Análisis espacial de la fragmentación urbana basado en la destinación económica predominante por manzana en Bogotá D.C.

Autor

Juan Manuel Moreno Gama

Director

Luis Eduardo Castillo Méndez

Matemático – Magister en Ciencias Estadísticas.

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones

Énfasis en Geomática

Bogotá, Colombia

noviembre de 2024

DEDICATORIA

A mi madre, a mi alma mater, a mi familia, a mi pareja, a mi director, y a todos aquellos que me impulsaron a no detenerme ante la adversidad.

Contenido

DEDICATORIA 2
RESUMEN 5
PALABRAS CLAVE 5
LISTA DE SÍMBOLOS 6
LISTADO DE TABLAS 6
LISTADO DE ILUSTRACIONES 7
INTRODUCCIÓN 9
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 11
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 11
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA 11
1.3 SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA 13
2. OBJETIVOS 14
2.1 OBJETIVO GENERAL 14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 14
3. JUSTIFICACION 15
3.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA 15
3.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA 16
3.3 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA 17
4. MARCO DE REFERENCIA 19
4.1 MARCO TEÓRICO 19
4.1.1. FRAGMENTACIÓN URBANA. 19
4.1.2. INDIFRAG. 20
4.1.3. ANÁLISIS EXPLORATORIO DE LOS DATOS. 22

4.1.4. ANÁLISIS CONFIRMATORIO DE LOS DATOS. 23
4.1.5. ANÁLISIS ESPACIAL 23
4.1.6. DESTINACIÓN ECONÓMICA. 24
4.1.7. MODELO AUTO REGRESIVO ESPACIAL. 24
4.2 MARCO ESPACIAL 27
5. HIPÓTESIS 29
6. METODOLOGÍA 30
7. RESULTADOS 34
8. RECURSOS Y PRESUPUESTO 58
9. CRONOGRAMA. 61
10. LIMITACIONES 63
10.1. LIMITACIONES METODOLÓGICAS 63
10.2. LIMITACIONES DEL INVESTIGADOR 63
11. CONCLUSIONES 64
12. REFERENCIAS 66

RESUMEN

Se define la fragmentación urbana como el proceso de discontinuidad de la estructura funcional del territorio, es decir, la ruptura de la ciudad como unidad preexistente. Existen estudios previos de naturaleza cualitativa que abordan a nivel teórico y sociológico este proceso urbano, sin embargo, aún no se ha caracterizado y cuantificado un índice de fragmentación desde el análisis espacial en una ciudad colombiana, específicamente su capital. Esta investigación busca cubrir este vacío de conocimiento por medio de la identificación, caracterización, cuantificación y espacialización de este fenómeno que apoyará posteriores lineamientos, actuaciones y políticas públicas de control y seguimiento de las problemáticas resultantes de la fragmentación.

PALABRAS CLAVE

Fragmentación urbana, análisis espacial, índice de fragmentación, destinación económica

LISTA DE SÍMBOLOS

DNP	Departamento Nacional de Planeación
IDECA	Infraestructura de Datos Espaciales de Bogotá.
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
POT	Plan de Ordenamiento Territorial
UAECD	Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital
UPL	Unidad de Planeamiento Local

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de variables para el índice de fragmentación. 20
Tabla 2. Resumen del índice global I de Moran. 34
Tabla 3. Resumen dimensión de borde por destino económico predominante..... 46
Tabla 4. Análisis de resultado y productos esperados del proyecto 57
Tabla 5. Recursos y presupuestos. 58
Tabla 6. Cronograma de actividades del proyecto 61

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Tipo de relaciones de vecindad comparativo entre datos espaciales y movimientos de fichas de ajedrez. 25
Ilustración 2. Localización de Bogotá. 28
Ilustración 3. UPL de Bogotá Fuente: Elaboración propia 28
Ilustración 4. UPL de Bogotá Fuente: Elaboración propia 30
Ilustración 5. Ejemplo de Objeto y Súper-objeto Fuente: Elaboración propia 32
Ilustración 6. NobSO de manzanas por sector catastral en Bogotá D.C. Fuente: Elaboración propia 36
Ilustración 7. DDSo de manzanas por sector catastral en Bogotá D.C. Fuente: Elaboración propia 37
Ilustración 8. DoSo de manzanas por sector catastral en Bogotá D.C. Fuente: Elaboración propia 38
Ilustración 9. SIMP por sector catastral en Bogotá D.C. Fuente: Elaboración propia 39
Ilustración 10. IFFR por sector catastral en Bogotá D.C. Fuente: Elaboración propia 40
Ilustración 11. HOTSPOT NobSO manzanas por sector catastral en Bogotá D.C. Fuente: Elaboración propia 41
Ilustración 12. HOTSPOT DDSO de manzanas por sector catastral en Bogotá D.C. Fuente: Elaboración propia 42
Ilustración 13. HOTSPOT DOSO de manzanas por sector catastral en Bogotá D.C. Fuente: Elaboración propia 43
Ilustración 14. HOTSPOT SIMP por sector catastral en Bogotá D.C. Fuente: Elaboración propia 44
Ilustración 15. HOTSPOT IFFR por sector catastral en Bogotá D.C. Fuente: Elaboración propia 45
Ilustración 16. Regresión Lineal dimensión de borde del destino residencial en Bogotá D.C. Fuente: Resultante del procesamiento en ARCGIS® 47
Ilustración 17. Regresión Lineal dimensión de borde del destino comercio pequeño en Bogotá D.C. Fuente: Resultante del procesamiento en ARCGIS® 47

Ilustración 18. Regresión Lineal dimensión de borde del destino comercio grande en Bogotá D.C. Fuente: Resultante del procesamiento en ARCGIS®..... 48
Ilustración 19. Regresión Lineal dimensión de borde del destino de oficinas 48
Ilustración 20. Regresión Lineal dimensión de borde del destino dotacional en Bogotá D.C. Fuente: Resultante del procesamiento en ARCGIS®..... 49
Ilustración 21. Regresión Lineal dimensión de borde del destino industria pequeña en Bogotá D.C. Fuente: Resultante del procesamiento en ARCGIS®..... 49
Ilustración 22. Regresión Lineal dimensión de borde del destino industria grande en Bogotá D.C. Fuente: Resultante del procesamiento en ARCGIS®..... 50
Ilustración 23. Regresión Lineal dimensión de borde del destinos restaurantes y hoteles en Bogotá D.C. Fuente: Resultante del procesamiento en ARCGIS®..... 50
Ilustración 24. Regresión Lineal dimensión de borde del destino transporte de almacenamiento en Bogotá D.C. Fuente: Resultante del procesamiento en ARCGIS®... 51
Ilustración 25. Agrupación con restricción espacial IFFR - NOBSO por sector catastral en Bogotá D.C. Fuente: Elaboración propia..... 52
Ilustración 26. Diagrama de caja IFFR - NOBSO por sector catastral en Bogotá D.C. Fuente: Elaboración propia..... 53
Ilustración 27. Clúster sin restricción espacial IFFR por sector catastral en Bogotá D.C. Fuente: Elaboración propia..... 54
Ilustración 28. Diagrama de caja sin restricción espacial IFFR por sector catastral en Bogotá D.C. Fuente: Elaboración propia..... 54
Ilustración 29. Clúster con restricción espacial de variables por sector catastral en Bogotá D.C. Fuente: Elaboración propia..... 55

INTRODUCCIÓN

En Bogotá confluyen una gama de problemáticas del orden social y económico, que modifican las estructuras de producción y centralizan la fuerza de trabajo, esto es evidenciado en las transformaciones del territorio, la modernización de la estructura de la ciudad y modificación de los espacios públicos. Estas diferentes configuraciones espaciales están ligadas a adiciones del suelo urbano, autoconstrucción, dinámicas del sector inmobiliario, estructura del transporte público, infraestructura, desarrollo de nuevas centralidades y la trasformación del espacio público producen la fragmentación urbana.

Actualmente no existe evidencia de la caracterización, cuantificación y espacialización de la fragmentación urbana en Bogotá, lo que puede incurrir en un factor de riesgo en la formulación de políticas públicas y su adecuada orientación a los habitantes de las unidades desagregadas, por lo que es necesario complementar los estudios existentes con enfoques metodológicos basados en análisis cualitativos de relaciones, condiciones económicas, culturales y étnicas los cuales buscan explicar las causas y consecuencias de este fenómeno en la ciudad.

La propuesta de esta investigación consiste en implementar un análisis espacial del índice de fragmentación a nivel de sectores catastrales en Bogotá a partir de una selección de variables de área, perímetro, forma, agregación y diversidad cuya implementación fue desarrollada por el grupo de Cartografía, Geo Ambiental y Teledetección del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la Universidad Politécnica de Valencia, España. Este índice de fragmentación se calculó por destinación económica predominante en la ciudad.

Las limitaciones de esta investigación están concentradas sobre el procesamiento de grandes volúmenes de información, el empalme y pertenencia de las capas cartográficas y la disponibilidad de la información en los niveles de detalle específicos.

Los resultados del proyecto son: mapas de caracterización de la fragmentación urbana en Bogotá según destinación económica predominante, mapa de clúster por índice de

fragmentación y modelo de estimación de variables que influyen en la fragmentación urbana, un artículo de investigación asociado a los resultados del proyecto (el cual se encuentra en proceso de aceptación) y 2 ponencias de carácter científico y presenciales con enfoques investigativo y ambientales donde se discuten y se presentan los resultados obtenidos en el presente proyecto.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El diagnóstico actual de Bogotá según Gómez y Arias, evoca a una ciudad poli céntrica, polarizada, segmentada, cuyo Plan de Ordenamiento Territorial (POT) creará nuevas condiciones inmobiliarias que se manifestarán en la forma en la que la ciudad seguirá expandiéndose, ya sea de manera vertical y horizontal, dicha expansión podría continuar de manera fragmentada teniendo en cuenta los principios de forma, área, perímetro, agregación y de diversidad. Para evitar este pronóstico es necesario establecer, formular y ejecutar políticas públicas con el fin de dar el manejo adecuado a este fenómeno. Es necesario entonces, una correcta identificación e interpretación de la fragmentación urbana sobre la dimensión espacial; para el presente trabajo investigativo, el cual podrá ser base para sustentar, complementar y modificar las políticas y análisis cualitativos ya existentes y que contemplan sus demás dimensiones.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

Algunos autores como Jorge Romero, identifican que la ciudad de Bogotá aparece en el contexto urbano durante los años treinta caracterizada de grandes casas contiguas y de amplios patios con tipologías arquitectónicas de súper manzana, adicionalmente con superficies importantes de espacios públicos emblemáticos y con un contenido significativo de identidad en sus habitantes, el cual se fue modificando poco a poco la manera como se estructuran los procesos de la planificación de la ciudad.

Aunadas a este contexto, aparecen características más específicas y no contempladas en la planificación como: la localización de viviendas con mejores diseños, materiales, acabados y con mayor acceso a servicios públicos; las cuales se convertirían en zonas estratégicas y en donde posteriormente se establecería el sistema de transporte. Estas particularidades dieron origen a la primera división de la ciudad entre dos grandes sectores (norte y sur).

Esta primera división de ciudad, permitió la generación de proyectos a escalas más detalladas que provocaron una separación más individualizada y una caracterización marcada de quienes habitaban y donde habitaban. “El proceso de fragmentación del espacio urbano de Bogotá tuvo origen en un proyecto de modernización socio-espacial selectivo y elitista. Este proyecto implicó estrategias como la introducción de nuevos tipos de "centro" como los CBD o los llamados Centros Cívicos, así como la adopción de principios funcionalistas para la expansión de la ciudad. La materialización segmentada de tales estrategias reveló las grandes contradicciones de la doble intencionalidad de la élite de La Hacienda de modernizar solo a un reducido grupo de la sociedad y algunas áreas de la vida cotidiana y, al mismo tiempo, mantener valores comunitarios históricos (como lealtades poli clasistas, sistemas de obediencia y socialización controlada, etc.) y su espacialidad.” (Jiménez y Berti, 2023).

La ciudad fue creciendo en población y por tanto aumentado la demanda de vivienda y de servicios, dando lugar a una configuración compleja del espacio. Actualmente se considera la ciudad más poblada de Colombia, de alta densidad poblacional (la cual se concentra en la periferia), con distanciamiento significativo desde sus hogares hasta sus lugares de estudio y/o empleo, generando altos costos de desplazamiento. Por lo tanto, es necesario a partir de esta complejidad de desarrollo de ciudad, generar una cuantificación de fenómenos como la fragmentación, considerando el desarrollo económico por medio de la destinación económica predominante y así mismo determinar la distribución de sus valores a través del espacio geográfico.

Este fenómeno en constante transformación genera interés por parte de los investigadores en diferentes áreas del conocimiento, así mismo estas investigaciones son delimitadas a aspectos metodológicos con el fin de trabajarla de acuerdo a una dimensión más concreta. “Uno de los aspectos a especificar al momento de abordar la fragmentación urbana es la dimensión que será analizada, estas son diversas: espacial (Soja, 2008), territorial (Alvarado y Di Castro, 2013; Soldano, 2008), física (Vidal, 1997), social (Vidal, 1997; Marmolejo y Stallbohm, 2008; Guzmán y Hernández, 2013), principalmente, aunque también existe otras como residencial (De Mattos, 2001 en Valdés, 2007), institucional (Cariola y Lacabana, 2001), política (Pírez, 2005; Prévôt, 2000 por Capron y Esquivel, 2016), etc. Estas pueden ser abordadas de forma aislada o en conjunto como sucede con

la fragmentación socio espacial (Prévôt, 2001) y socio territorial (Valdés, 1999)" (Peñuelas, 2021).

