resultados de la encuesta multipropósito reportan el porcentaje de los encuestados que por UPZ afirmaron que tenían problemas con el ruido en los entornos a sus lugares de residencia, estos valores se distribuyeron en quintiles bajo los siguientes rangos:

Tabla 5-16: Distribución en quintiles de la percepción del ruido en Bogotá.

Quintil	Rango ruido (%)
1	5,83 – 21,22
2	21,23 – 29,65
3	29,66 – 38,11
4	38,12 – 50,75
5	50,76 – 80,32

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 5-12: Distribución de la percepción del ruido en quintiles por UPZ.



Fuente: Elaboración propia

En la UPZ Capellanía, donde se encuentra el aeropuerto el dorado, el 80,32% de los encuestados afirma que el sector en el que reside se presenta el problema de ruido, esta percepción ubica al sector como aquel en el que más ruido existe, según la percepción de sus residentes. La unidad de planeación zonal que se ubica como segunda con mayor ruido percibido (69,08%), es muy cercana al aeropuerto, se trata de la UPZ Fontibón San Pablo, lo cual evidencia el peso que ejerce el aeropuerto frente a la percepción del ruido. Así mismo, las actividades industriales y comerciales intensivas son fuertes generadoras de ruido, según la percepción de los encuestados, por ello las UPZ con mayor percepción de ruido, luego de las ya mencionadas, son Puente Aranda (62,41%) y la Sabana (60,8%), donde se presentan los usos del suelo antes mencionados de forma respectiva.

5.5.2 Olores ofensivos

La contaminación odorífica u odorífera es la contaminación causada por los malos olores. De acuerdo con la Resolución 1541 de 2013 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el olor es la propiedad organoléptica perceptible por el órgano olfativo cuando inspira determinadas sustancias volátiles. En este mismo orden, el olor ofensivo se define como el olor generado por sustancias o actividades industriales, comerciales o de servicio, que produce fastidio, aunque no cause daño a la salud humana. Este tipo de contaminación no produce enfermedades directamente, sin embargo, puede provocar náuseas, mareos, insomnio, pérdida de apetito, y problemas respiratorios entre otros. En exposiciones prolongadas podría provocar la muerte de personas.

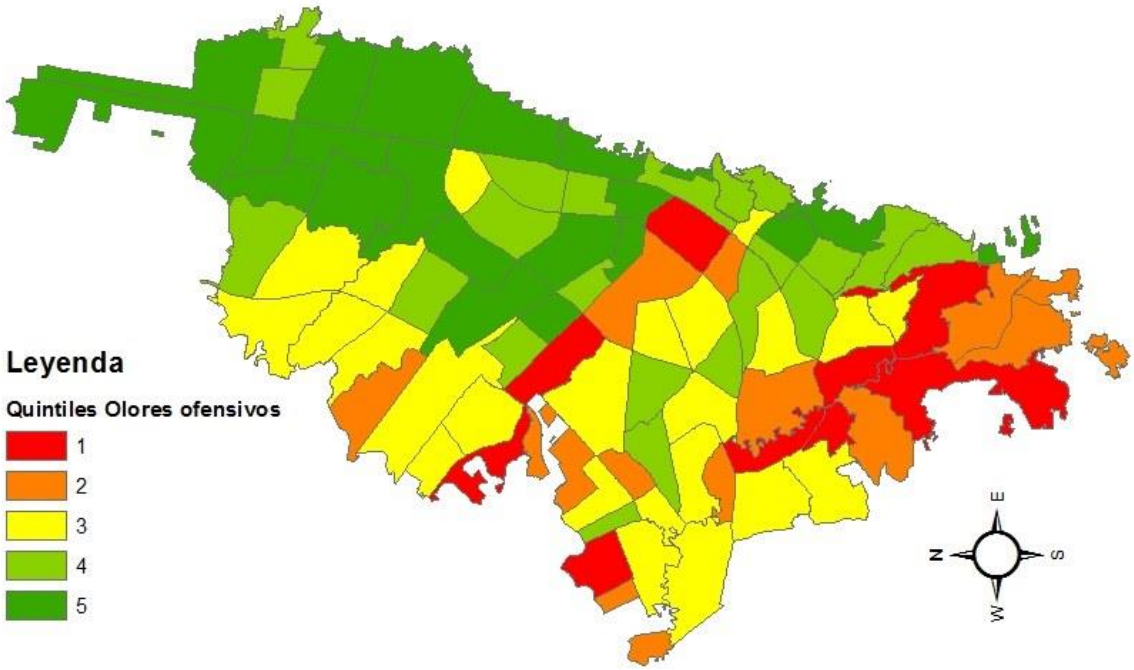
Los quintiles construidos para la elaboración del SIG arrojan los siguientes rangos de datos, donde 1 es la peor condición y 5 la mejor condición respecto a la presencia de la variable.

Tabla 5-17: Distribución en quintiles de la percepción de olores ofensivos en Bogotá.

Quintil	Rango olores (%)
1	2,36 – 14,33
2	14,34 – 26,50
3	26,51 – 40,24
4	40,25 – 57,70
5	57,71 – 82,87

Nota: Elaboración propia

Ilustración 5-13: Distribución de la percepción de olores ofensivos en quintiles por UPZ.



Fuente: Elaboración propia

El fenómeno de la variable olores ofensivos tiene una dinámica espacial muy similar a la siguiente variable, presencia de animales molestos, pues comparten 6 UPZ en el rango de mayor percepción: Zona Franca, El Porvenir, La Sabana, Entre Nubes, Comuneros y El Mochuelo. A este grupo se suman las UPZ San Francisco y Granjas de Techo. Así entonces, los determinantes de este fenómeno pueden ser los mismos de la siguiente variable: proliferación de vectores por el manejo inadecuado de los residuos sólidos en el relleno sanitario, la mala calidad del agua superficial del río Bogotá y del río Tunjuelito, actividades económicas industriales como las curtiembres en Tunjuelito o la metalurgia en

La Sabana. Respecto a la menor percepción de olores ofensivos, además de las UPZ del oriente de Suba y Usaquén, se adhieren las UPZ de las localidades Chapinero, Barrios Unidos, Teusaquillo y Santa Fe.

5.5.3 Presencia de insectos, roedores y animales molestos

Desde la perspectiva sistémica, la salud humana se entiende como un equilibrio entre lo biológico individual, el medio ambiente, los estilos de vida y los servicios de salud. (Acero, 2016). Respecto a la relación de los humanos con los animales, en la década de los noventa se empieza a consolidar el enfoque ecosistémico (…) inicialmente aplicado al deterioro del ambiente; esta propuesta se traslada a la "salud ambiental", haciendo énfasis en la directa relación entre la salud humana y las condiciones externas. (Acero, 2016). Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), de los 1415 patógenos humanos conocidos en el mundo, 61% son zoonóticos (OPS, 2010). En este sentido, estimar la percepción de los ciudadanos sobre la presencia de insectos, roedores o animales que causan molestias puede aproximar, entre otros factores, a la valoración del estado de la salud ambiental de la población.

Los quintiles construidos para la elaboración del SIG arrojan los siguientes rangos de datos, donde 1 es la peor condición y 5 la mejor condición respecto a la presencia de la variable *Presencia de insectos, roedores y animales molestos*.

Tabla 5-18: Distribución en quintiles de la percepción de animales molestos en Bogotá.

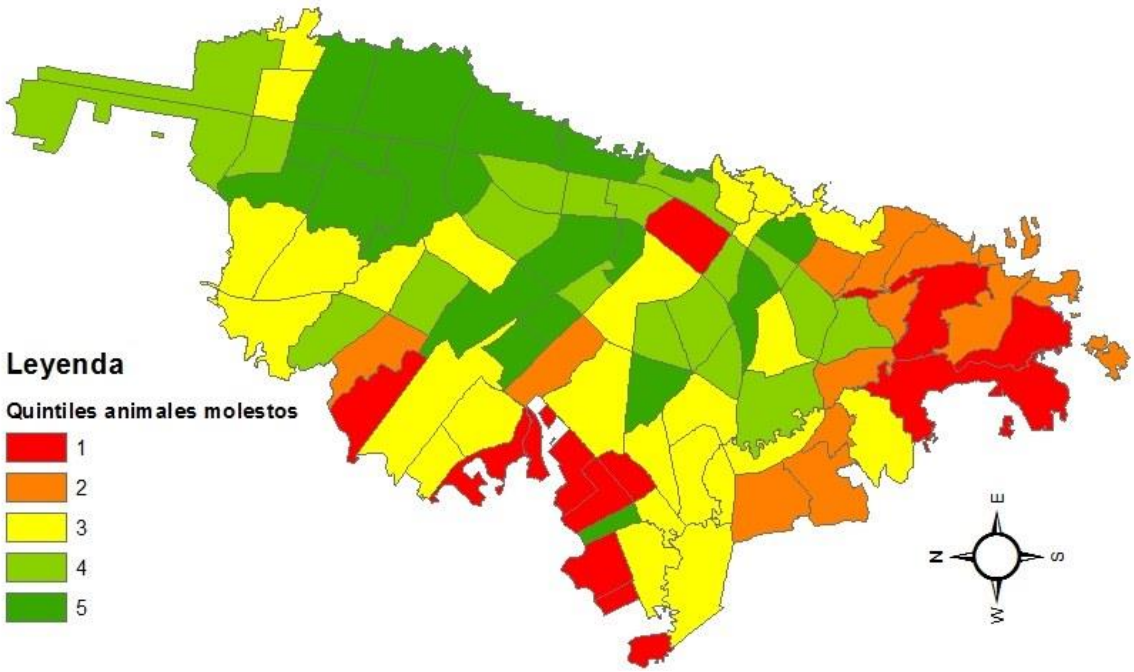
Quintil	Rango animales molestos (%)
1	2,63 – 8,81
2	8,82 – 17,17
3	17,18 – 23,98
4	23,99 – 34,86
5	34,87 – 48,90

Nota: Elaboración propia.