Se establece la destinación económica como variable a estudiar teniendo en cuenta la definición de los autores sobre la fragmentación: "El concepto de fragmentación hace referencia al proceso por el cual los usos del suelo se encuentran demasiado segregados espacialmente como para poder lograr una funcionalidad óptima" (Wei and Zhang, 2012). Cabe resaltar que según en Bogotá se define uso como "la actividad económica que se le está dando a la construcción en un predio al momento de su reconocimiento". Y el destino económico como "la actividad económica potencial de un predio (la finalidad propuesta)," "el destino económico está asociado tanto al uso de la construcción como a la norma urbanística" (Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital, s. f.), es decir que la variable que nos permite proyectar la información normativa y el uso del suelo es la destinación económica.

De lo anterior se establece la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo espacializar de forma cuantitativa la fragmentación en la ciudad de Bogotá D.C. de acuerdo con la destinación económica predominante por manzana?

1.3 SISTEMATIZACION DEL PROBLEMA

Por medio de la evaluación cuantitativa de la fragmentación urbana se busca resolver los siguientes interrogantes.

- ¿Cómo caracterizar la fragmentación urbana basada en la destinación económica en Bogotá?
- ¿Cómo es el comportamiento espacial de los índices de fragmentación por sector catastral en Bogotá?
- ¿Qué variables explican el fenómeno de la fragmentación urbana en Bogotá?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar espacialmente la fragmentación urbana basada en la destinación económica predominante por manzana en Bogotá D.C.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la fragmentación urbana basada en la destinación económica en Bogotá.
- Definir el comportamiento espacial de los índices de fragmentación por sector catastral en Bogotá.
- Establecer y analizar las variables que podrían explicar el fenómeno de la fragmentación urbana en Bogotá.

3. JUSTIFICACION

3.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La definición de la fragmentación urbana ha venido expandiéndose de acuerdo al crecimiento de la ciudad y su población. Es decir que la fragmentación es un atributo de la ciudad y desde su origen la ha caracterizado el heterogéneo uso del suelo conforme a la división social y técnica del trabajo. (Valdés, 2001). La forma de abordar este proceso de análisis es: considerar dos grandes vertientes: el estudio de la desigualdad social y la distribución de los recursos, y, por otra parte, considerar las investigaciones acerca de la discontinuidad de la trama urbana en torno a su expansión.

El estudio físico y espacial ha buscado analizar el modelo de ciudad latinoamericano comprendiendo el contexto del proceso de desarrollo diferenciado, en donde la demanda de servicios especializados ha generado localizaciones estratégicas de elementos de tipo dotacional e institucional a lo largo de estas ciudades sin un elemento que homogenice las distancias y la aglomeración de diferentes destinaciones económicas en sectores específicos que mayoritariamente coinciden con altos puntajes en la clasificación socio económica, teniendo en cuenta que estos sectores socioeconómicos (medio – alto y alto – alto) poseen el poder adquisitivo para obtener una relocalización de sus viviendas a donde se ofrezca la mejor calidad urbanística, acceso a servicios y cercanía a su lugar de trabajo, esto ocasiona el desplazamiento de otros habitantes que no pueden mantener este costo de vida para acceder a estos beneficios urbanísticos.

A partir de la ruptura del espacio, es decir, la desintegración de la ciudad que se definía como un núcleo definido y que ahora se desarrolla en diferentes direcciones, es necesario analizar sus fragmentos desde una perspectiva o enfoque el cual relacione su ubicación en el espacio con su desarrollo de la misma. Considerando lo anterior, es considerado la definición de destinación económica, la cual surge desde la teoría de la planificación urbana y la implementación del reconocimiento predial, en términos prácticos se refiere a la identificación que tiene cada predio de conformidad con la actividad económica que en él

se desarrolle, puesto que se trata un análisis del orden cuantitativo que limita a las ambigüedades en sus antecedentes y están orientadas a lo dispuesto en la planificación y ordenamiento del territorio.

Adicionalmente, este fenómeno es analizado a partir del urbanismo con autores como David Harvey en sus obras como la relación del espacio y la sociedad, interpretando ideas determinísticas; es decir cómo esté diseñada la cuidad llevará un comportamiento social y las ideas ambientales; donde los procesos sociales tienen una dinámica propia ajena a los planificadores. Donde concluye que la ciudad es una interacción entre las formas espaciales (localización de objetos) y los procesos sociales (los trabajadores y su lugar de trabajo (Harvey, 1979).

Otros autores como Robert Sommer resaltan la importancia de los estímulos físicos para la determinación de pautas de comportamiento, agrupando la importancia en las ciudades de la planeación física y su propósito de reorganización y las subculturas que pueden crear divergencias culturales muy fuertes que cambien los comportamientos sociales.

3.2 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Existen antecedentes de la investigación de la fragmentación urbana considerando las problemáticas resultantes, esto es analizando por medio de los resultados obtenidos de la revisión sistemática de la literatura sobre fragmentación urbana para América latina y el Caribe obtenida por Mejía Franco, N., Serna Mendoza, C. A., y Czerny, M. (2023). “Las Ciencias Sociales se convierten en la principal área temática de publicación sobre fragmentación urbana, teniendo en cuenta que un poco más del 50% de las divulgaciones son analizados bajo una perspectiva de este campo del conocimiento; un 25% de las publicaciones se enmarcan en el área de las Ciencias Ambientales, y un 22% a las Ciencias Agrícolas y Biológicas”.

A nivel de tendencias los autores resaltan tres grandes grupos: la fragmentación urbana sobre los sistemas socio ecológicos que asocian políticas que regulan los tipos de hábitats para disminuir los conflictos locales entre fronteras, el segundo grupo refiere a la fragmentación urbana y el desarrollo sustentable de los territorios, estos estudios dan una

visión de la sustentabilidad y buscan reducir la incertidumbre de la calidad de vida, prevención de riesgos, estrategias para la mitigación del cambio climático, gobernanza, transparencia, entre otros. Finalmente, el tercer grupo aborda el enfoque diferencial de las poblaciones, es decir, si la fragmentación urbana incide de la misma manera en los diferentes tipos de población que habitan en la ciudad.

Los estudios que consideran la fragmentación de la ciudad como elemento espacial, se ven limitados a métodos cualitativos de las ciencias sociales, además, por esta razón es importante el desarrollo de metodologías cuantitativas que estudien estos elementos espaciales como son la ciudad y su desarrollo a partir de análisis exploratorios y modelos de predicción, estas podrían ser por medio de factores motrices y de forma, cuantificación de la cobertura por medio de la percepción remota y la interpretación de imágenes, sistemas de información geográfica y análisis socio demográfico que considere metodologías mixtas.

3.3 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El modelo de ciudad de Bogotá surgió con la creación de epicentros considerados como zonas geográficas con mayor afluencia de actividades económicas, estos epicentros coincidieron con los centros geográficos de la ciudad, sin embargo, debido a la relocalización de la vivienda de estratos altos al norte se generaron nuevos centros, generando dinámicas en el transporte principalmente alrededor de los corredores de la Carrera Séptima y la Avenida Caracas, generando multiplicidad de usos en los predios circundantes.

Luego aparecería el primer centro empresarial y financiero en inmediaciones de la Calle 72 y dos polos de desarrollo: World Trade Center ubicado en la Calle 100 y Unicentro en la Calle 127, esto implicó, que nuevamente surgiera el agotamiento de la vivienda en estas zonas y que predominaran los usos principales y complementarios asociados a estos polos. En estudios realizados por autores como Jorge Romero, indica que se planteó la manera de expandir la ciudad con dirección al occidente, lo que dio origen al proyecto más grande de desarrollo urbanístico de la época: Ciudad Salitre, junto a la creación del Aeropuerto El Dorado, dando origen al concepto de Bogotá poli céntrica, en donde el diferencial del valor

del suelo y la clasificación socio económica ya no dependían únicamente de la distancia sino también de la distribución de usos a nivel urbano.

Por lo anterior, se hace necesario poder analizar como la destinación económica cumple un papel fundamental en los procesos de fragmentación, cuál es su comportamiento en el espacio y que variables posiblemente puedan explicarla.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 MARCO TEÓRICO

4.1.1. Fragmentación urbana.

El término fragmentación, es utilizado en las ciencias sociales para subrayar la heterogeneidad de un ecosistema o territorio, al ser relativamente nuevo en el ámbito académico, la noción de fragmentación no tiene una definición única (Benedetti (director), 2020), en los discursos urbanísticos existen múltiples aceptaciones del término y en algunos casos incluso contradictorias, este hecho fue el punto inspiración de la tesis doctoral del Arquitecto Daniel Kozak, él acuñó el término como el proceso y estado espacial que resulta separado e inconexo por límites y obstáculos, acompañado generalmente por divisiones socio-económicas y/o étnicas (Kozak, 2008). Esta definición es similar a la de la doctora en Geografía Prévôt Schapira, para ella fragmentación es el resultado de la desconexión y perdida de funcionamiento global de una ciudad, en pro de beneficiar unas pocas zonas, causando que ciertos vínculos naturales se pierdan y barrios pobres se encuentren yuxtapuestos con barrios ricos (Schapira, 1999).

Algunos ejemplos de fragmentación son, urbanizaciones cerradas, parques de oficinas y espacios públicos privatizados orientados al consumo, estos últimos producto de un Estado Neoliberal que es permisivo y facilitador, porque flexibiliza las políticas urbanísticas en beneficio del inversor privado, reduciendo la capacidad de usar estos espacios, así pues, una ciudad fragmentada se encuentra dominada por el principio de exclusión, donde el espacio público es recortado y también resignificado (Kozak, 2008).

A este punto se vislumbra que la fragmentación se da en dos vertientes, una hace énfasis en el distanciamiento social y la desigualdad, donde surgen fronteras materiales e inmateriales y limitaciones de acceso a dotacionales, comercio y servicios. La otra hace énfasis en la separación física y disociación de las partes, por cambios morfológicos en de la ciudad o privatización de espacios públicos (Pérez de Murzi et al., 2023). En últimas, la

fragmentación urbana trasciende a efectos sociales, económicos, políticos y espaciales; puesto que concentra las inversiones y el crecimiento económico en zonas específicas, con un Ordenamiento Territorial que localiza bienes y servicios con patrones individualistas, que promueven la segregación de la población (Benedetti, 2020), lo que termina por acentuar el problema. Y como afirma Piñero, la fragmentación a diferencia de otros procesos de división, es casi indeleble durante un prolongado periodo de tiempo, incluso derribando las fronteras físicas, paradigmas culturales o diferencias sociales (Piñero, 2014).

4.1.2. INDIFRAG.

Es una herramienta desarrollada por el Grupo de Cartografía Geo Ambiental y Teledetección CGAT de la Universidad Politécnica de Valencia España, como especifica la Guía de Usuario, (Moll & Ruiz, 2016) tiene como objeto "calcular un conjunto de índices y variables que describen de forma cuantitativa el nivel de fragmentación y la distribución espacial de los usos y coberturas del suelo atendiendo a propiedades morfológicas, espaciales y tipológicas de los objetos cartográficos, así como cuantificar los cambios ocurridos en un periodo de tiempo, todo ello de manera automática. Al trabajar con mapas de coberturas en formato vectorial utiliza las relaciones topológicas, facilitando la interpretación y el análisis de la fragmentación en diferentes áreas de una zona de estudio determinada" (p. 3). En la *tabla 1* se indican los índices de acuerdo a su clasificación.

Tabla 1. Clasificación de variables para el índice de fragmentación.

ÍNDICES DE FRAGMENTACIÓN		
Clasifica	Atributo	Definición
Clasificación según nivel de cálculo y aplicación	Objeto	Hace relación con la definición de entidad, es decir, una cosa de la vida real (aunque puede ser un concepto abstracto), que contienen características propias. Un ejemplo de un objeto es la manzana catastral, los índices de este nivel describen de dicho objeto independiente de cada elemento del área de estudio, por lo que no tiene en cuenta su clase o pertenencia súper-objeto.

	Clase	Hace referencia a una característica propia del objeto del cual es posible su clasificación. Un ejemplo de clase es la destinación económica, en este nivel se agrupan los objetos con la misma tipología asignada.
	Súper-Objeto	Hace referencia a una entidad que agrupa objetos. Un ejemplo de súper objeto es una UPL (Unidad de Planeamiento Local), cada súper-objeto está formado por una o más clases que a su vez están formadas por objetos.
Clasificación en función del patrón que miden los estadísticos y sus propiedades	Área y borde	Representa una colección de medidas con relación al tamaño y perímetro de los objetos. Los índices son: Áreas para los tres anteriores, es decir, AreaO, AreaCl y AreaSO; Perímetro para los tres niveles anteriores, es decir, PerimO, PerimCl y PerimSO; Índice de Fragmentación Urbana Ponderado (IFUP); Densidad de Clase (DC); Densidad Urbana (DU); Índice Leapfrog Bruto (IPF); Tamaño Medio del Objeto (TM); Densidad de Borde (DB) y Dimensión del Borde (DimB).
	Forma	Representa una colección de medidas con relación a la forma, y aunque es un parámetro difícil de cuantificar, aporta información sobre la morfología del objeto. Los índices en su mayoría con en función dela relación entre perímetro y área, estos son: Ratio Medio Perímetro-Área (RMPA), índice de Forma (IF), Dimensión Fractal (DF) y Dimensión Fractal Ponderada del área Media del Objeto (DFP).
	Agregación	Representa la colección de medidas que muestran la tendencia de los objetos a agregarse espacialmente, es decir que tan dispersos están, como es la estructura del Súper-Objeto, la intercalación, subdivisión y separación. Los índices son: Número de Objetos (NOB), Densidad del Objeto (DO), Distancia Estándar Ponderada (DEP), Distancia Euclidiana Media del Vecino Más Próximo (DEM),Tamaño Efectivo de Malla (TEM), Grado de Coherencia (GC), Índice de Separación (IS), Dimensión del Radio (DimR), Cohesión (COHE), Compacidad de la Clase (C) y Compacidad Urbana (CU).

	Diversidad	Cuantifica la diversidad de clases dentro de un Súper-Objeto, describiéndola composición interna sin tener en cuenta la configuración espacial. Tiene dos componentes, uno la riqueza (número de clases presentes) y dos la uniformidad (la distribución más o menos homogénea de clases). Los índices son: Número de Clases (NCl), Diversidad de Shannon (DSHAN), Uniformidad de Shannon o Entropía (USHAN), Diversidad de Simpson (USHAN), Índice de Fragmentación Funcional Relativa (IFFR), Índice de Fragmentación Funcional Absoluta (IFFA) y Densidad-Diversidad (DO).
	Contraste	Cuantifica la magnitud o diferencia entre objetos adyacentes de distintas clases dentro de un Súper-Objeto. Evidenciando altos o bajos contrastes entre objetos. Está conformado por un único índice en Ratio Contraste de Bordes (RCB).

Fuente: Elaboración propia a partir de la Guía de Usuario IndiFrag v2.1 por Marta Moll y Luis Ruiz.

Dicha estructura mencionada en la *tabla 1* es: Clase, Objeto y Súper-Objeto. Según Sapena y Ruíz (Sapena M. et al., 2015) "Los índices a nivel de objeto describen las características propias de cada objeto y se calculan de forma independiente. Un objeto típico sería, por ejemplo, una parcela catastral o un bloque urbano. En el nivel de clase se agrupan los índices que describen un conjunto de objetos de la misma clase, por ejemplo, las relaciones entre las parcelas catastrales que presentan un mismo uso. Por último, los índices a nivel de súper-objeto describen relaciones entre objetos de varias clases en un ámbito más amplio, como puede ser un límite administrativo de rango superior (barrio, distrito, etc.)".

4.1.3. Análisis exploratorio de los datos.

El análisis exploratorio de los datos permite resumir las características principales del conjunto objeto de estudio, a menudo se hace mediante herramientas de visualización, para descubrir patrones, anomalías, relaciones entre las variables y en general tener una mejor comprensión de los datos, hasta determinar que técnicas estadísticas utilizadas para el análisis son las más apropiadas (International Business Machines Corporation IBM, s. f.).

En últimas, sirve para formular preguntas y plantear hipótesis, que podrán ser probadas y resueltas en el análisis confirmatorio de los datos, con métodos estadísticos más complejos y formales (Statistical Discovery LLC, 2023).

4.1.4. Análisis confirmatorio de los datos.

El análisis confirmatorio de los datos permite, valga la redundancia confirmar lo observado en la fase exploratoria, es decir las relaciones entre variables y las hipótesis formuladas a través de un modelo estadístico previamente establecido (Santana-Rodríguez et al., 2019). En este tipo de análisis se calculan indicadores como media, moda, la varianza, coeficientes de correlación y regresión (Olivares, 2002). Y como señalaron Santana et al. (2019), “este tipo de análisis por lo generar siguen una metodología que se puede resumir en cuatro fases: la especificación, la identificación, la estimación y la evaluación e interpretación del modelo”.

4.1.5. Análisis espacial.

El análisis espacial puede ser visto como una herramienta para manipular los datos espaciales, con el fin sustraer de ellos nuevos datos que indiquen procesos y dinámicas en el espacio, con el objetivo de alcanzar un mejor entendimiento de los mismos (Rocha, 2014). Este tipo de análisis aborda problemas complejos que se relacionan con la localización de los datos, a través de una perspectiva geográfica, logra establecer relaciones en el espacio, y detectar patrones, tendencias, plantear hipótesis y tomar decisiones, por lo que permite analizar las características de los objetos y las relaciones espaciales con otros objetos (ESRI, s. f.), así como las redes lineales o también llamadas redes geométricas, es decir, las relaciones espaciales pueden mostrar el lindero de un predio, el uso del suelo y ubicación del mismo, mientras las redes lineales, muestran que una línea en un sistema de información geográfica representa que tipo de lindero tiene el predio ya sea un río, una cerca o una vía (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2023).

Los análisis espaciales poseen muchas ventajas, una de ellas es la posibilidad de combinar información de diferentes fuentes, para obtener nuevos datos, esto mediante herramientas

que permitan hacer geo procesos y administrar bases de datos espaciales y una vez el análisis espacial de respuesta a las preguntas espaciales complejas, con el análisis estadístico se podrán tomar decisiones sobre patrones significativos (ESRI, s. f.).

4.1.6. Destinación económica.

El destino económico de un predio, "es la clasificación para fines estadísticos que se da a cada inmueble en su conjunto, terreno, construcciones o edificaciones, en el momento de la identificación predial de conformidad con la actividad predominante que en él se desarrolle. (Resolución 070 de 2011 IGAC). El proceso de asignación de destino económico, va asociado a la determinación de zonas homogéneas físicas y zonas geoeconómicas, para determinar las segundas, es necesario definir las primeras, para ello se tienen en cuenta unas variables físicas, tales como topografía del terreno, acceso a vías y el estado en el que se encuentran, servicios, normas de uso, entre otras (Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, 2017). Estas zonas son base para que las autoridades tales como las Oficinas de Planeación desarrollen Esquenas o Planes de Ordenamiento Territorial, conceptos de norma de uso de suelo y finalidad propuesta para desarrollar la actividad económica potencial de un predio (Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital, s. f.).

Según el libro urbanismo y desigualdad social de David Harvey, relaciona la teoría del uso del suelo urbano está correlacionado con la teoría del valor de uso, la cual genera la importancia de los urbanistas en determinar y estipular modelos para controlar o influenciar a la ciudad, por esta razón es relevante la destinación económica, porque estipula la relación de uso actual con el esperado por los expertos. "También es interesante ver que los cambios del uso del suelo en el sector de la vivienda no son independientes de las posibilidades de ganancia que ofrecen otros tipos de uso del suelo" (Harvey, 1979).

4.1.7. Modelo auto regresivo espacial.

El modelo autor regresivo espacial captura la relación del valor de una variable en un punto con sus valores en el resto del sistema espacial (Anselin, 1988a). Para el proyecto, es

importante enfatizar los conceptos asociados a la autocorrelación espacial, la autocorrelación espacial surge siempre que el valor de una variable de interés en un lugar del espacio está relacionado con su valor en otro u otros lugares del espacio (Moreno y Vayá, 2004), donde se puede interpretar la relación o comparación entre vecinos, es decir una relación de contigüidad entre datos espaciales, esto nos apoya a indagar como es el comportamiento entre las unidades espaciales, si existe una variación negativa o competencia o una relación positiva o de cooperación. Según la *ilustración 1* se puede apreciar el comparativo del análisis realizado a nivel espacial con el movimiento de las fichas de ajedrez, como lo son la reina, la torre y el peón.



Ilustración 1. Tipo de relaciones de vecindad comparativo entre datos espaciales y movimientos de fichas de ajedrez.
Fuente: Tomado de Modelos de regresión para datos espaciales por Borrego Sánchez, 2018.

Estos modelos de estimación espacial pueden ser validados mediante un test, el más conveniente para el desarrollo del proyecto es I de Moran, elaborado por Alfred Pierce Moran, el cual nos permite medir la autocorrelación espacial de los datos, este clasifica la información en correlación negativa, positiva o sin correlación. La medida I de Moran viene dada por la siguiente expresión:

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} W_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} W_{ij}(z_i - z^-)(z_i - z^-)}{\sum_{i=1}^{n}(z_i - z^-)^2}$$

Ecuación 1. Formulación general de I de Moran, (Moran, 1950).

4.1.2. Análisis de puntos calientes.

Analiza espacialmente las entidades con valores altos o bajos. Funciona mediante el análisis de una entidad dentro del contexto de entidades vecinas (VECINDAD). Para ser un punto caliente estadísticamente significativo, una entidad debe tener un valor alto y también estar rodeada por otras entidades con valores altos.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^{n} w_{ij}x_j - \bar{X}\ \sum_{j=1}^{n} w_{ij}}{S\sqrt{\frac{\left[\sum_{j=1}^{n} w_{ij}^2 - \left(\sum_{j=1}^{n} w_{ij}\right)^2\right]}{n-1}}}$$

Ecuación 2. Formulación general de Gi de Getis Ord, (Getis, 1995).*

4.1.2. Clúster espacial.

Esta definición está asociada al conjunto o grupo de entidades que son agrupadas considerando las características espaciales que se encuentran en común. El algoritmo de los k vecinos más cercanos, conocido como algoritmo de aprendizaje basado en instancias, se almacenan unos centros los cuales van agrupando con los cercanos reconociendo sus vecinos y sus características de distancia. “Los datos de partida se encuentran almacenados, y los datos de entrada se clasifican buscando las k muestras más cercanas” (Maillo, 2003)

4.2 MARCO ESPACIAL

Bogotá, ciudad capital de Colombia como se evidencia en la *ilustración 2*, se encuentra ubicada en el centro del país sobre la cordillera oriental, tiene aproximadamente una extensión de 33 kilómetros de sur a norte y 16 kilómetros de oriente a occidente. Actualmente se encuentra ordenada por 33 Unidades de Planeamiento Local (UPL) evidenciado en la *ilustración 3*, buscan distribuir a la población y las condiciones mínimas de proximidad, disponibilidad y diversidad de soportes territoriales, servicios del cuidado y acceso al empleo, a su vez, se divide en sectores catastrales que son espacios geográficos en el que se divide el Distrito Capital, de acuerdo a las características de la clase de suelo. Este comprende los barrios en el área urbana, las veredas en el área rural, y mixtos en las áreas rurales con características urbanas. Su extensión geográfica es el área urbana y rural del Distrito Capital (IDECA, 2023). Actualmente existe una base catastral de 1,234 sectores catastrales en la ciudad.

Por otra parte, los sectores catastrales se encuentran conformados por manzanas catastrales que son la representación gráfica de una porción de terreno en la ciudad de Bogotá, conformada por uno o más predios y delimitado generalmente por vías o accidentes geográficos (diferentes formas que tiene el terreno). (Catastro Bogotá, 2023). Los sectores catastrales serán las unidades sobre las que se obtengan los valores de fragmentación para las destinaciones económicas predominantes a nivel manzana.

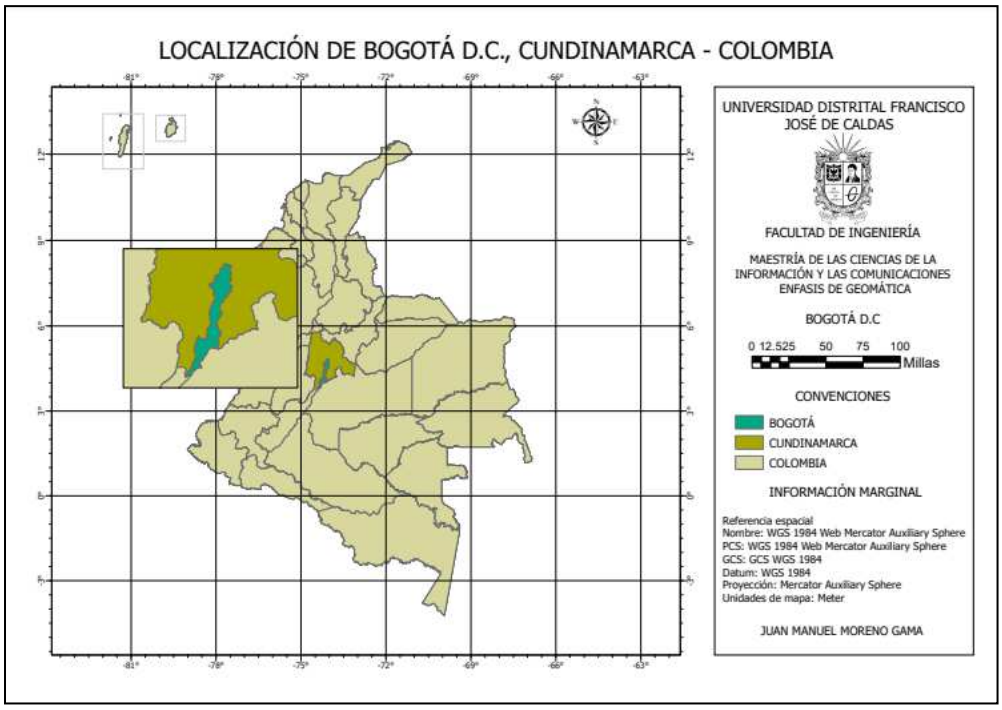


Ilustración 2. Localización de Bogotá.
Fuente: Elaboración propia.