La presencia de estos animales se puede asociar a dos criterios: las condiciones de algunos elementos de la estructura ecológica principal y ciertas actividades productivas. Como se aprecia en la siguiente ilustración, en el occidente de la ciudad la mayor percepción de animales molestos se encuentra en las UPZ: Engativá de la localidad Engativá; Zona Franca de la localidad Fontibón; Calandaima, Patio Bonito, Corabastos, Porvenir y Tintal sur de la localidad Kennedy; todas contiguas a la ronda oriental del río Bogotá. En este sentido, se puede inferir que la calidad del agua superficial de este cuerpo hídrico es quizá la causa principal de la presencia de estos animales. En el sur, las UPZ con mayor presencia de esta variable son El Mochuelo y Comuneros de la localidad Ciudad Bolívar, adyacentes al relleno sanitario Doña Juana. Al suroriente, en la localidad de San Cristóbal, la UPZ Parque Entre Nubes también indica una alta presencia de estos animales;

esto se puede deber a la presencia de criaderos de perros para pelea. En el centro de la ciudad, es en la UPZ La Sabana donde la percepción de estos animales es muy alta, una zona caracterizada por su vocación industrial. En contraposición, las UPZ del oriente de Suba y Usaquén son los espacios de la ciudad donde menos percepción hay de presencia de insectos, roedores y animales molestos.

Ilustración 5-14: Distribución de la percepción de animales molestos en quintiles por UPZ.



Fuente: Elaboración propia

6. Análisis de resultados

La consolidación de la Bogotá urbana se ha dado a partir de la descomposición de la propiedad hacendataria, proceso acompasado por el auge del desarrollo capitalista desde inicios del siglo XX, esto bajo la particularidad que supone el rol subordinado de la nación en los diferentes patrones de acumulación, lo cual ha conllevado a un precario desarrollo de las fuerzas productivas, esto implicó que la clase trabajadora de la ciudad se ocupara principalmente en actividades asociadas al desarrollo mismo de la ciudad (chircales y canteras para la construcción de obras civiles y viviendas), tras el periodo de industrialización por la sustitución de importaciones, se dio un fortalecimiento de los sectores productivos de la economía ocupando masivamente nueva mano de obra, pero este corto periodo no logro superar el *dualismo de las estructuras urbanas latinoamericanas*.

Así la ciudad se cimentó sobre el conflicto por la necesidad de su expansión y las limitadas salidas para los sectores empobrecidos que intentaron (y aún hoy lo hacen) acceder a una vivienda, dejando para ellos principalmente dos salidas: la adquisición de viviendas o lotes piratas para desarrollar bajo la lógica de la autoconstrucción, y la “invasión” de haciendas; frente a esta dinámica el gobierno nacional y las administraciones distritales fueron incapaces de proponer un esquema de gestión del proceso de urbanización que garantizara el acceso a las viviendas y a los bienes de uso complementarios de los que se debe acompasar, haciendo aún más fuerte la intervención sobre el entorno natural, lo cual se hace evidente en: el precario acceso a servicios públicos que conllevó al deterioro de los cuerpos de agua y mal manejo de los residuos sólidos domiciliarios; las limitaciones para acceder al suelo de la sabana donde dominaba la hacienda y las altas rentas absolutas urbanas, empujando a la ocupación de los cerros orientales por parte de la creciente población empobrecida; la densificación de la ciudad de los sectores populares que llevo a la fuerte intervención de los humedales, a su vez que redujo la posibilidad de destinar espacios para parques, zonas verdes, pasos peatonales, y antejardines, en general destinación de suelo para espacio público; la renta diferencial y de monopolio industrial conllevo a la concentración de las actividades fabriles e industriales, a esto se asocia la proliferación de la vivienda obrera que se fue ubicando en los espacios aledaños, donde se presentan las mayores emisiones de contaminantes a la atmosfera por fuentes fijas.

De este modo la relación de los sectores populares con su entorno se ha construido históricamente y no son expresiones culturales que le sean inherentes, sino que obedecen a las contradicciones mismas con las cuales han tenido que ocupar y transformar los espacios de la ciudad.

En contraposición, las clases de mayores ingresos han producido y consumido el espacio urbano históricamente de un modo radicalmente distinto, dominando el acceso a la vivienda por encargo (bajo diseños de arquitectos) y el acceso de vivienda de producción capitalista en masa, esto acompañado de mejores bienes de uso complementarios, unas veces dotados por el estado y otras veces generados desde las salidas mercantiles por parte de los urbanizadores.

Estos dispositivos diferenciados con los que las clases han producido y accedido al espacio urbano han configurado una ciudad con características ambientales sumamente desiguales, estas condiciones particulares del entorno urbano se ven mercantilizadas al incorporarse en la estructura de rentas del suelo, factor que propicia el incremento de la segregación ambiental.

Analizar el estado del ambiente urbano requiere de una síntesis que permita abordar las diferentes variables de forma conjunta, para ello se emplea el escalograma de Guttman, el cual en palabras de Rondinelli (1988):

> Es un método de análisis multivariado que permite determinar la ponderación, correlación y jerarquía de variables objeto de análisis, sin restricciones y de acuerdo con la disponibilidad de la información […] que permite agrupar diversas modalidades de variables (cualitativas y cuantitativas), ordenar y clasificar series estadísticas, así como definir la frecuencia de los valores de un carácter (p. 161).

Bajo esta proposición se elaboró un índice urbano de la calidad ambiental, en adelante denominado ICUA, este índice se construyó asignando pesos a cada tipo de variable, de modo que aquellas que son de percepción tienen un peso relativo de 0,5, mientras que las variables cuantitativas de 1. El peso relativo de cada variable se multiplica por su valor quintil (1 a 5), finalmente, la sumatoria da como resultado un valor que se puede hallar en un rango de entre 5,5 y 27,5, al dividir este valor por la suma de los pesos relativos de las variables (5,5) nos permite obtener un dato que acá se entiende, como ICUA un índice que se puede hallar entre el rango de 1 y 5.

$$ICUA_{upz} = \frac{1(QICA_{upz} + QWQI_{upz} + QEV_{upz} + QA_{upz}) + 0{,}5\left(QO_{upz} + QR_{upz} + QAM_{upz}\right)}{5{,}5}$$

Este índice se genera por medio de la herramienta field calculator de ArcGis y se ajusta para aquellas UPZ que no cuenten con todas las variables (cada variable menos representa un 0,5 o un 1 menos en el denominador, según sea la variable ausente cuantitativa o de percepción), el resultado obtenido es:

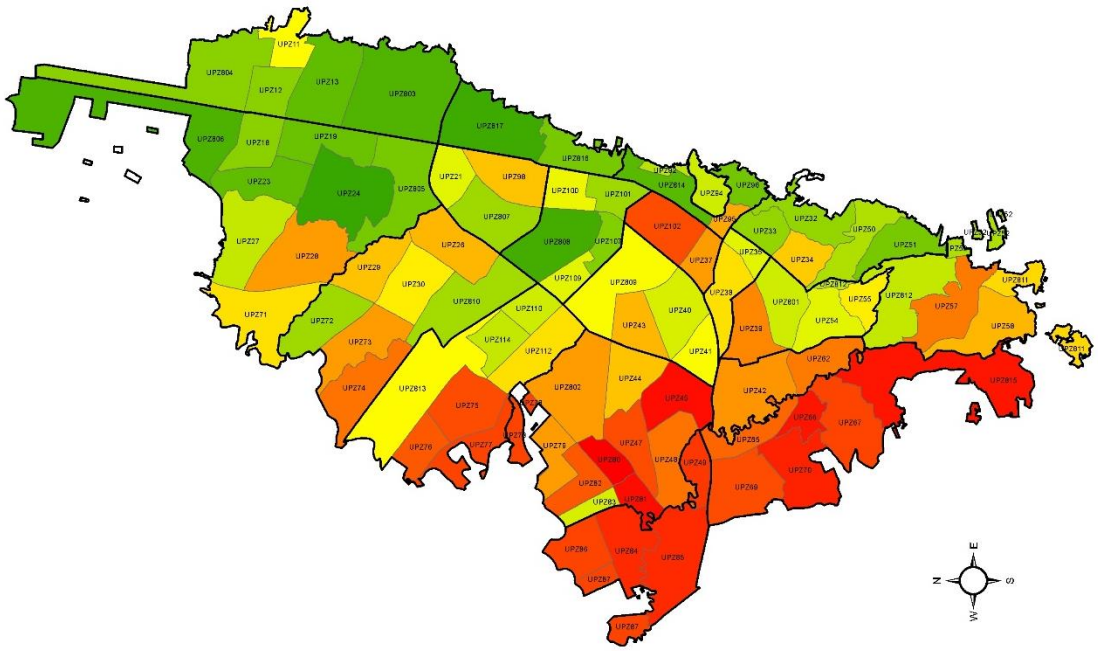
Tabla 6-1: Índice de Calidad Urbana Ambiental por UPZ con agregación en quintiles