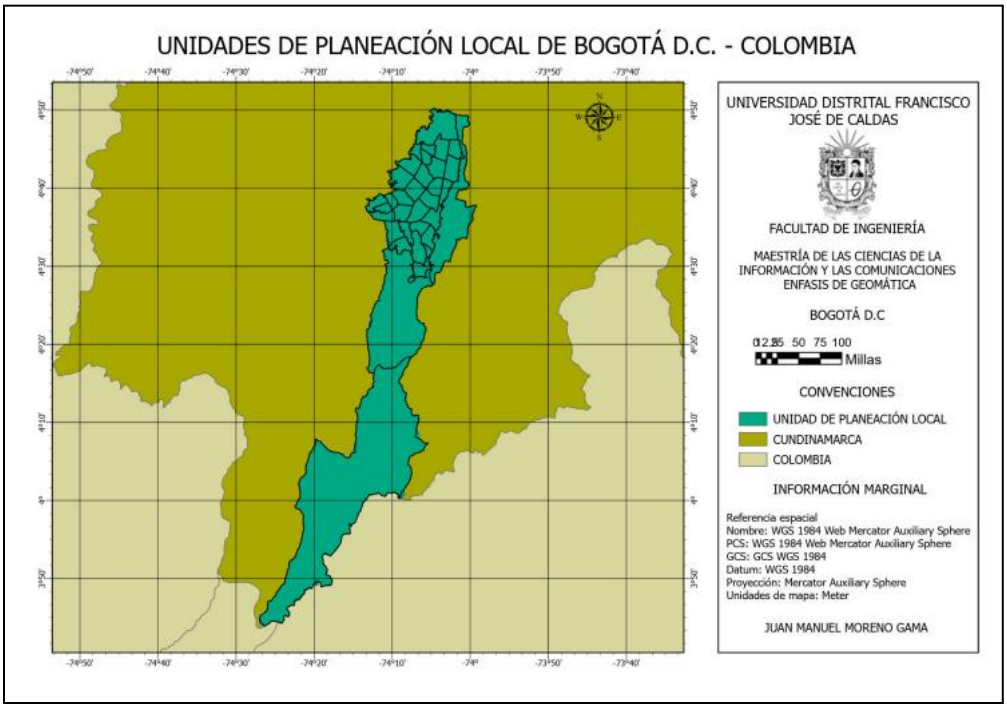


Ilustración 3. UPL de Bogotá
Fuente: *Elaboración propia*

5. HIPÓTESIS

Se puede obtener una caracterización de la fragmentación urbana a partir del análisis espacial de las destinaciones económicas predominantes a nivel de manzana y valores de variables asociadas a área, forma, diversidad, contraste, agregación de las manzanas catastrales de la ciudad de Bogotá.

6. METODOLOGÍA

Teniendo en cuenta la información recolectada e investigada en el apartado del marco teórico y conceptual, se procede a definir las fases de manera más detallada para analizar el fenómeno objeto de estudio en Bogotá D.C.

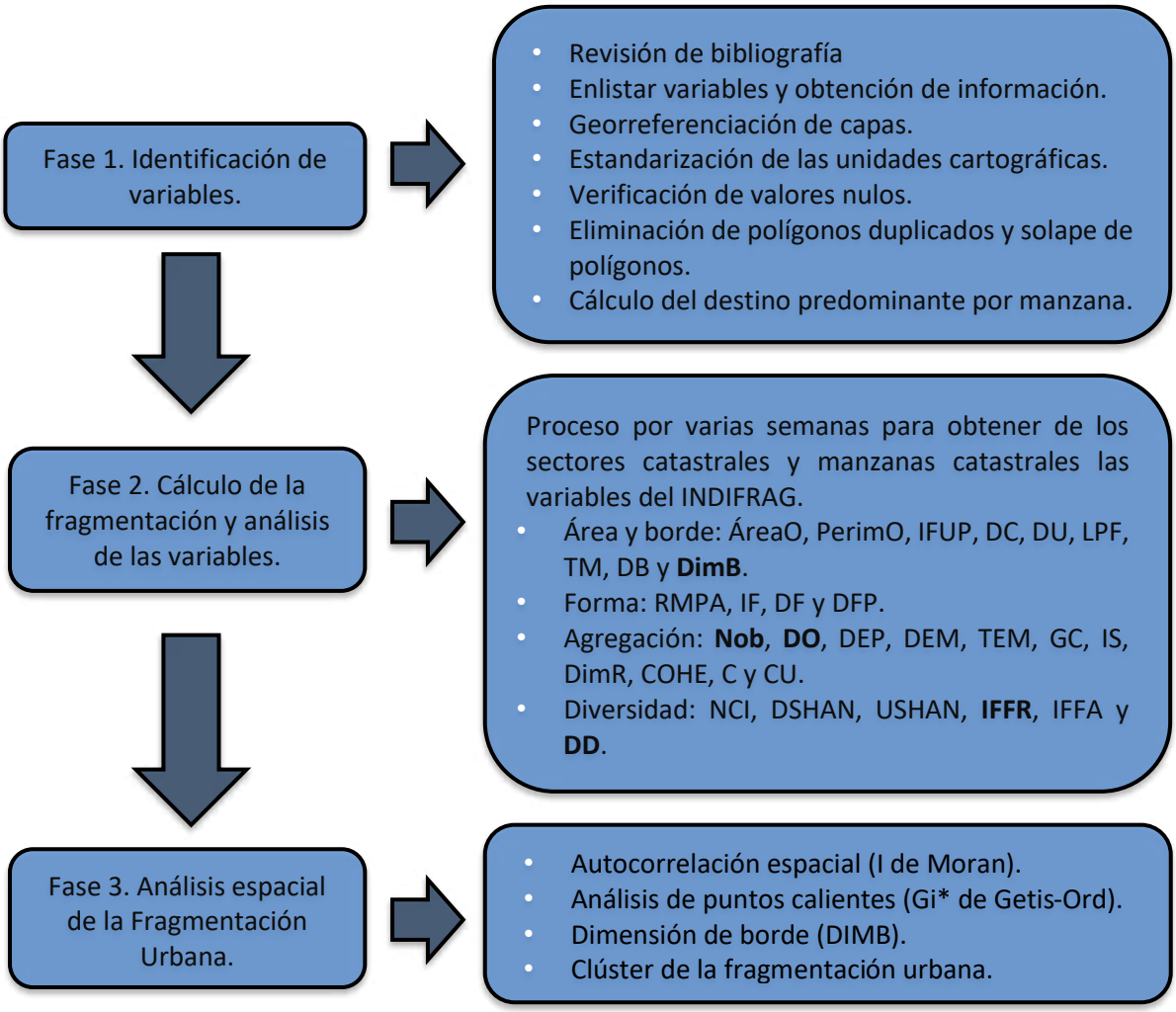


Ilustración 4. UPL de Bogotá
Fuente: *Elaboración propia*

6.1. FASE I. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Mediante esta primera fase, se apropia las definiciones y los conceptos asociados a la fragmentación urbana aportados en la bibliografía, se procede a identificar y enlistar las variables que podrían influir en el objeto de estudio, posteriormente, se procede a recolectar la información cuantitativa en formato vectorial, alfanumérico y gráfico. Con esta información se procede a pre-procesarlos mediante las siguientes etapas.

- Georreferenciación de capas vectoriales como manzana, sectores catastrales, destinaciones económicas.
- Estandarización de las unidades cartográficas considerando la escala de cada capa.
- Verificación de valores nulos con el fin de evitar información vacía al momento de procesar la información.
- Eliminación de polígonos duplicados.
- Eliminación del solape de polígonos.

Dentro de la revisión bibliográfica se identificó una serie de variables, las cuales son obtenidas por medio de procesamiento de capas poligonales a través de la implementación de la herramienta de análisis basada en objetos INDIFRAG. Para su ejecución es necesario identificar un objeto o entidad cuya condición es que contenga un campo de clasificación, para este caso, el objeto es la capa de manzanas y la clase es la destinación económica predominante de la manzana. De manera opcional requiere la clasificación urbana y súper-objetos que contengan los objetos, se adiciona el campo de tipo de suelo, como súper objetos se seleccionan los sectores catastrales.

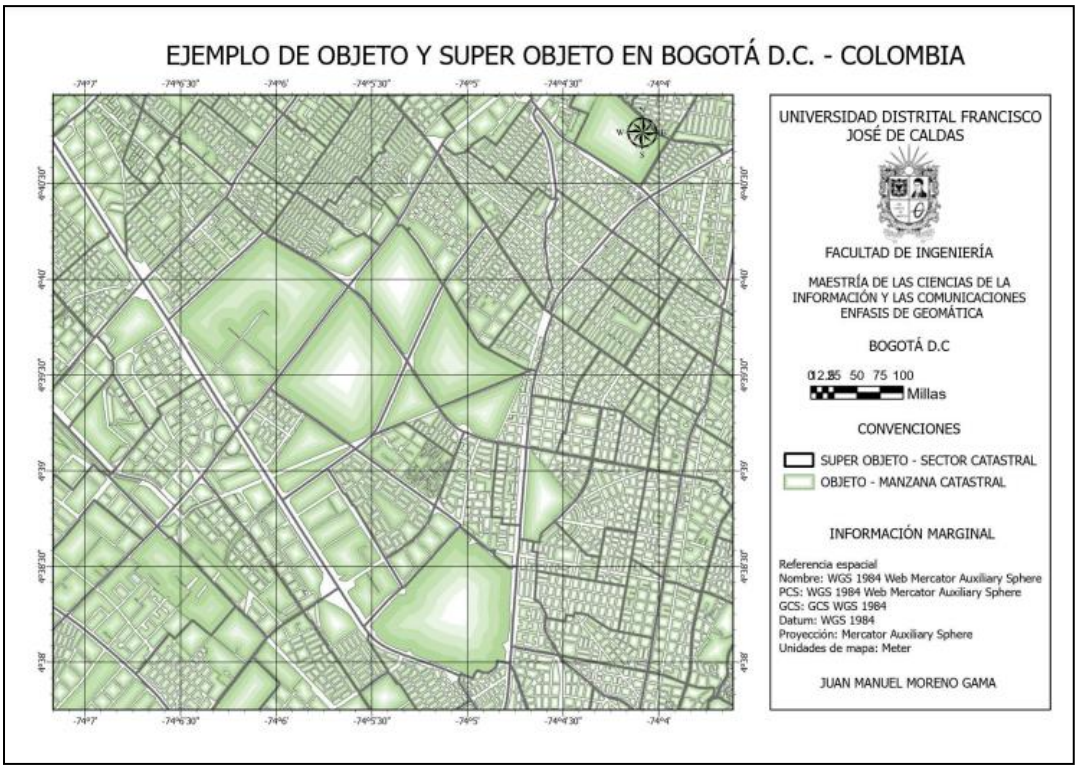


Ilustración 5. Ejemplo de Objeto y Súper-objeto
Fuente: *Elaboración propia*

Luego de un procesamiento de varias semanas por la cantidad de información de entrada y procesos que posee la herramienta, se identifica las variables y de acuerdo a la bibliografía, se dividen en diferentes grupos:

- Área y borde: Área, PerimO, IFUP, DC, DU, LPF, TM, DB y DimB.
- Forma: RMPA, IF, DF y DFP.
- Agregación: Nob, DO, DEP, DEM, TEM, GC, IS, DimR, COHE, C y CU.
- Diversidad: NCI, DSHAN, USHAN, IFFR, IFFA y DD.
- Contraste: RCB.

Esta primera fase conlleva la mayor duración del proyecto de investigación, ya que elaborar detenidamente cada proceso, verificar la información fuente, analizar las variables y contrastar su nivel de coherencia y significancia, son cruciales para la correcta caracterización de la fragmentación.

6.2. FASE II. CÁLCULO DE LA FRAGMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS VARIABLES

Luego de finalizar la primera fase de identificación, se continúa con la selección de variables; este proceso se efectúa por medio de un modelo auto regresivo espacial, considerando como variables dependientes IFFA e IFFR. Se realiza esta definición a partir de los fundamentos teóricos acerca de las áreas funcionales, homogeneización urbana e identificación de fragmentos.

Posteriormente, se comienza a evaluar el nivel de significancia y el ajuste del modelo y se realiza el análisis estadístico de las variables, se desarrollan los ajustes para preseleccionar las variables, se estudia el grado de correlación, se evalúa la funcionalidad del modelo mediante pruebas y comprobación de supuestos y finalmente se procede a hacer una selección final de las variables.

6.3. FASE III: ANÁLISIS ESPACIAL DE LA FRAGMENTACIÓN URBANA

Después de concluir las fases anteriores, se realiza un análisis espacial de la fragmentación urbana en la ciudad, este comprende la espacialización de las variables y de las unidades de estudio, una identificación previa de las relaciones que interactúan y un análisis del comportamiento espacial exploratorio y confirmatorio de la fragmentación urbana por sector catastral y por Unidades de Planeamiento Local considerando las entidades de manzanas, obteniendo resultados de autocorrelación espacial (I de Moran Local y Global), análisis de tendencia y representaciones de la fragmentación a través de mapas y gráficos de dispersión.

En esta fase, se comprende un estudio destacado del fenómeno a nivel cuantitativo, esta innovación es resaltable considerando: que es llevado a cabo por primera vez en Bogotá, que la variable a considerar es la fragmentación urbana respecto a los destinos económicos de la ciudad.

7. RESULTADOS

Considerando la metodología, para obtener el cálculo de los índices de fragmentación urbana fue necesario generar un sistema particular en donde existiera la estructura fundamental.

Mediante método de correlación espacial, análisis estadístico y herramientas geográficas como INDIFRAG, se logró corroborar la fragmentación urbana dentro de la ciudad de Bogotá D.C., la cual es consecuente con la bibliografía social a nivel cualitativo, sin embargo, el aporte del presente proyecto está en la caracterización de tipo cuantitativa bajo las características particulares del sistema construido, además los siguientes resultados comprueban que actualmente la ciudad tiene un desarrollo poli-centrista.

Tabla 2. Resumen del índice global I de Moran.

VARIABLE	ÍNDICE DE MORAN	VARIANZA	PUNTUACIÓN Z	VALOR P
DDSO	0.356318	0.000195	25.561219	0.000000
DOSO	0.381598	0.000195	27.395370	0.000000
NOBSO	0.353311	0.000196	25.320848	0.000000
SIMP	0.257453	0.000196	18.467566	0.000000
IFFR	0.322275	0.000195	23.125019	0.000000

Fuente: Elaboración propia a partir de procesamiento en ARCGIS®

A partir de la *tabla 2* se identifica aquellas variables que se evidencian en la bibliografía general, cinco describen un patrón espacial sobre los súper-objetos, es decir que estos cinco índices mantienen una relación entre la variable y la localización geográfica en la ciudad: estos son DDSO, DOSO, NOBSO, SIMP y finalmente IFFR. Lo anterior es concluido después de la revisión de todas las variables por medio de la auto correlación espacial mediante el índice global I de moran, donde estos 5 índices presentan una puntuación z significativa, rechazando la hipótesis nula (el cual define que la variable cuenta con un

patrón espacial aleatorio), es decir que estas variables presentaron una probabilidad mayor al 99% que el patrón espacial sea agrupado como se demuestra a continuación.

A continuación, se describe de forma más detallada las variables a tener en cuenta considerando las condiciones específicas del espacio geográfico (la ciudad), cabe resaltar que las condiciones de las variables y su relación aleatoria o agrupada dependerá de las condiciones de la ciudad, por esta razón es importante determinar las variables significativas por unidad de estudio e interpretar las clases o campos que intervienen en una fragmentación, es importante indicar que el procesamiento de datos para obtener la base total en la ciudad fue realizado todo el día durante 20 días, considerando el volumen de algoritmos y la cantidad de sectores catastrales y manzanas catastrales en la ciudad.

NOBSO (Número de Objetos): Este valor de agrupación, evidenciado en la *ilustración 6* discrimina y cuantifica la cantidad de manzanas existentes por cada destinación económica predominante, estos conteos son agrupados por cada sector catastral.

$$NobSO = \sum_{i=1}^{m} (SO_i)$$

Ecuación 3. Formulación general de NobSO.

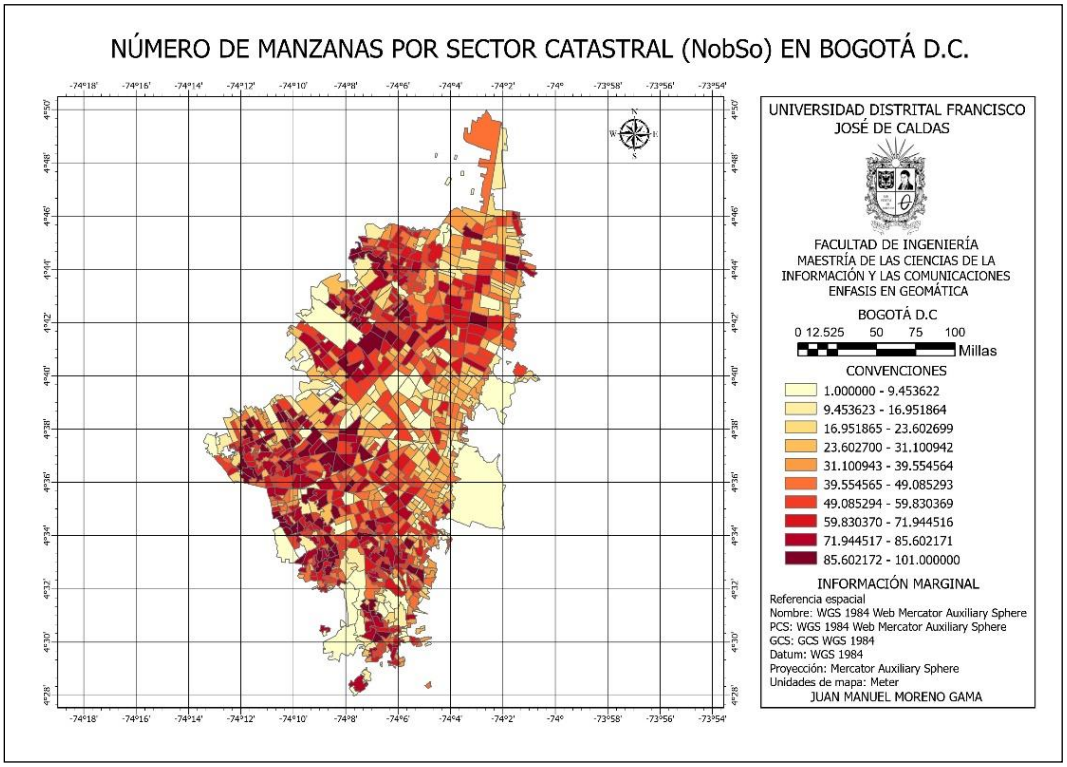


Ilustración 6. NobSO de manzanas por sector catastral en Bogotá D.C.
Fuente: *Elaboración propia*

DDSO (Densidad-Diversidad): Este índice evidenciado en la *ilustración 7* cuantifica la composición de cada sector catastral, verificando la cantidad de destinos económicos por sector y la uniformidad de los destinos dentro estos sectores. Mediante esta variable se normalizan las áreas de las manzanas estudiadas y a medida que aumenta este valor nos indica que el sector es más uniforme sus destinos asociados. En donde la herramienta de INDIFRAG cuantificó: el conteo de manzanas por destino, el conteo de destinos en el sector catastral, área de la manzana del destino estudiado y área del destino con mayor superficie en el sector.

$$DD = \sum_{i=1}^{m} \frac{\sum_{i=1}^{n}(A_i)}{\max(\sum_{i=1}^{n}(A_i)}$$

Ecuación 4. Formulación general de DD, (Batty et al., 2004 y Escolano, 2009).

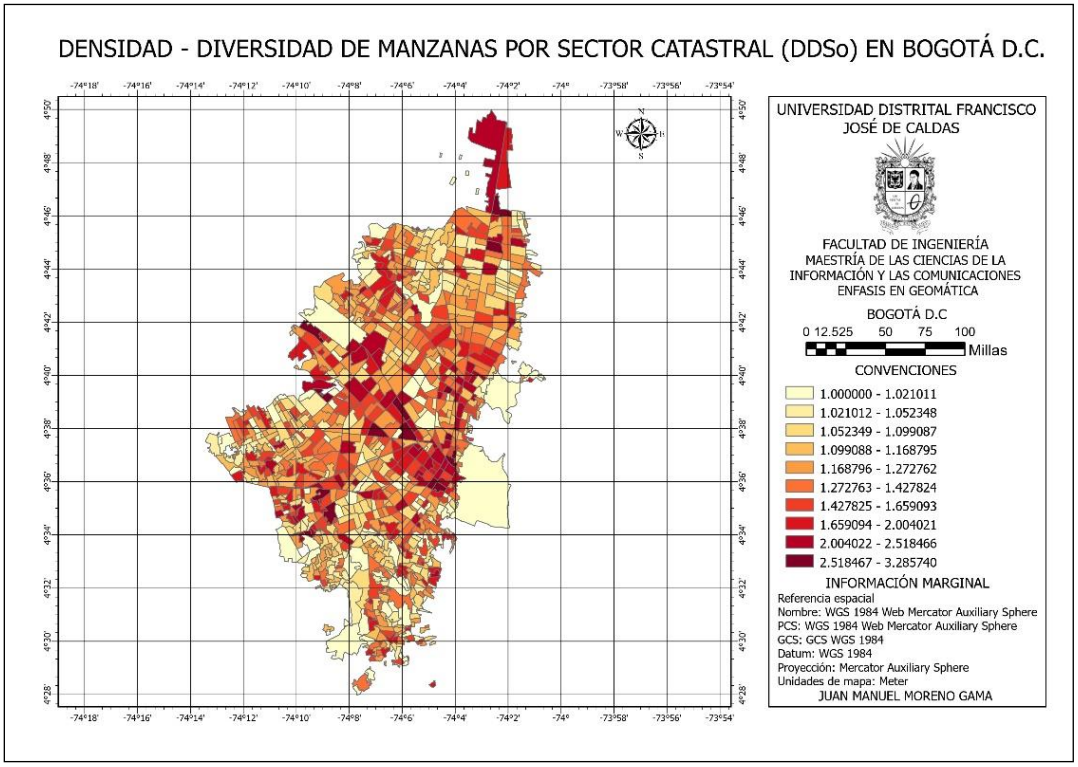


Ilustración 7. DDSo de manzanas por sector catastral en Bogotá D.C.
Fuente: *Elaboración propia*

DOSO (Densidad del objeto): Este índice identificado en la *ilustración 8*, cuantifica el número de manzanas por sector catastral, identificando la densidad por zona. El rango de valores de esta variable se encuentra entre 0 e infinito, el valor aumenta a medida que sube la cantidad de subdivisiones o manzanas por destino económico se encuentre dentro del mismo sector catastral.

$$DO = \frac{n}{A_T}$$

Ecuación 5. Formulación general de DO, (Gong et al., 2013; Herold et al., 2002; Irwin y Bockstael, 2007; McGarigal et al., 2012).

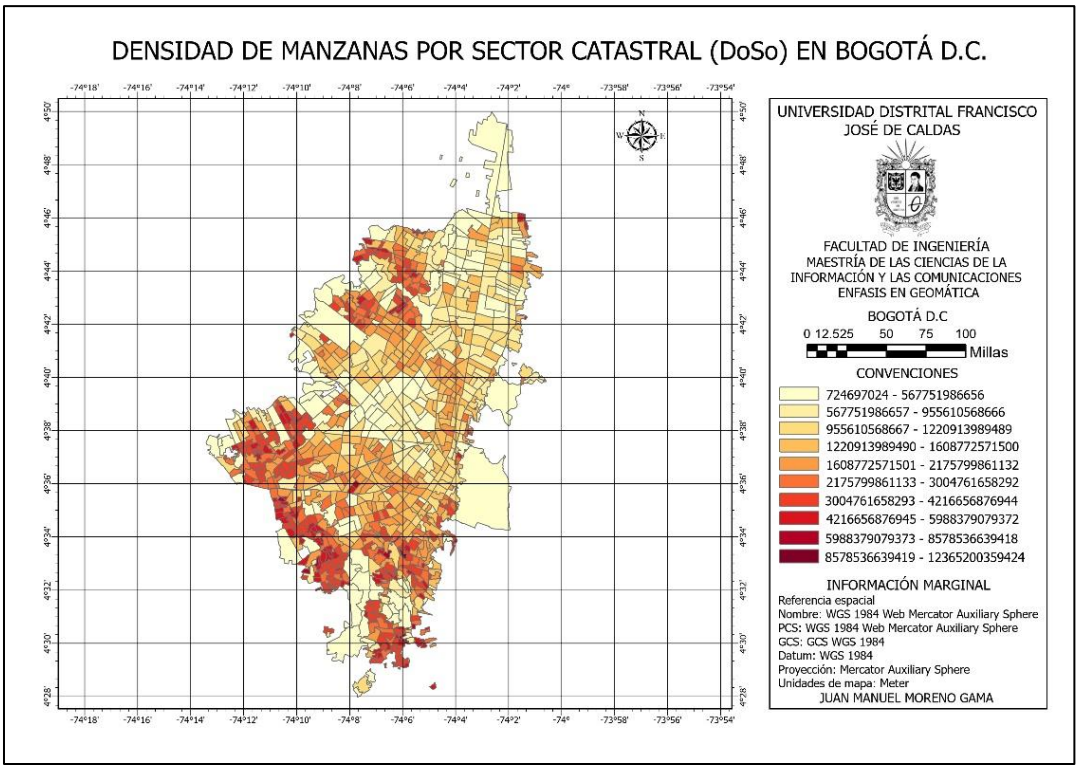


Ilustración 8. DoSo de manzanas por sector catastral en Bogotá D.C.
Fuente: *Elaboración propia*

SIMP (Diversidad de Simpson): Este índice cuantificado en la *ilustración 9*, discrimina la probabilidad de que en dos manzanas aleatorias dentro del mismo sector catastral presenten destinos económicos distintos. Este valor va de 0 a 1, es cero cuando solo se encuentra tan solo un destino económico en el sector catastral (sin diversidad) y se acerca a 1 cuando las distribuciones de los destinos económicos son más uniformes. Donde la herramienta de INDIFRAG cuantificó el AI: área del destino, el AT: área del sector catastral, el M: número de destinos en el sector y la P: porción del destino ocupado por el sector catastral o AI/AT.

$$SIMP = 1 - \sum_{i=1}^{m} P^2$$

Ecuación 6. Formulación general de SIMP, (McGarigal et al., 2015).