Loc	UPZ o Agrupación		ICUA	Q ICUA	Loc	UPZ o Agrupación		ICUA	Q ICUA	Loc	UPZ o Agrupación		ICUA	Q ICUA
1	803	COUNTRY CLUB	4.18	5	8	45	CARVAJAL	1.45	1	11	28	EL RINCON	2.36	2
	12	TOBERIN	3.64	4		80	CORABASTOS	1.22	1	12	807	DOCE DE OCTUBRE	3.45	4
	804	LA URIBE	3.64	4		79	CALANDAIMA	2.36	2		21	LOS ANDES	3.00	3
	13	LOS CEDROS	4.00	5		47	KENNEDY CENTRAL	1.89	1		98	LOS ALCAZARES	2.55	2
	11	SAN CRISTOBAL NORTE	2.82	3		48	TIMIZA	2.09	2	13	100	GALERIAS	2.91	3
2	817	EL REFUGIO	4.45	5		802	BAVARIA	2.36	2		107	QUINTA PAREDES	3.67	4
	816	CHAPINERO	3.73	4		44	AMERICAS	2.55	2		101	TEUSAQUILLO	3.45	4
3	814	LAS NIEVES	4.09	5		78	TINTAL NORTE	1.82	1		808	LA ESMERALDA	4.36	5
	96	LOURDES	3.78	4	9	75	FONTIBON	1.89	1		109	CIUDAD SALITRE ORIENTAL	3.00	3
	92	LA MACARENA	3.33	4		114	MODELIA	3.22	3	14	102	LA SABANA	1.89	1
	95	LAS CRUCES	2.44	2		110	CIUDAD SALITRE OCCIDENTAL	3.11	3		37	SANTA ISABEL	2.36	2
4	33	SOSIEGO	3.55	4		76	FONTIBON SAN PABLO	1.91	1	15	35	CIUDAD JARDIN	3.00	3
	51	LOS LIBERTADORES	3.73	4		813	CAPELLANIA	2.82	3		38	RESTREPO	2.73	3
	50	LA GLORIA	3.36	4		112	GRANJAS DE TECHO	2.73	3	16	809	PUENTE ARANDA	2.89	3
	34	20 DE JULIO	2.56	2		77	ZONA FRANCA	1.82	1		43	SAN RAFAEL	2.45	2
	32	SAN BLAS	3.55	4	10	810	JARDIN BOTANICO	3.44	4		41	MUZU	2.89	3
5	811	ALFONSO LOPEZ	2.64	2		72	BOLIVIA	3.45	4		40	CIUDAD MONTES	3.09	3
	58	COMUNEROS	2.45	2		29	MINUTO DE DIOS	2.55	2	17	94	LA CANDELARIA	3.11	3
	57	GRAN YOMASA	2.18	2		26	LAS FERIAS	2.45	2	18	55	DIANA TURBAY	2.78	3
	52	LA FLORA	3.36	4		73	GARCES NAVAS	2.36	2		801	SAN JOSE	3.11	3
6	62	TUNJUELITO	2.18	2		74	ENGATIVA	2.09	2		54	MARRUECOS	3.00	3
	42	VENECIA	2.27	2		30	BOYACA REAL	2.78	3		39	QUIROGA	2.22	2
7	86	EL PORVENIR	1.82	1	11	27	SUBA	3.22	3	19	67	LUCERO	1.82	1
	49	APOGEO	1.73	1		19	EL PRADO	3.82	4		815	EL MOCHUELO	1.55	1
	84	BOSA OCCIDENTAL	1.64	1		24	NIZA	4.73	5		65	ARBORIZADORA	2.00	1
	85	BOSA CENTRAL	1.64	1		23	CASA BLANCA SUBA	4.00	5		70	JERUSALEM	1.56	1
	87	TINTAL SUR	1.82	1		71	TIBABUYES	2.73	3		66	SAN FRANCISCO	1.55	1
8	83	LAS MARGARITAS	3.09	3		806	La Academia	4.27	5		69	ISMAEL PERDOMO	1.89	1
	81	GRAN BRITALIA	1.45	1		18	BRITALIA	3.64	4	5-18	812	PARQUE ENTRENUBES	3.22	3
	82	PATIO BONITO	1.91	1		805	LA ALHAMBRA	3.73	4					

Nota: Elaboración propia.

La representación espacializada de la anterior tabla se puede apreciar en la siguiente imagen, donde el mejor ICUA va desde un verde intenso hacia los peores valores en tono rojo:

Ilustración 6-1: Índice urbano de la calidad ambiental por UPZ en Bogotá.



Fuente: Elaboración propia.

Por la lógica de construcción del índice que va elaborando una jerarquización de datos simplificada por medio de quintiles, sería posible que la ilustración anterior revelara esa jerarquía, sin que, necesariamente lo rojo representara una condición ambiental deteriorada o mala, es decir que solo mostrará las diferencias relativas entre las UPZ. No obstante, los resultados eran claros al mostrar que aquellas UPZ que caían a los quintiles más bajos en cada variable analizada, presentaban indicadores que, al ser comparados con los rangos recomendados, por parte de organismos como la EPA y la OMS, no alcanzaban condiciones si quiera aceptables en muchos de los casos.

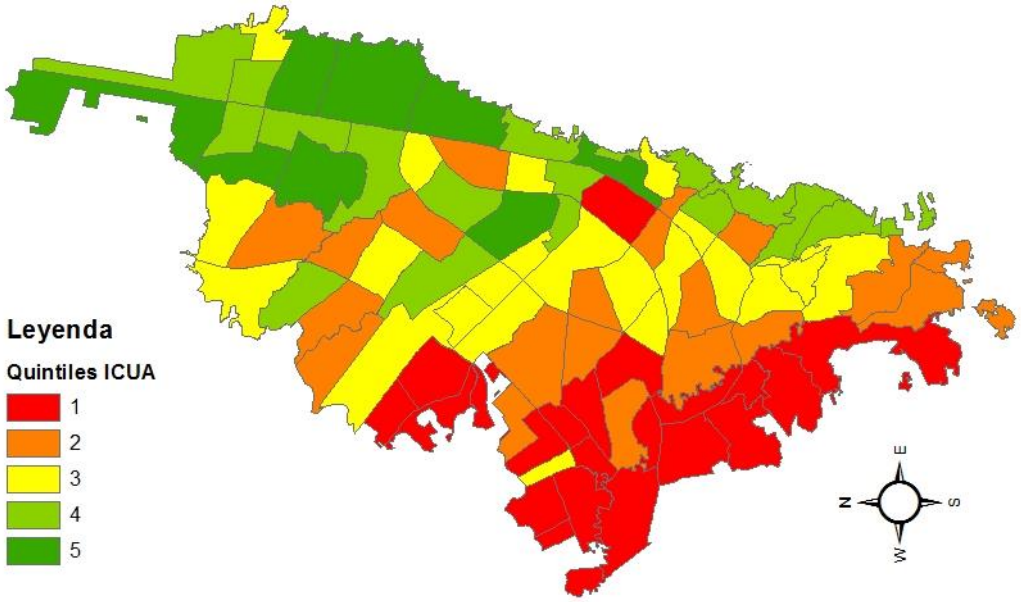
Para tener una unidad común entre UPZ y poder realizar el análisis de segregación a 2 escalas (UPZ y localidad) se organizan las UPZ en quintiles y se les asigna el valor promedio de datos ICUA dentro del quintil.

Tabla 6-2: Rango de los quintiles ICUA y valor promedio del quintil

Quintil	Rango de datos	Valor promedio
1	1.22 – 2.00	1.61
2	2.01 – 2.64	2.325
3	2.65 – 3.22	2.935
4	3.23 – 3.82	3.525
5	3.83 – 4.73	4.28

Nota: Elaboración propia.

Ilustración 6-2: Distribución del ICUA en quintiles por UPZ.



Fuente: Elaboración propia.