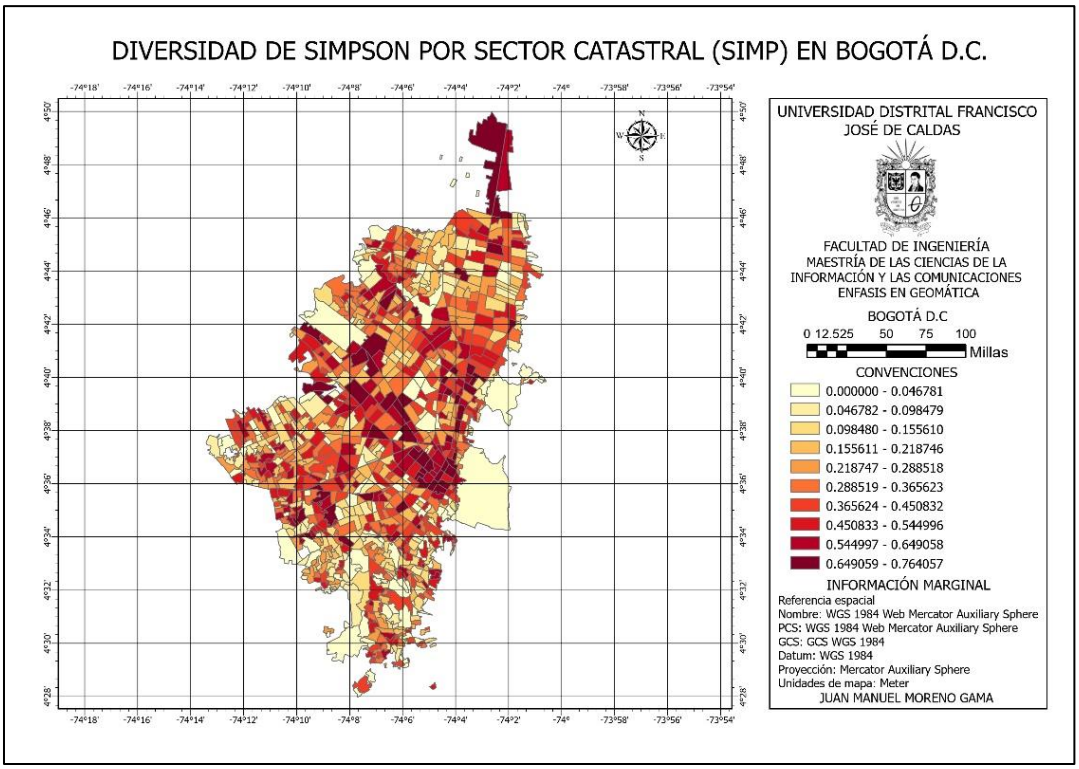


Ilustración 9. SIMP por sector catastral en Bogotá D.C.
Fuente: *Elaboración propia*

IFFR (Índice de Fragmentación Funcional Relativa): Este índice discriminado en la *ilustración 10*, cuantifica el nivel de fragmentación funcional dentro del perímetro, verificando la relación de las áreas funcionales en un sector catastral con las áreas funcionales con los demás sectores catastrales. Las áreas funcionales hacen referencia a los destinos económicos existentes en el área de análisis. El valor va entre 0 y 1, cuando es cercano a cero, significa que existen una gran cantidad de destinos económicos presentes allí, cuando llega a 1, significa que existe homogeneidad urbana de destinos económicos en el sector catastral.

$$IFFR = \frac{(R_V - m)}{(R_V - 1)}$$

Ecuación 7. Formulación general de IFFR, (Marinescu and Avram, 2012).

Donde la herramienta INDIFRAG calculó: el valor de referencia o número total de áreas funcionales (destinos) en todos los sectores, el número de áreas funcionales (destinos) en un sector específico.

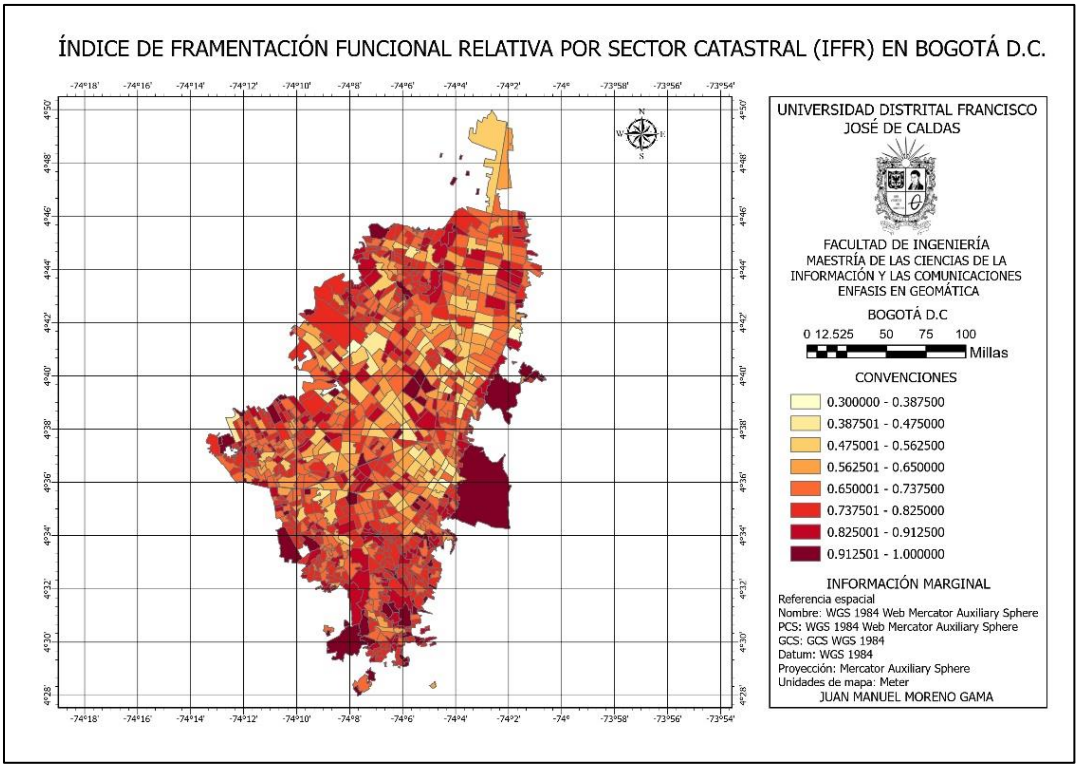


Ilustración 10. IFFR por sector catastral en Bogotá D.C.
Fuente: *Elaboración propia*

Ya identificadas las variables con correspondencia espacial, se procede a realizar el análisis estadístico de HOTSPOT, con el fin de establecer como es el comportamiento dentro de la ciudad de cada variable.

NOBSO: Se puede apreciar en la *ilustración 11* que, en Bogotá, existe una alta densidad de destinos económicos y manzanas catastrales en la zona sur occidental de la ciudad, principalmente en las localidades de Bosa y Ciudad Bolívar, esta información es corroborada por medio de la Secretaría de Planeación de Bogotá, el cual describe a Bosa la localidad más densa de Bogotá, adicionalmente se evidencia sectores con puntos

calientes altos en la localidad de Suba, específicamente donde predomina los estratos 2 y 3.

Se observa un comportamiento contrario, es decir que existe una poca densidad de manzanas por sector catastral en la zona de Centro de Bogotá, como los sectores de la Candelaria, Chapinero y Teusaquillo y la zona de expansión urbana del norte. En la parte céntrica el fenómeno de densidad baja se asocia al tamaño de las manzanas consolidadas en extensiones superiores a comparación a las desarrolladas posteriormente en otras localidades, lo que congrega una menor cantidad de objetos por sector catastral. En la zona norte se asocia a zonas no desarrolladas o con poco desarrollo urbanístico y sectores que son incluidas al perímetro urbano mediante los POT 190 de 2004 y POT 555 del 2021.

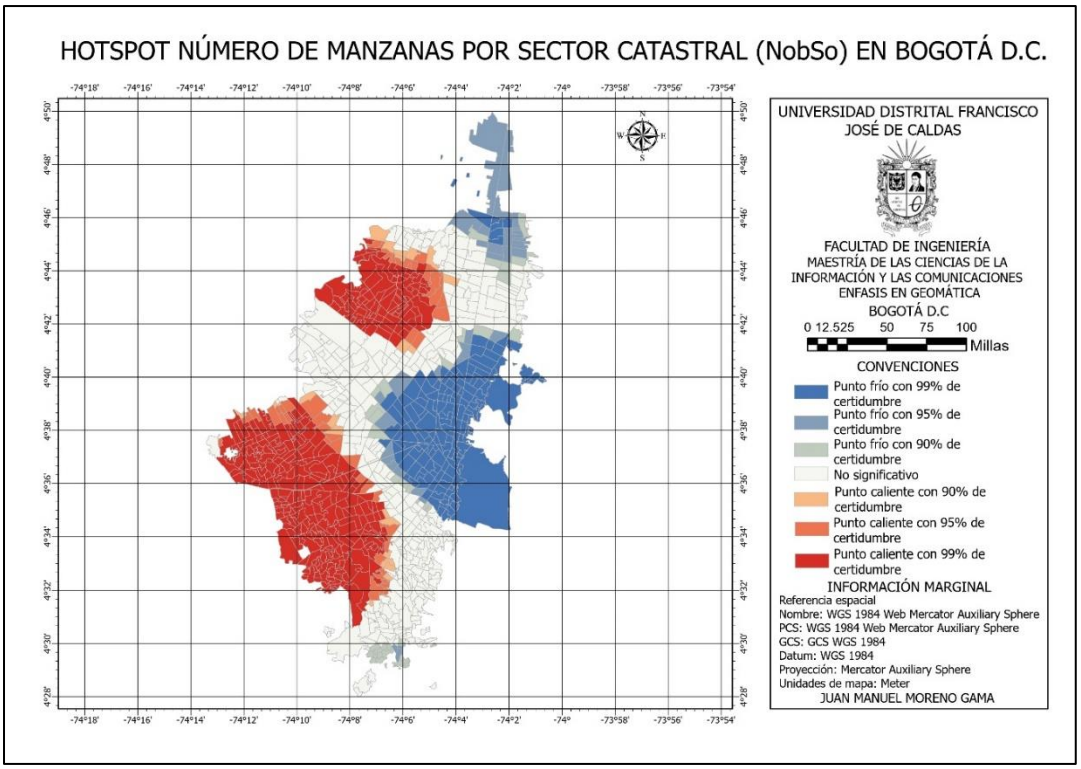


Ilustración 11. HOTSPOT NobSO manzanas por sector catastral en Bogotá D.C.
Fuente: *Elaboración propia*

DDSO: Se puede apreciar en la *ilustración 12*, una baja densidad de destinos económicos en la zona sur oriental de Bogotá (Localidad de Usme), probablemente este fenómeno es causado del desarrollo reciente respecto a las otras localidades, el cual requiere cubrir una demanda creciente de destinos económicos para sus habitantes.

Ocurre una homogeneidad de destinos económicos por área en la zona céntrica de la ciudad, donde se aprecia que probablemente por sus construcciones antiguas, se preserva por manzana un destino económico uniforme contenidas en extensiones mayores por manzana respecto a otras zonas con actividad múltiple construidas posteriormente a la zona centro, se percibe que una alta oferta de predios dotacionales, ya que esta existe un sistema completo de servicios en: salud (hospitales de alta complejidad), culturales (teatros, bibliotecas, planetario, plazas culturales), recreativos y deportivos (parques, cerros), comerciales (centros de consumo especializados y zonales), educativos (universidades y colegios públicos y privados), entre otros.

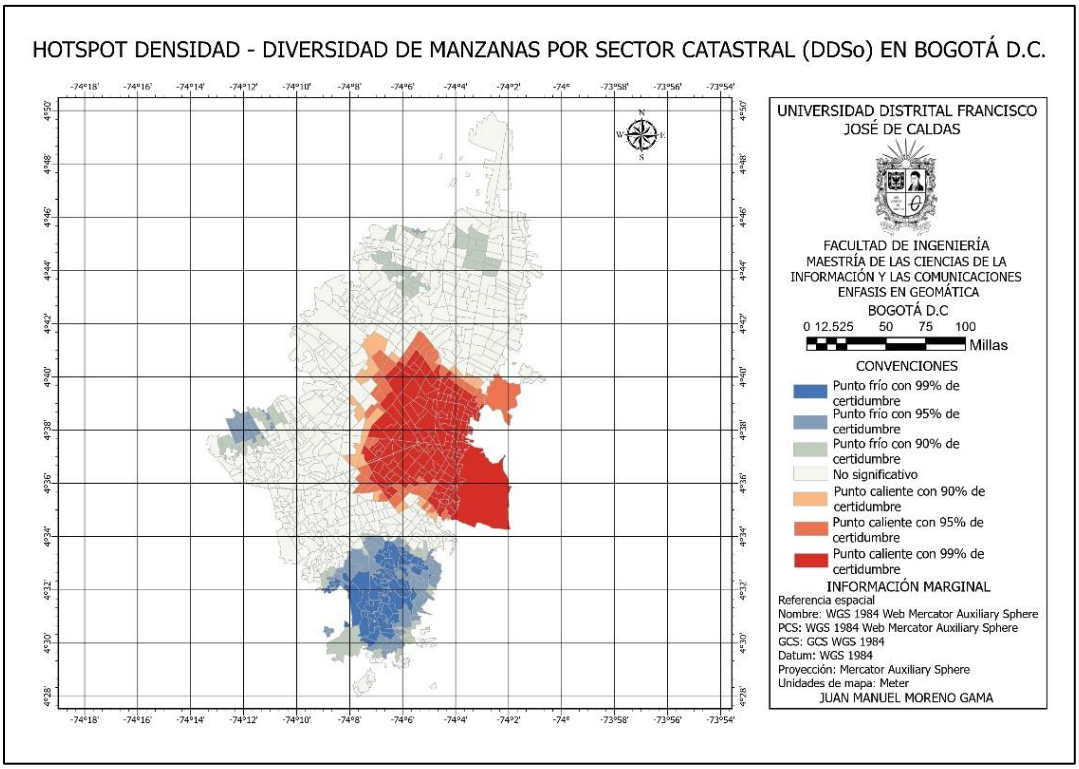


Ilustración 12. HOTSPOT DDSO de manzanas por sector catastral en Bogotá D.C.
Fuente: *Elaboración propia*

DOSO: Se puede apreciar en la *ilustración 13*, una alta DOSO en la zona sur de la ciudad, se evidencia los sectores de Bosa, Usme, Ciudad Bolívar y una sección (sector El Rincón) en Suba, esto puede significar una alta densidad urbana contracción de áreas por manzana, en estas zonas predominan los estrato medio-bajo y bajo-bajo, por el contrario, observamos en la sección oriental de Bogotá, una agrupación de sectores catastrales con baja densidad de manzanas donde se observa una predominancia de estratificación media y media alta y sin estrato ya que contiene concentraciones de usos diferentes al residencial.