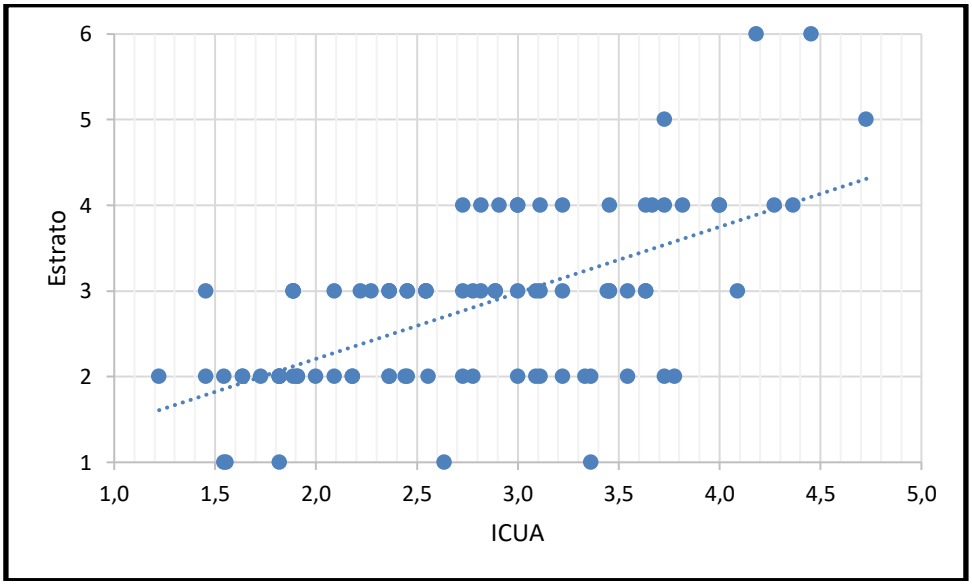
6.1 Correlación entre variables

Para explicar la segregación ambiental es fundamental poder trazar la relación que existe entre las condiciones socioeconómicas, aquí expresadas de forma general por medio del estrato residencial, y las características del entorno, hasta el momento denominadas calidad ambiental urbana, variable expresada en el índice ICUA. Adicionalmente, no solo se requiere reconocer la existencia de dicha relación, sino que también es importante identificar las características de esa relación. Para ello se acude al análisis de la asociación o interdependencia entre las variables mencionadas, empleando para ello el coeficiente de correlación.

Se debe tener en cuenta que las variables, estrato e ICUA por UPZ, son aleatorias, cuantitativas y discretas, pues para la primera de estas solo hay 6 valores posibles, mientras que para la segunda un rango mucho más amplio, pero aun así predefinido por la forma de construcción del índice como una variable discreta. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede seleccionar alguno de los métodos para medir la correlación, estas herramientas son especialmente útiles en este caso, puesto que ofrecen un resultado sin distingo de la diferencia dimensional de las variables (en este caso estrato e ICUA son adimensionales). Se emplea entonces el coeficiente de correlación de Spearman, que se puede analizar del mismo modo que, el más conocido, coeficiente de correlación de Pearson, es decir, toma valores entre -1 y 1 indicando asociaciones positivas o negativas lineales.

Se obtuvo una correlación de 0,59, lo cual indica una correlación positiva moderada en términos estadísticos, pero que en un sentido social nos permite ver que la vinculación a un estrato social determina en una elevada proporción la calidad del ambiente urbano. Evidentemente, este tipo de correlaciones deben guardar una cierta distancia respecto al valor 1 (correlación positiva perfecta), pues como se ha mencionado, el espacio no refleja sino más bien difracta la estructura social y sus contradicciones, pues la ciudad es un espacio construido socialmente en el marco de disputas en que los diferentes actores han logrado ganarle algo de terreno a su contrario, por ejemplo, la legalización de barrios obreros en centralidades urbanas a principios del siglo XX. La capacidad de las clases sociales de la ciudad para ocupar y transformar el territorio urbano determina, en cierta medida, las velocidades y formas con las que cambia el espacio, se gentrifica y urbaniza.

Gráfica 6-1: Relación lineal entre estrato e ICUA



Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica anterior se evidencia la relación lineal existente entre el ICUA y el estrato, en esta se aprecian algunos datos en los que se presentan las mayores distancias con

respecto a la línea de tendencia, se trata de UPZ con particularidades como: estrato 1 con ICUA de 3,364 (UPZ La Flora, en Usme), estrato 2 con ICUA 3,778 (UPZ Lourdes, localidad Santa Fe), ICUA de 3,54 (UPZ San Blas, localidad de San Cristóbal); estas UPZ de bajo estrato y un ICUA de medio a alto (ubicados abajo y a la derecha de la línea de tendencia) son, en general, las que se ubican hacia el costado oriental de la ciudad y algunas cerca del centro histórico, donde las valoraciones de la calidad ambiental se ven fuertemente influidas por su ubicación dentro de las cuencas altas, donde la calidad del agua es mejor y adicionalmente por su localización sobre los cerros, que como se mencionó, tiene un efecto positivo sobre la calidad del aire. En contraposición, es más común que los estratos altos se asocien a ICUA igualmente altos, al punto que todas las UPZ en las que predominan poblacionalmente los estratos 5 y 6 tienen un ICUA de mínimo 3,727 valor solo alcanzado por una de las UPZ de estratos 1 y 2.

6.2 Segregación ambiental por localidades

Para reconocer en una escala de agregación distinta el fenómeno de la segregación ambiental, se requiere llevar el análisis desde las UPZ hasta las respectivas localidades en las cuales se agrupan. Para ello, se toma el valor promedio ICUA de todas las UPZ al interior de las localidades y se le asocia así este dato. El análisis de la segregación a esta escala se puede interpretar como la heterogeneidad en términos de la calidad del ambiente que se pueda presentar en una localidad respecto a las demás.

Se trata de comparar las diferencias entre localidades de una misma variable (el ICUA), es decir, la dispersión o variación de los conjuntos de datos respecto a sus promedios, donde no se presentan diferencias de magnitudes o escala, por lo cual, es posible identificar la desviación estándar de los datos, lo cual indica, en términos de las mismas unidades del ICUA, la dispersión de estos.

La desviación estándar de los ICUA (promedio de los valores en sus UPZ) de todas las localidades es de 0,67, es decir esa es su distancia respecto a una media de 2,84. Este valor es menor, con respecto a la variación que puede hallarse entre las unidades de planeación zonal, donde la desviación estándar es de 0,69 respecto a una media mayor (3,14), esto se debe a que al promediar las UPZ dentro de la localidad se ven difuminadas sus diferencias, lo cual expresa una menor disimilitud en la escala de las localidades.

Al comparar solamente pares de localidades se pueden encontrar, evidentemente, mayores distancias (en magnitud ICUA) entre las mismas, pero lo interesante resulta de analizar entre cuales localidades se presentan las mayores diferencias con respecto a los pares, que, en contraposición, resultan más homogéneos, esto teniendo en cuenta los estratos dominantes en las localidades. Para ello se realiza la Tabla 6-3, que se presenta más adelante.

La mayor diferencia que se encuentra en la ciudad se da entre la localidad de Chapinero y las localidades Bosa y Ciudad Bolívar. En Chapinero los estratos dominantes en sus UPZ son el 4 y el 6, mientras que en Bosa solo predomina el estrato 2 y en Ciudad Bolívar la

mitad de las UPZ tienen dominancia estrato 1 y la mitad restante tiene predominio de estrato 2.

Las menores diferencias de calidad ambiental urbana entre localidades se presentan entre aquellas, que, en consonancia, tienen mayor similitud en su composición de estratos. Esto no solo se explica por la contigüidad de esas localidades, como algo natural, pues la desviación estándar entre Usaquén y Chapinero (0,31), es apenas menor a la de chapinero y Suba (0,34). La cercanía de estas localidades y sus condiciones ambientales se explican por la renta monopólica de segregación.

Tabla 6-3: Desviación estándar del ICUA entre pares de localidades

Localidad		Usaquén	Chapinero	Santa Fe	San Cristóbal	Usme	Tunjuelito	Bosa	Kennedy	Fontibón	Engativá	Suba	Barrios Unidos	Teusaquillo	Los Mártires	Antonio Nariño	Puente Aranda	La Candelaria	Rafael Uribe Uribe	Ciudad Bolívar
	ICUA	3,66	4,09	3,41	3,33	2,66	2,23	1,73	2,02	2,50	2,73	3,61	3,00	3,48	2,13	2,87	2,83	3,11	2,78	1,73
Usaquén	**3,66**	0																		
Chapinero	**4,09**	0,31	0																	
Santa Fe	**3,41**	0,17	0,48	0																
San Cristóbal	**3,33**	0,23	0,54	0,06	0															
Usme	**2,66**	0,71	1,01	0,53	0,47	0														
Tunjuelito	**2,23**	1,01	1,32	0,84	0,78	0,31	0													
Bosa	**1,73**	1,36	1,67	1,19	1,13	0,66	0,35	0												
Kennedy	**2,02**	1,16	1,47	0,98	0,93	0,45	0,15	0,20	0											
Fontibón	**2,50**	0,82	1,12	0,64	0,59	0,11	0,19	0,54	0,34	0										
Engativá	**2,73**	0,65	0,96	0,48	0,42	0,05	0,36	0,71	0,50	0,16	0									
Suba	**3,61**	0,03	0,34	0,14	0,20	0,67	0,98	1,33	1,13	0,79	0,62	0								
Barrios Unidos	**3,00**	0,46	0,77	0,29	0,23	0,24	0,55	0,90	0,69	0,35	0,19	0,43	0							
Teusaquillo	**3,48**	0,13	0,43	0,05	0,11	0,58	0,89	1,24	1,03	0,69	0,53	0,09	0,34	0						
Los Mártires	**2,13**	1,08	1,39	0,91	0,85	0,38	0,07	0,28	0,08	0,27	0,43	1,05	0,62	0,96	0					
Antonio Nariño	**2,87**	0,56	0,87	0,39	0,33	0,15	0,45	0,80	0,60	0,26	0,09	0,53	0,10	0,43	0,52	0				
Puente Aranda	**2,83**	0,58	0,89	0,41	0,35	0,12	0,43	0,78	0,57	0,23	0,07	0,55	0,12	0,46	0,50	0,02	0			
La Candelaria	**3,11**	0,39	0,69	0,21	0,15	0,32	0,63	0,98	0,77	0,43	0,27	0,35	0,08	0,26	0,70	0,17	0,20	0		
Rafael Uribe Uribe	**2,78**	0,62	0,93	0,45	0,39	0,08	0,39	0,74	0,54	0,20	0,03	0,59	0,16	0,50	0,46	0,06	0,04	0,24	0	
Ciudad Bolívar	**1,73**	1,36	1,67	1,19	1,13	0,66	0,35	0,001	0,20	0,55	0,71	1,33	0,90	1,24	0,28	0,80	0,78	0,98	0,74	0

fuente: Elaboración propia.

Se presenta una semaforización de las diferencias entre las localidades para hacer más visible entre cuales se presenta la mayor homogeneidad (colores claros) y cuáles son las más disímiles (tonalidades rojas), la semaforización se generó como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6-4: Rango para la semaforización de la desviación estándar entre localidades

Rangos	1,51 - 2,00
	1,01 - 1,50
	0,51 - 1,00
	0,00 – 0,50

Nota: Elaboración propia.

6.3 Coeficiente de Gini de Segregación Ambiental

El índice de Gini se construye al comparar la distribución empírica que se forma con los datos observados y la línea de igualdad perfecta que supone la distribución teórica derivada de la curva de Lorenz; esto significa que permite estimar concentraciones y distribuciones de una variable respecto a la población de estudio. El índice de Gini es el mismo coeficiente de Gini, pero expresado de forma porcentual, es decir, en referencia a 100 como máximo, en vez de 1. La conversión de índice a coeficiente se desarrolla multiplicando el primero por 100. Este índice pertenece al grupo de los que cuantifican la desigualdad. Al respecto, la CEPAL (2001) manifiesta: Un índice de desigualdad es una medida que resume la manera como se distribuye una variable entre un conjunto de individuos (p.9). En el caso particular de la segregación ambiental, el cálculo del Índice de Gini se asocia al Índice de Calidad Urbana Ambiental distribuido entre los ciudadanos.

La medición del coeficiente varía entre 0 y 1, donde 0 indica una distribución equitativa de la variable de trabajo, y 1 indica una situación de inequidad absoluta en la distribución de la variable mencionada. Usualmente se consideran tres intervalos para interpretar el coeficiente, donde:

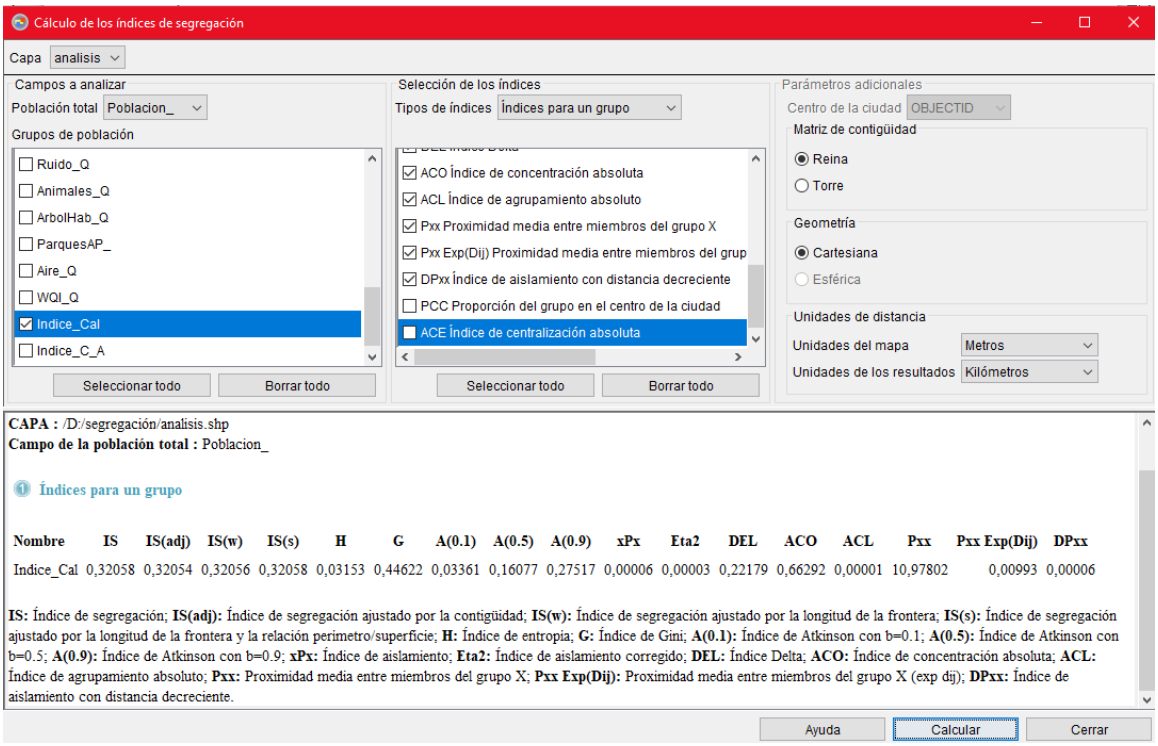
- Valores entre (0 – 0,39) son reflejo de una distribución equitativa.
- Valores entre (0,40 – 0,60) indican situaciones de desigualdad
- Valores superiores a 0,60 expresan una distribución gravemente inequitativa.

El cálculo del Coeficiente de Gini de Segregación Ambiental se hace a través de la correlación de los Shapefile ICUA por UPZ y Población por UPZ del Sistema de Información Geográfico construido en este trabajo. Esta correlación es generada con el software Geo-Segregation Analyzer, una herramienta para el análisis de la segregación residencial. Este software libre permite el cálculo de cuarenta índices de segregación con los datos geográficos de cualquier polígono. El software trabaja empleando una matriz de contigüidad que se da en todas las direcciones (simulando los movimientos de la reina en el tablero de ajedrez) y trabaja sobre una geometría cartesiana.

Los cálculos arrojados por el software indican un coeficiente de Gini de 0,4462, lo que implica que la ciudad se encuentra en el intervalo 2 (valores que indican situaciones de desigualdad).

Comparativamente no se puede afirmar si esta distribución de calidad ambiental urbana está por encima o por debajo del promedio de otras grandes ciudades, debido a que no existen índices desarrollados con la misma metodología. Debido a que no resulta práctico individualizar el ICUA por persona, esta variable se agrupa en una unidad espacial de análisis, la UPZ. Este procedimiento conduce necesariamente a la perdida de información, pues se está homogenizando la calidad ambiental urbana en estas unidades espaciales. Es necesario tener en cuenta este fenómeno, para que el lector tenga en cuenta que la calidad ambiental urbana no es igual al interior de las UPZ, y contrariamente, se encuentran UPZ con gran desigualdad ambiental al interior de ellas.

Ilustración 6-3: Cálculo del índice de Gini y otros índices de segregación con el software Geo-segregation Analyzer.



Fuente: Geo-Segregation Analyzer

6.4 Aplicación del Índice de Segregación Residencial

Para hacer un análisis multiescalar con el ICUA construido en la metodología propuesta de esta investigación, es preciso recordar la diferenciación entre desigualdad y segregación, y cómo estas se manifiestan en diferentes escalas espaciales. La segregación consiste (…) en formas de desigual distribución de grupos de población en el territorio (Levy y Brun, 2002) Así, una ciudad es más segregada entre más concentración residencial tenga un grupo de personas frente a los demás y viceversa: una ciudad es menos segregada cuando hay más heterogeneidad en la distribución del espacio. Sabatini, Cáceres y Cerda (2001), mencionan que "el sello de las ciudades Latinoamericanas es la segregación residencial a gran escala", que se origina porque "a lo largo del siglo XX las familias de las elites se fueron concentrando por lo general en una sola zona de crecimiento que, en la forma de un cono, une el centro histórico con la periferia en una dirección geográfica definida".