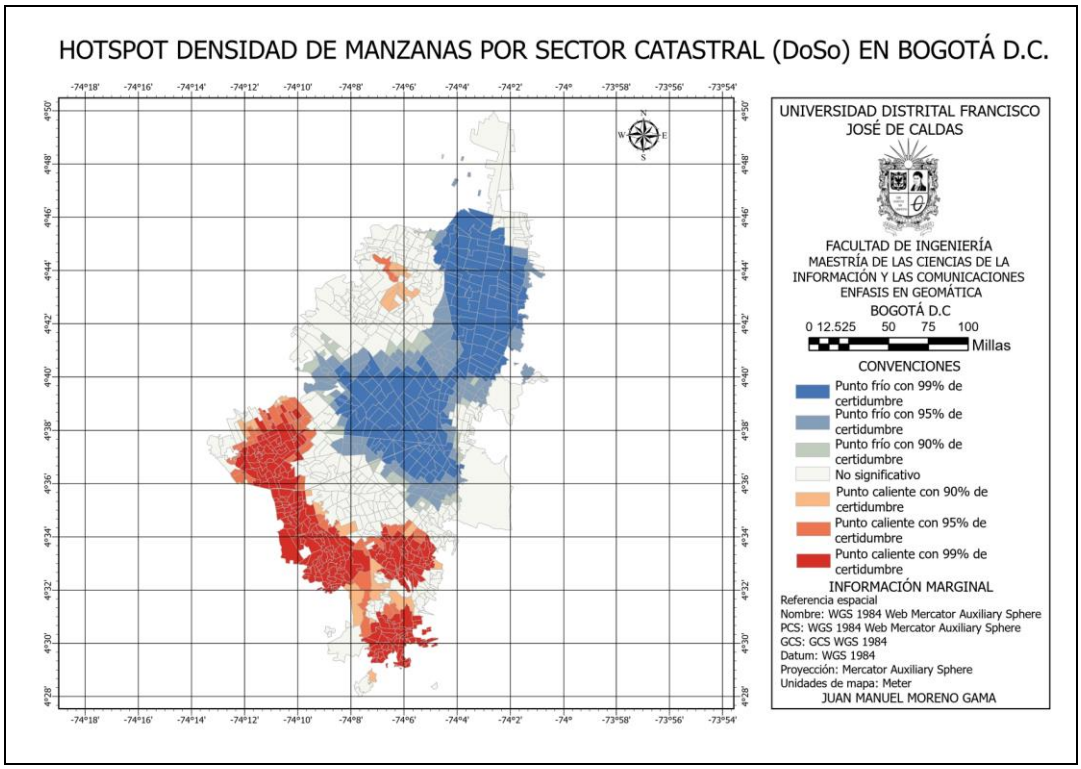


Ilustración 13. HOTSPOT DOSO de manzanas por sector catastral en Bogotá D.C.
Fuente: *Elaboración propia*

SIMP: Se puede estimar en la ilustración 14, que en la zona roja del mapa existe una diversidad de destinos económicos, es decir que en esta zona existe una mayor probabilidad de reducir tiempos y distancias recorridas para llegar a una manzana catastral con diferente destino económico, es decir que, en estas zonas hay un beneficio espacial respecto al resto de la ciudad, porque cuentan con una mayor facilidad o cercanía a predios

servicios culturales, sociales, de salud, educativas, recreativas, entre otros. Del mismo modo, en la zona azul se evidencia una concentración de unos destinos específicos, lo que incurre en mayores costos de tiempo y distancia en desplazamiento para obtener servicios contenidos en otras manzanas de posiblemente de otras localidades. Lo que podría incurrir en segregaciones espaciales y sociales, ya que estas zonas no obtienen de forma completa los recursos y servicios prestados por las políticas públicas del distrito.

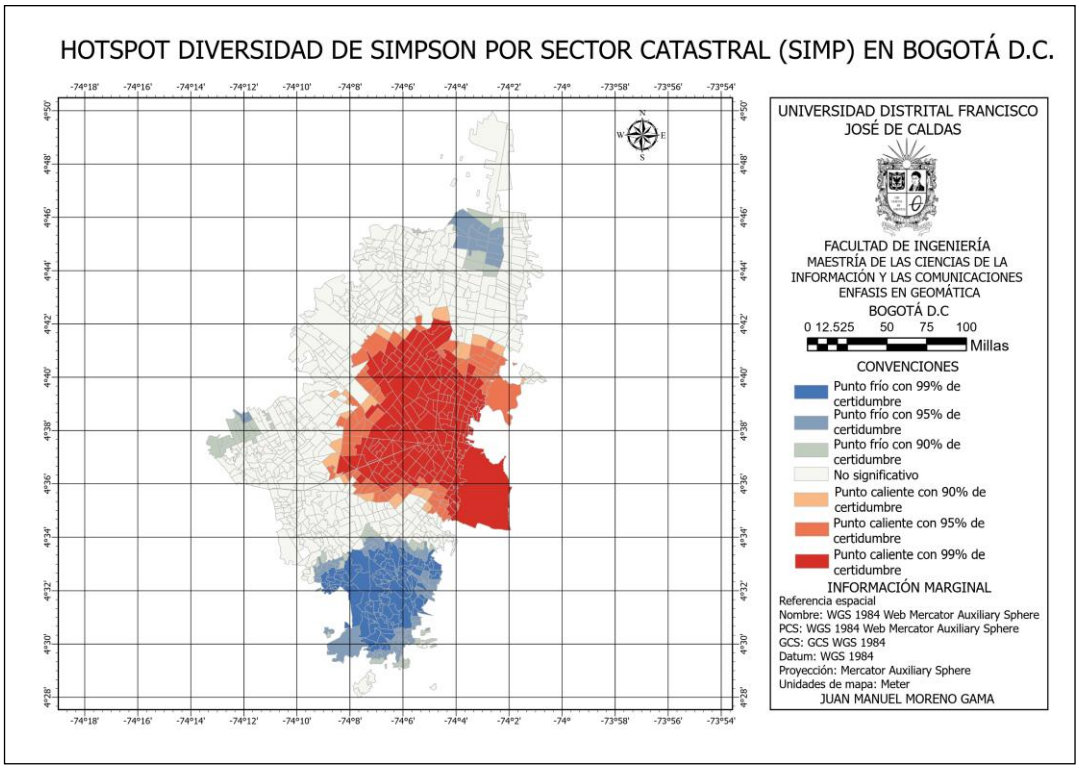


Ilustración 14. HOTSPOT SIMP por sector catastral en Bogotá D.C.
Fuente: *Elaboración propia*

IFFR: Luego de analizar las variables iniciales, se procede a realizar el análisis del Índice de Fragmentación Funcional Relativa. Mediante el HOTSPOT se logra apreciar en la *ilustración 15*, que en la zona azul que comprende una gran extensión de la ciudad cuenta con un índice de fragmentación bajo, es decir que estas zonas cuentan con mayores áreas funcionales, es decir que estos sectores catastrales y sus vecinos tienen más destinos económicos disponibles sobre los existentes a las zonas grises, ya que no son significativos espacialmente.

Por el contrario, la zona sur oriental de la ciudad de color rojo cuenta con una asociación de sectores catastrales con IFFR alto, esto es un indicativo de homogeneidad urbana, algo que concluye en una reducción de destinos económicos disponibles en estas zonas, lo que genera una fragmentación urbana o separación de la trama urbana asociado a una separación física con el resto de la ciudad, es importante este mapa, porque este índice nos da indicios de posibles problemáticas sociales y económicos y sobre todo una descripción cuantitativa de sectores vulnerables a la percepción por parte de sus habitantes de la ausencia o falta de efectividad de las políticas públicas distritales.

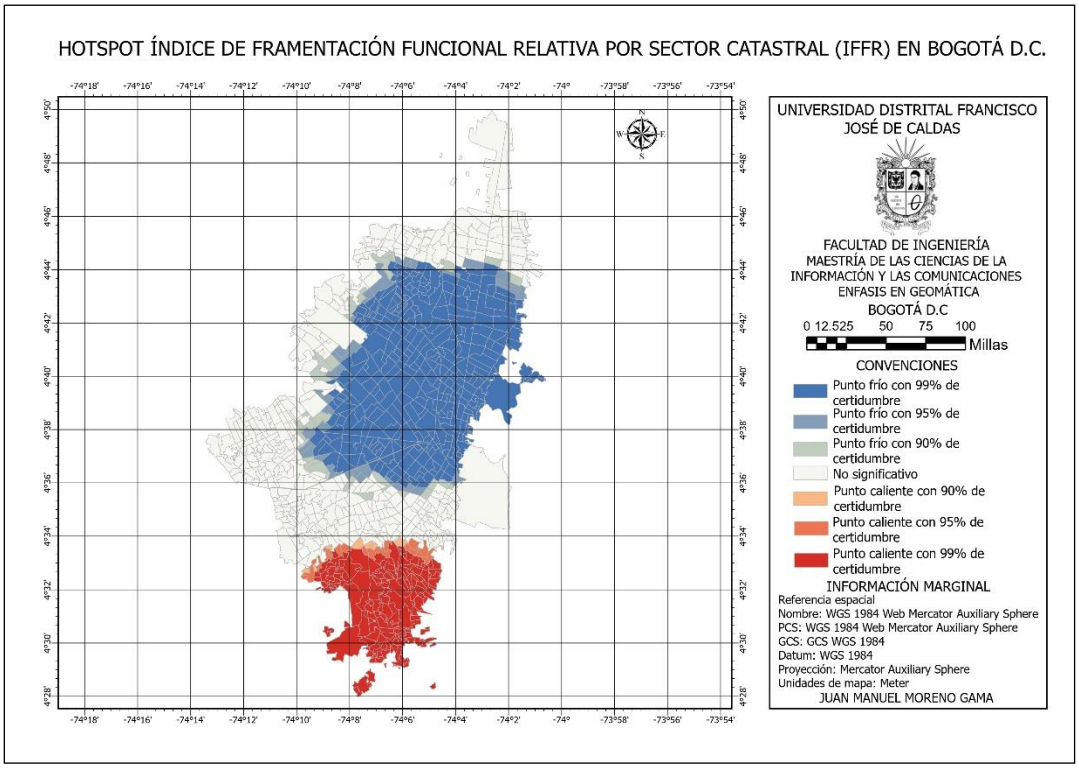


Ilustración 15. HOTSPOT IFFR por sector catastral en Bogotá D.C.
Fuente: *Elaboración propia*

Posteriormente, se procede a analizar el comportamiento de forma por manzana catastral por destino económico mediante la dimensión de bode, este método analiza la forma como un comportamiento fractal a partir de la relación entre el área y el perímetro (logaritmo natural), se realiza una regresión de mínimos cuadrados, el valor obtenido de la pendiente

indicará la complejidad de las manzanas respecto a los destinos económicos. El rango de valores se encuentra entre 1 y 2, cuando es cercana de 1, significa que la forma es sencilla y de otro modo cuando se acerca a 2, la forma es compleja.

A continuación, se evidenciará el resumen de la dimensión de bordes de los destinos económicos:

Tabla 3. Resumen dimensión de borde por destino económico predominante.

DESTINO ECONÓMICO	X1	Y1	X2	Y2	DIMENSIÓN DE BORDE
RESIDENCIAL	-15.20	-9.10	-1.95	15.75	1.87547
COMERCIO PEQUEÑO	-9.18	2.20	-3.01	13.85	1.88816
COMERCIO GRANDE	-8.37	3.50	-3.80	12.60	1.99124
OFICINAS	-11.85	-3.50	-3.50	13.15	1.99401
DOTACIONAL	-12.70	-5.50	-2.20	15.45	1.99523
INDUSTRIA PEQUEÑA	-6.59	7.30	-5.56	8.75	1.40776
INDUSTRIA GRANDE	-9.45	1.81	-3.28	13.45	1.88654
RESTAURANTE HOTELES	-6.95	6.69	-3.66	12.31	1.70820
TRANSPORTE ALMACENAMIENTO	-14.89	-9.77	-2.10	15.61	1.99215

Fuente: Elaboración propia a partir de procesamiento en ARCGIS®

Según la *tabla 3*, se logra determinar que el destino con mayor cantidad de manzanas en Bogotá es el residencial, posteriormente en el orden continúa el dotacional, luego el de transporte de almacenamiento, comercio pequeño, oficinas, industria grande, comercio grande, restaurantes y finalmente industria pequeña.