Este fenómeno en la ciudad de Bogotá es muy visible, donde el corredor nororiental que parte del centro fundacional presenta una evidente homogeneidad en cuanto a las condiciones sociales y ambientales, posicionando este espacio como un territorio privilegiado respecto al resto de la ciudad. Sabatini (2006) menciona como un aspecto negativo de la segregación el que se configuren áreas de una ciudad que sean socialmente homogéneas y uno de los problemas en las ciudades en Latinoamérica es que las áreas habitadas por los más pobres son más socialmente homogéneas que las habitadas por las clases altas; al respecto, en el suroccidente de Bogotá se evidencia un ICUA homogéneamente bajo en las localidades de Ciudad Bolívar, Bosa, Tunjuelito y Kennedy, en contraposición, las localidades de Suba y Fontibón presentan mayor heterogeneidad. Para Sabatini (2004), por ejemplo, la dimensión espacial es un componente esencial de la vida en sociedad por lo que segregación y desigualdad no tienen una relación directa. La primera es un fenómeno espacial y la segunda un fenómeno social. Ahora bien, como se indica en el Marco Teórico, el análisis de la segregación es determinado por la escala de análisis. Así mismo, para efectos de este trabajo, para cada escala de análisis se utiliza una metodología diferente. Para analizar la segregación entre localidades, se acude a estimar el Índice de Segregación Residencial promediando el ICUA por localidad.

La segregación residencial habría que entenderla entonces como la separación territorial o espacial entre personas o familias pertenecientes a un mismo grupo social y presenta tres dimensiones: (a) la tendencia de ciertos grupos sociales a concentrarse en algunas áreas de la ciudad generando barrios donde, en el extremo, llegan a tener un claro predominio numérico, o en casos menos extremos, comparten en mayor grado con otros grupos; (b) la conformación de áreas con un alto grado de homogeneidad social; y (c) la percepción subjetiva que la gente tiene de la segregación "objetiva" (las dos primeras dimensiones)". La primera dimensión permite explicar la concentración espacial de las familias de la elite en ciertas zonas de las ciudades, mientras que la segunda dimensión permite explicar que, aunque la concentración sea alta, en ese mismo espacio conviven

familias de ingresos medios y bajos, por lo que la homogeneidad también es alta. Sin embargo, sería la tercera dimensión la que produce efectos sobre la desintegración social, ya que las familias pobres, al vivir en barrios pobres, sienten la marginalidad "convirtiéndose así en un fenómeno real" (Sabatini, op. cit.).

El índice de segregación residencial ISR se propone como síntesis de múltiples propuestas metodológicas que le precedieron, este recorrido empieza con el índice de disimilitud de Duncan en 1955 que se elaboró para medir la localización diferenciada de grupos sociales (razas), relacionando unidades y subunidades territoriales con la composición social; esta propuesta fue adaptada al incluir la distancia física entre los grupos, modificación elaborada por Michael White en 1986 con su índice spatial proximity; posteriormente surgen propuestas que no miden las distancias entre sí de los grupos sociales sino con respecto a una centralidad, como es el caso de las propuestas de Massey y Denton 1988 y Duncan 1955 con la centralización relativa. Sin embargo, estas propuestas no permitían identificar el agrupamiento de los sectores sociales, para ello se propusieron los índices de agrupamiento absoluto (Massey y Denton 1988, modificado de Geray 1954 y Dacey 1968), aislamiento de decaimiento en la distancia de Morgan 1983 y agrupamiento relativo de Massey y Denton 1988; en diferentes momentos aparecieron modalidades de medición distintas, que apuntaban a reconocer la variación de una variable respecto a la variación que se presentaba en las subunidades territoriales que la componían, es el caso del coeficiente de correlación interclase de Leslie Kish en 1961, el NSI de Jargowsky 1996 y la propuesta de Kaztman de 1999. Los índices mencionados se pueden hallar en la Tabla 1-1: Índices de segregación y formulas.

El ISR se basa principalmente en los tres últimos índices que se mencionaron, consiste en entender la segregación según (Rodríguez Vignoli, 2001) como el "peso que tiene la localización de las unidades sociodemográficas elementales dentro del territorio de referencia en la variación total del atributo entre ellas" (p. 27), en consecuencia la segregación se mide aquí partiendo de un atributo cuantitativo, para este caso el ICUA, en entidades sociodemográficas elementales (UPZ) y una unidad territorial de referencia de orden y jerarquía superior (localidades), se calcula basado en la varianza total del ICUA en las localidades, el promedio del atributo en sus subunidades (UPZ) y la varianza de la distribución de la media del atributo ICUA en las 89 subunidades territoriales; así, el ISR será la proporción de la varianza total que se explica por la varianza entre subunidades.

Al realizar el cálculo (que se presenta en el Anexo B), se encuentra que el 67,72% de la varianza del atributo ICUA se explica por la varianza entre las localidades, estas no son en su interior totalmente homogéneas, pues se componen de UPZ con ICUA diferentes, de lo contrario la segregación sería total o máxima (100%). Esto indica que, a la escala de las localidades, Bogotá presenta una alta segregación ambiental. Al interpretar el resultado en la escala de las UPZ se encuentra que la segregación es total, pues se reporta que el 100% de la variación del ICUA se explica por la variación entre las UPZ pues estas, al ser en su interior totalmente homogéneas no permiten la interacción de grupos sociales con

diversas calidades del ambiente urbano, no obstante esto se debe a la carencia de subunidades territoriales de análisis más pequeñas que permitan un mayor detalle, pues seguramente al analizar individuos, manzanas o barrios, se podría encontrar que hay heterogeneidad en sus ICUA, pero la disponibilidad de información no permite la revisión de estas situaciones.

7. Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

Las relaciones sociales que se han tejido para la construcción del espacio urbano en Bogotá son complejas y varían de acuerdo con el momento histórico que se analice. Sin embargo, el abordaje metodológico de esta investigación permitió identificar los principales agentes que históricamente han tenido mayor incidencia en la producción del espacio urbano ambientalmente segregado que caracteriza a la ciudad de Bogotá: El Estado, parceladores pirata e industria inmobiliaria, y la ciudadanía.

El Estado ha sido un agente segregador indirecta y directamente. En primera medida, cuando las instituciones distritales no ejercen (o lo hacen en función de ciertos intereses económicos) sus funciones de ordenación del territorio y control del mercado fomentan dinámicas de segregación ambiental. Esto se evidencia en decisiones pasadas y presentes. Por ejemplo, el poco o nulo control sobre el mercado de tierras a lo largo del siglo XX dio paso a mecanismos de producción del espacio disímiles entre los grupos con mayores ingresos respecto a los de menor ingreso; o la condescendencia frente al cambio del sistema de transporte (de un sistema férreo y eléctrico, a uno de pavimento y combustión) impuesto por el sector privado, son expresiones de impactos sobre la ciudad en las que el Estado tuvo una relación indirecta. Ahora bien, en la actualidad se pueden identificar decisiones de la administración que fomentan directamente la segregación. Permitir a las constructoras continuar con el desarrollo de viviendas en las periferias para los grupos más pobres (y con esto incrementar la burbuja inmobiliaria[1]), centralizar grandes proyectos de valorización en las zonas con mayor renta secundaria de localización, sabotear proyectos de movilidad multimodal en zonas de altas pendientes, o construir infraestructura como los rellenos sanitarios cerca de zonas de habitantes con menores

[1] Se conoce como burbuja inmobiliaria al mayor incremento en los precios medios de los bienes inmuebles respecto al crecimiento en los precios de otros bienes y servicios. En el caso de la vivienda la mayor oferta de estas en el mercado no necesariamente implica la reducción de su precio, pues con base en la teoría de la renta, la ampliación de la ciudad hacia las periferias, sumado a un deficiente sistema de movilidad, hace que las viviendas ubicadas en centralidades sean más deseadas y con ello su precio se ve incrementado.

ingresos, son solo algunas de las formas en que el Estado fomenta directamente la segregación ambiental.

El segundo gran actor es el parcelador pirata, el cual se puede dividir en dos tipos: aquel que posee o compra tierra y la desengloba para venderla, y aquel que la invade para su fraccionamiento y venta como predios. Cualquiera de los dos tipos ha generado un impacto irreversible en la ciudad, la producción del espacio para los grupos de menores ingresos con una mala calidad ambiental urbana. Esto pasa cuando se urbaniza en terrenos sin condiciones adecuadas de edificabilidad (zonas de riesgo) y sin tener en cuenta el área para la dotación de los elementos que aportan a la calidad ambiental urbana como parques, espacio público o zonas de amortiguación ambiental, etc. Estos elementos que aportarían al incremento de la renta, no se realizan debido a la baja capacidad de pago de sus compradores, por lo cual, la ganancia únicamente se determina por la cantidad de fraccionamientos del predio invadido o comprado.

La industria inmobiliaria que ahora se consolida como el principal productor de espacio urbano, produce vivienda para múltiples grupos sociales, sin embargo, mantiene la lógica de maximizar ganancias, con lo cual produce en el espacio los elementos que mejoran la calidad ambiental urbana solo si se tiene la capacidad de pago por parte de estos grupos, consolidándose como un agente segregador.

Finalmente, el último actor es la ciudadanía, quienes han venido afectando la calidad ambiental urbana en formas diferentes de acuerdo con su origen social esto responde a la noción de apropiación simbólica que estructura el fenómeno de la segregación ambiental. En donde los grupos de menores ingresos, al no tener satisfechas sus necesidades básicas, buscaron en el ecosistema natural formas de saldar sus necesidades de producir energía, disponer sus residuos y construir sus viviendas, lo que implicó una serie de impactos negativos en la producción del espacio urbano. Por otro lado, los grupos con mayores ingresos se encargaron de producir sus espacios residenciales con condiciones muy favorables, desconociendo la realidad del resto de ciudadanos. Esta visión fragmentada de ciudad limita los mecanismos de integración social, fomentando problemas de convivencia, inseguridad, y estigmatización de los territorios.

El método que se selecciona para la medición de la segregación influye en los resultados que se pueden obtener y por tanto del análisis al que se pueda llegar. Al analizar la segregación ambiental como distribución desigual del índice ICUA en la población, agrupada en las UPZ, por medio del índice de Gini, se encuentra una desigualdad media cuantificada en 0,45 (frente a una máxima posible de 1). En comparación, al emplear el índice de segregación residencial ISR se encuentra que la segregación intraUPZ es del 100% pues hay una total homogeneidad al interior de las UPZ a su vez que se presentan variaciones de cada UPZ respecto a las demás. Al realizar el análisis en escalas distintas empleando los mismos métodos también se encuentran variaciones significativas en los análisis a los que se pueda llegar, por ejemplo, el ISR entre las localidades es de 67,72%,

esto debido a la alta homogeneidad al interior de las localidades (con algunas excepciones como en Suba donde se presentan 4 de los 5 quintiles ICUA) y a su vez la alta disparidad entre ellas; es de anotar que entre localidades es menor la segregación ambiental, pues dentro de las mismas se presentan diferentes ICUA.

Al promediar el ICUA de las 89 agrupaciones de UPZ para estimar el promedio de la ciudad, se encuentra el valor 3,14 en un rango de 1 a 5. Extrapolándolo a una escala de 1 a 100, el promedio de ICUA para Bogotá es 53,5. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible formuló una metodología para estimar la Calidad Ambiental Urbana de las ciudades del país. En 2015 se implementó esta metodología en la ciudad de Bogotá, y su resultado fue un ICAU de 50,9. La diferencia entre el ICUA presentado en esta investigación y el ICAU del ministerio es de 2,6 puntos. Esto se explica por la cantidad de variables de más que usa el ministerio: porcentaje de residuos sólidos aprovechados, porcentaje de superficie construida con criterios de sostenibilidad, porcentaje de población que participa en gestión ambiental urbana, porcentaje de población urbana localizada en zonas de amenaza alta, consumo residencial de agua por habitante, consumo residencial de energía por habitante, porcentaje de residuos sólidos dispuestos adecuadamente, porcentaje de longitud de infraestructura vial para sistemas masivos y alternativos de transporte, y espacio público efectivo por habitante. Sin embargo, el índice del ministerio solo permite analizar la ciudad como espacio homogéneo, en cambio el ICUA de este trabajo parte de la escala de la UPZ como unidad mínima de análisis, por lo que su complejidad esta más en el detalle que en la cantidad de parámetros empleados. Comparativamente, la ciudad de Bogotá se encuentra en una buena posición entre las ciudades con mejor calidad ambiental urbana, solo superada por Medellín, ciudad que tiene un ICAU de 55,5. Sobre otras grandes ciudades encontramos a Ibagué con 45,2; Cali con 33, Bucaramanga con 35,9; Cali con 33; Barranquilla con 21,7; y el caso más preocupante, la Ciudad de Cúcuta con apenas 6,5.

Finalmente, se puede concluir que sí existe segregación ambiental en la ciudad de Bogotá; esta se representa en magnitudes diferentes de acuerdo con la escala de trabajo. Este fenómeno de segregación se hace más evidente en la macroescala, cuando se contrastan las localidades del suroccidente con las del nororiente. También se reafirma la existencia de la segregación ambiental con la alta correlación lineal positiva encontrada entre el estrato y el ICUA.

Se encuentra la tendencia de que a menor sea la escala de trabajo, mayor es la desviación estándar, lo que expresa mayor desigualdad en el polígono de análisis. Esto permite pronosticar que, si se aplica la metodología de esta investigación a subunidades espaciales más pequeñas (como los barrios), se encontraría una mayor desviación estándar respecto a las encontradas en el análisis entre UPZ y entre localidades.

7.2 Recomendaciones

El agrupamiento por UPZ implica pérdida de información al interior de las unidades espaciales, lo que impide la posibilidad de analizar la desigualdad y/o segregación entre los barrios de la ciudad. Se recomienda para futuras investigaciones, partir de unidades espaciales más pequeñas que las UPZ, como las manzanas o los barrios, para radiografiar con mayor detalle el fenómeno de segregación ambiental en Bogotá.

Es preciso complejizar el Índice de Calidad Urbana Ambiental, agregando más variables en su cálculo. Por ejemplo, respecto al ICAU del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, faltarían al menos 5 variables fundamentales para una representación más precisa: población urbana localizada en zonas de amenaza alta, consumo residencial de agua por habitante, consumo residencial de energía por habitante, residuos sólidos dispuestos adecuadamente, y la longitud de infraestructura vial para sistemas masivos de transporte; variables que no se pudieron incorporar en el trabajo debido a la escala en la que se encontraba la información.

Para efectos de este trabajo, se generalizaron algunos polígonos de interés ambiental para la ciudad, como los humedales (sobre los cuales hay que tener en cuenta su grado de deterioro y su aporte diferencial al ICUA, pues no se debería igualar el valor ambiental del humedal de Córdoba con el humedal de La Vaca, por citar un ejemplo), las zonas de amortiguación de los cuerpos de agua, los diferentes tipos de parques (al punto que se eliminaron los parques de bolsillo); así como también se obvió la influencia de ecosistemas contiguos al suelo urbano de Bogotá que tienen incidencia sobre las variables ambientales, como es el caso de la Reserva Forestal Protectora del Borde Oriental o la Reserva Forestal Thomas van der Hammen. Lo anterior se enuncia esperando que investigaciones asociadas al objeto de estudio de la segregación ambiental en Bogotá, incorporen la especificidad de estos territorios en sus metodologías de trabajo.

Si bien partir de las UPZ como unidades espaciales básicas de análisis permitió realizar una radiografía del estado general de la segregación ambiental de la ciudad, su carácter multiestrato invisibiliza información importante para un diagnóstico más preciso. En este sentido, además de recomendar trabajar con unidades espaciales más detalladas, también se requiere sumar más variables de orden socioeconómico que apoyen el uso que aquí se le dio a la estratificación.

A. Anexo: Información fuente Calidad del aire

B. Anexo: Análisis de la segregación

Bibliografía

Abramo, P. (2009). La ciudad calidoscópica. *Apuntes Del CENES*, *XXVIII*(48), 125–196.

Brenner, N. (2013). Tesis sobre la urbanización planetaria. *Nueva Sociedad*, *243* (enero-febrero), 38–66.

Bourdieu, P. (1999). El espacio para los puntos de vista. Proposiciones (29) (1999), 2-14. Santiago de Chile, Corporación de Estudios Sociales y Educación

Cabrera, V., Guerrero, J. M., & Nava, R. (2008). La política de suelo en Puebla. Fuente de segregacion socioespacial y riqueza selectiva., 1–20.

Cañada Torrecilla, R., Vidal Domínguez, M., & Moreno Jiménez, A. (2011). Interpolación espacial y visualización cartográfica para el análisis de la justicia ambiental: ensayo metodológico sobre la contaminación por partículas atmosféricas en Madrid. *Geofocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica*, (11), 6.

Castells, M. (1974). *La cuestión urbana* (15th ed.). Siglo XXI. Retrieved from https://leerlaciudadblog.files.wordpress.com/2016/05/castells-la-cuestion-urbana.pdf

Castro, M. (2002). *Indicadores de Desarrollo Sostenible Urbano. Una Aplicación para Andalucía*. Universidad de Málaga. Retrieved from http://www.eumed.net/tesis/

Celemín, J. P. (2012). Asociación espacial entre fragmentación socioeconómica y ambiental en la ciudad de mar del plata, Argentina. *Eure*, *38*(113), 33–51. https://doi.org/10.4067/S0250-71612012000100002

Cely, J., Vaca, W., Ipia, A., & Sotter, A. (2002). Geoestadística aplicada a estudios de contaminación ambiental. *UD y La Geomática*, *7 No.2*, 31–38. Retrieved from http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/reving/article/view/2815

Clichevsky, N. (2000). INFORMALIDAD Y SEGREGACIÓN URBANA EN AMERICA LATINA . Una aproximación, 1–24.

DAPD 2003. *Consideraciones sobre los temas del POT de Bogotá no concertados con la CAR. La expansión urbana*. En Territorio y Sociedad. Bogotá.

DANE. (2017a). *Metodología General Encuesta Multipropósito-EM 2017*. Retrieved from http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/diseno_metodologico_em2017.pdf

DANE. (2017b). *Metodología General Encuesta Multipropósito-EM 2017*. Bogotá, D.C. Retrieved from

http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/diseno_metodologico_em2017.pdf

Eladio Rey, G.E., Lizcano. J., Chacón G. (2010). *Una visión histórica de los servicios públicos en Colombia*. Universidad distrital Francisco José de Caldas.

Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (1997). *Historia del agua en Bogotá. Tomos I Y II.* Bogotá.

Escobar Jaramillo, L. A. (2008). Indicadores ambientales sintéticos : Una aproximación conceptual desde la estadística multivariante. *Gestión y Ambiente*, *11*(1), 121–140.

Fuentes, C., Irarrázaval, F., Romero, H., & Salgado, M. (2011). Comodificación y segregación socio-ambiental en Peñalolén: Comprendiendo su estructuración territorial. *Revista Sociedad y Equidad*, *0*(1), 1–29. https://doi.org/10.5354/0718-9990.2011.10601

Fundación Misión Colombia (1988). *Historia de Bogotá.* Benjamin Villegas Editores.

Garza, G. (2013). *Teoría de las condiciones y los servicios generales de la producción.* Retrieved from https://libros.colmex.mx/wp-content/plugins/documentos/descargas/teoria_de_las_condiciones.pdf

Grannis, R. (2002). Discussion: Segregation indices and their functional inputs. *Sociological Methodology*, *32*(December 2002), 69–84. https://doi.org/10.1111/1467-9531.00111

Harvey, D. (2006). *Social Justice and the City*. *Geographical Review* (Vol. 65). https://doi.org/10.2307/213551

Henao, R. (1997). Introducción a la geoestadistica, teoria y aplicación, 94. Retrieved from ftp://ftp.ciat.cgiar.org/DAPA/projects/Cursos_Talleres/Curso_R/DOCUMENTOS/LIBRO DE GEOESTADISTICA.pdf

Heyner M. Fernando Rodríguez Rodríguez. (2014). Aplicación de métodos de interpolacion y modelamiento geoestadístico en la evaluación de la calidad del aire en Bogotá D.C.

Jaramillo, S. (2008). *Hacia una teoría de la renta del suelo urbano* (Segunda ed). Bogotá, D.C. Retrieved from http://www.institutodeestudiosurbanos.info/dmdocuments/cendocieu/coleccion_digital/Teoria_Renta_Suelo-Capitulo_8.pdf

Lefebvre, H. (1971). *De lo Rural a lo Urbano: Antología preparada por Mario Gaviria*. (ediciones peninsula, Ed.), *Ediciones Península*. Barcelona . https://doi.org/10.1177/072551369203300110

Link L., F. (2011). Reseña: Seeking spatial justice. Edward Soja. *Revista EURE*, *37*(111), 173–177. Retrieved from https://scielo.conicyt.cl/pdf/eure/v37n111/art08.pdf

Londoño, E. P., Turbay, M. U., Licht, N. Y., Enrique, G., Barragán, Á., Jaramillo, P. R., … Cifuentes -Diseñador, B. (2017). *2 Segundo Reporte Técnico de Indicadores de Espacio Público 3 Contenido*. Retrieved from

http://observatorio.dadep.gov.co/sites/default/files/Reporte-tecnico-2-2017.pdf

Marini, R. M. (2008). Dialectica de la dependencia (1973). In C. latinoamericano de C. S. S. del H. E. CLACSO (Ed.), *América Latina, dependencia y globalización* (p. 292). Buenos Aires y Bogotá: Siglo del Hombre Editores. Retrieved from http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/clacso/se/20100830091927/04dialectica2.pdf

Maya, Á. A. (2013). El Reto de la Vida. Ecosistemas y Cultura, Una introducción al Estudio del Medio Ambiente., 121. Retrieved from www.augustoangelmaya.com

Ministerio de ambiente, y desarrollo sostenible. (2017). *Resolución 2254 de 2017*. Bogotá. Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res 2254 de 2017.pdf

MINISTERIO DE AMBIENTE, V. Y. D. T. (2010a). *PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE - MANUAL DE DISEÑO DE SISTEMAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE*. Bogotá, D.C. Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/contaminacion_atmosferica/Protocolo_Calidad_del_Aire_-_Manual_Diseño.pdf

MINISTERIO DE AMBIENTE, V. Y. D. T. (2010b). *PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE - MANUAL DE OPERACION DE SISTEMAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE*. Bogotá. Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/contaminacion_atmosferica/Protocolo_Calidad_del_Aire_-_Manual_Operación.pdf

MINISTERIO DE AMBIENTE, V. Y. D. T. Resolución 601 del 24 de marzo de 2010 (2010). Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/bf-Resolución 610 de 2010 - Calidad del Aire.pdf

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del aire, 287.

Moreno Jiménez, A. (2013). Población y polución atmosférica intraurbana por dióxido de nitrógeno en Madrid: Análisis desde la justicia ambiental basado en sistemas de información geográfica. *Cuadernos Geograficos*, *52*(1), 84–107.

Palacio, Luis A. (2001) *Naturaleza en disputa. Ensayos de historia ambiental 1850 – 1995*. Universidad Nacional de Colombia.

Pradilla, E. (2014). La ciudad capitalista en el patrón neoliberal de acumulación en América Latina. *Cadernos Metrópole*, *16*(31), 37–60. https://doi.org/10.1590/2236-9996.2014-3102

Prandín, G. A. DISFUNCIONALIDAD AMBIENTAL MARPLATENSE . EL CASO DEL COMPLEJO HABITACIONAL CENTENARIO. MAR DEL PLATA. Argentina. *Universidad Nacional de Mar Del Plata*. https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201

Prieto, M. B. (2008). Fragmentación socio-territorial y calidad de vida urbana en Bahía Blanca. *Geograficando*, *4*(4), 193–214. Retrieved from http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.3746/pr.3746.pdf

Reardon, S. F., & O'Sullivan, D. (2004). *Measures of spatial segregation*. *Sociological Methodology* (Vol. 34). https://doi.org/10.1111/j.0081-1750.2004.00150.x

Rodriguez Susa, M. S., Porras, L., Martinez, L., & Ramirez, N. (2014). *Calidad del Recurso Hídrico de Bogotá (2012-2013)* (Uniandes:). Bogotá D.C., Colombia. Retrieved from oab.ambientebogota.gov.co/.../calidad_recurso_hidrico_2009-2010.pdf

Rodríguez Vignoli, J. (2001). Segregación residencial socioeconómica: ¿qué es?, ¿cómo se mide?, ¿qué está pasando?, ¿importa? *CEPAL - SERIE Población y Desarrollo*, *No. 16*, 80. Retrieved from http://archivo.cepal.org/pdfs/2001/S017595.pdf

Romero, H. (2010). ECOLOGÍA POLÍTICA DE LOS RIESGOS NATURALES Y DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN SANTIAGO DE CHILE: NECESIDAD DE JUSTICIA AMBIENTAL. *Scripta Nova*, *XIV*(331 (52)), 1–13.

Romero, H., Azócar, G., Ordenes, F., Vásquez, A., & Toledo, X. (2001). Ecología urbana de las ciudades intermedias chilenas. *Ambiente y Desarrollo*, *14*, 45–51. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Romero, H., Salgado, M., & Fuentes, C. (2011). Segregación Socio-ambiental en espacios intraurbanos de la ciudad de santiago de Chile, 55–82. Retrieved from http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/118161/SegregacionSocioAmbienta.pdf?sequence=1

Sabatini, F., & Brain, I. (2008). La segregación, los guetos y la integración social urbana: mitos y claves. *EURE (Santiago)*, *34*(103), 5–26. https://doi.org/10.4067/S0250-71612008000300001

Salgado, M., Vásquez, A., & Fuentes, C. (n.d.). Desigualdades Socio-Ambientales Urbanas. Estudio de Caso en la Comuna de Peñalolén, 1–12.

Sanchez, Consuelo. (1998). *De la aldea a la metrópoli. Seis décadas de vida cotidiana en Bogotá., 1900-1959*. Bogotá.

Secretaría Distrital de Ambiente. (2009). Inventario de Emisiones Provenientes de Fuentes Fijas y Móviles. In *Elementos tecnicos del plan decenal de descontaminación de Bogotá* (Primera, p. 120). Bogotá D.C. Retrieved from https://uniandes.edu.co/sites/default/files/asset/document/parte-2-inventario.pdf

Secretaría Distrital de Ambiente. (2016). Informe Anual de Calidad del Aire 2015. Retrieved from https://www.google.com/search?q=ESTACIONES+DE+MONITOREO+DE+CONTAMINACIÓN+ATMOSFERICAS+EN+BOGOTA&ie=utf-8&oe=utf-8

Secretaría Distrital de Ambiente. (2017). *Documento Técnico de Soporte-Modificación del Decreto 98 del 2011*. Retrieved from www.ambientebogota.gov.co

Secretaría Distrital de Ambiente. (2018). Informe Anual de Calidad del Aire 2017.

Sedevich, A. M., Becerra, C., & Bombal, D. (2005). Ordenamiento territorial versus “tendencias espontáneas”: el caso de la cuenca del Jarillal, ciudad de Mendoza, Argentina. *Ordenamiento Territorial y Participación Social*, 369–395.

Sotomayor, Hugo A. (1977). *Guerras, enfermedades y médicos en Colombia*. Escuela de medicina Juan N Carpas. Orion editores ltda. Bogotá.

WHO. (2009). *Night noise guidelines for Europe*. *World Health Organization* (Vol. 100). https://doi.org/10.1093/ejechocard/jer095

Wirth, L. (1988). El urbanismo como modo de vida. *Antología de Sociología Urbana*, (2214), 162–183. Retrieved from www.bifurcaciones.cl