A continuación, se evidencia los diagramas de regresión lineal de la relación entre área y perímetro por cada destino.

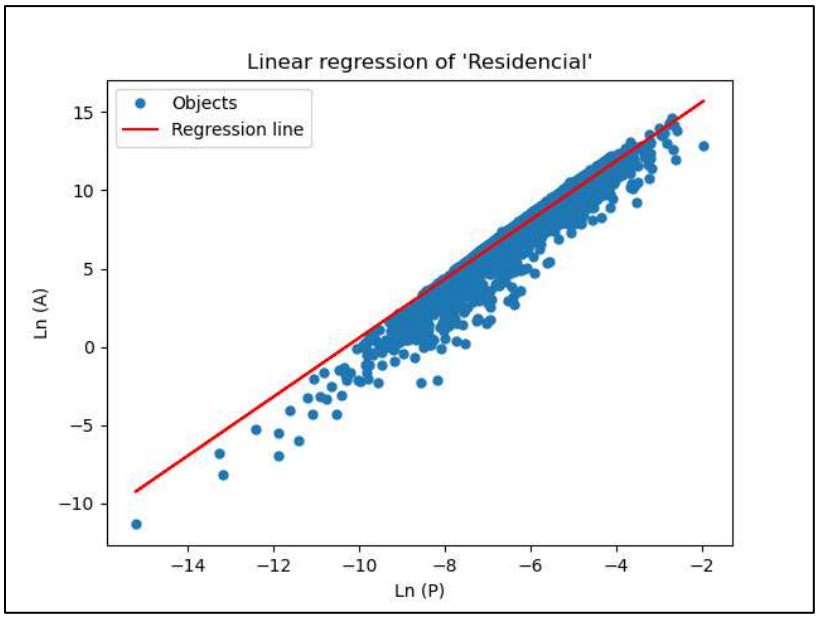


Ilustración 16. Regresión Lineal dimensión de borde del destino residencial en Bogotá D.C.
Fuente: *Resultante del procesamiento en ARCGIS®*

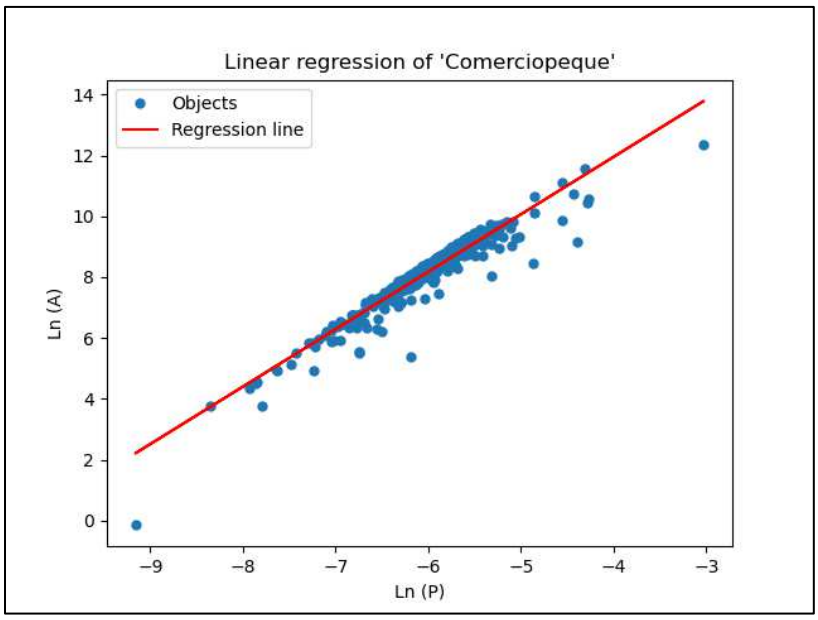


Ilustración 17. Regresión Lineal dimensión de borde del destino comercio pequeño en Bogotá D.C.
Fuente: *Resultante del procesamiento en ARCGIS®*

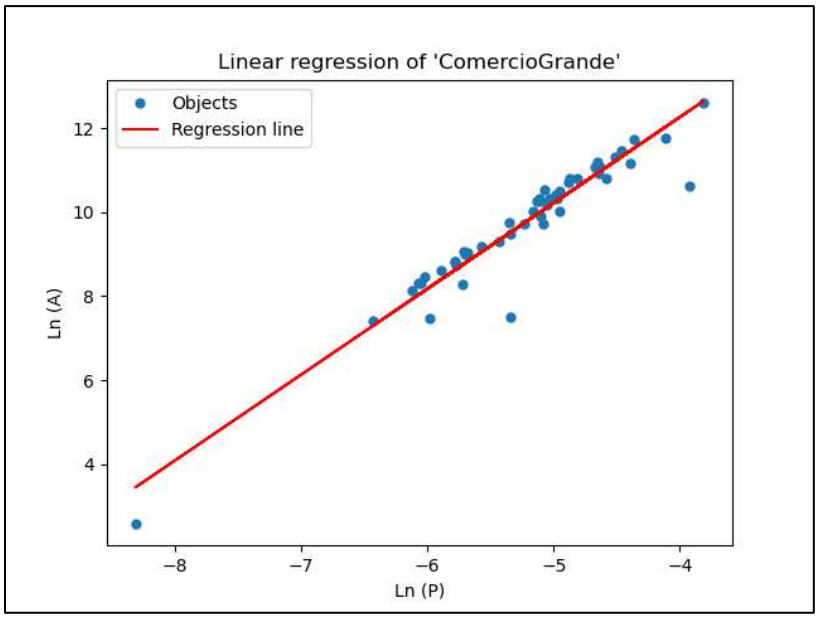


Ilustración 18. Regresión Lineal dimensión de borde del destino comercio grande en Bogotá D.C.
Fuente: *Resultante del procesamiento en ARCGIS®*

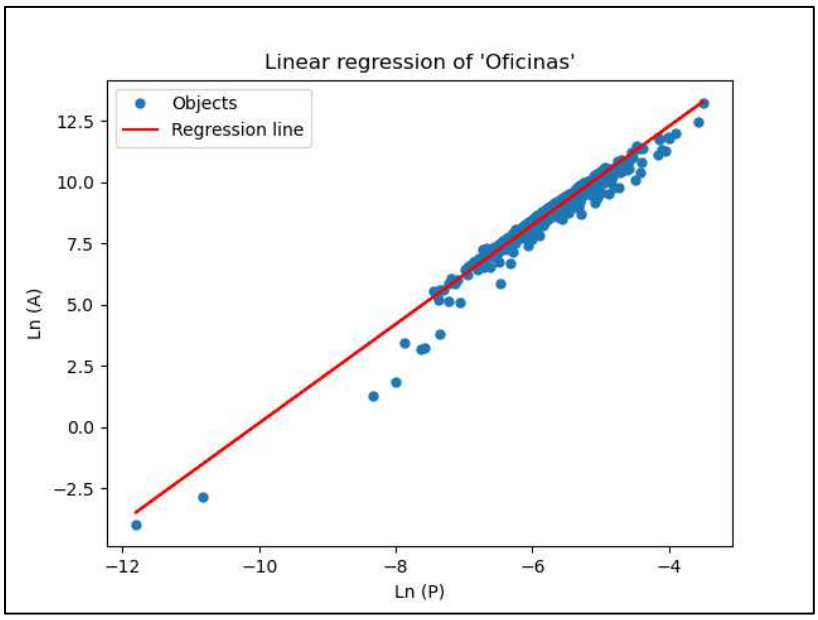


Ilustración 19. Regresión Lineal dimensión de borde del destino de oficinas en Bogotá D.C.
Fuente: *Resultante del procesamiento en ARCGIS®*

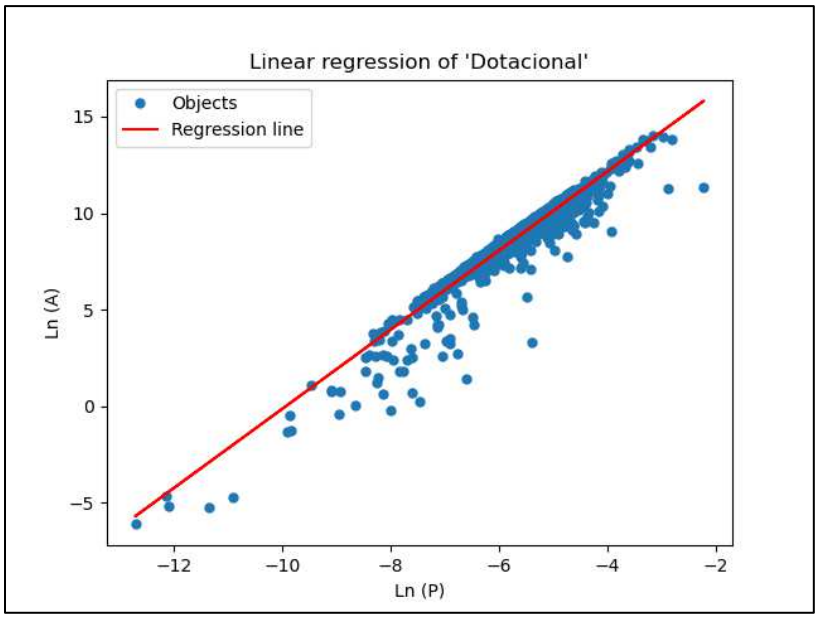


Ilustración 20. Regresión Lineal dimensión de borde del destino dotacional en Bogotá D.C.
Fuente: *Resultante del procesamiento en ARCGIS®*

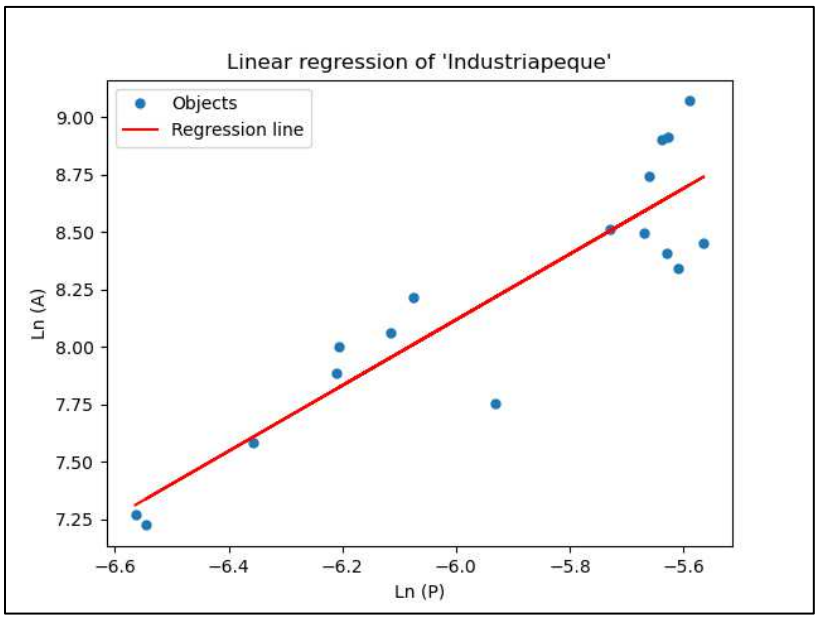


Ilustración 21. Regresión Lineal dimensión de borde del destino industria pequeña en Bogotá D.C.
Fuente: *Resultante del procesamiento en ARCGIS®*

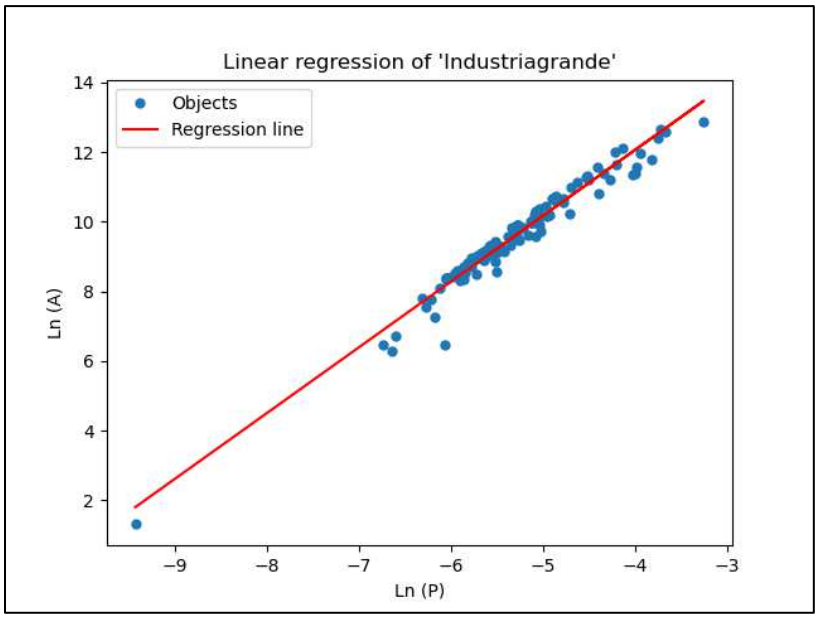


Ilustración 22. Regresión Lineal dimensión de borde del destino industria grande en Bogotá D.C.
Fuente: *Resultante del procesamiento en ARCGIS®*

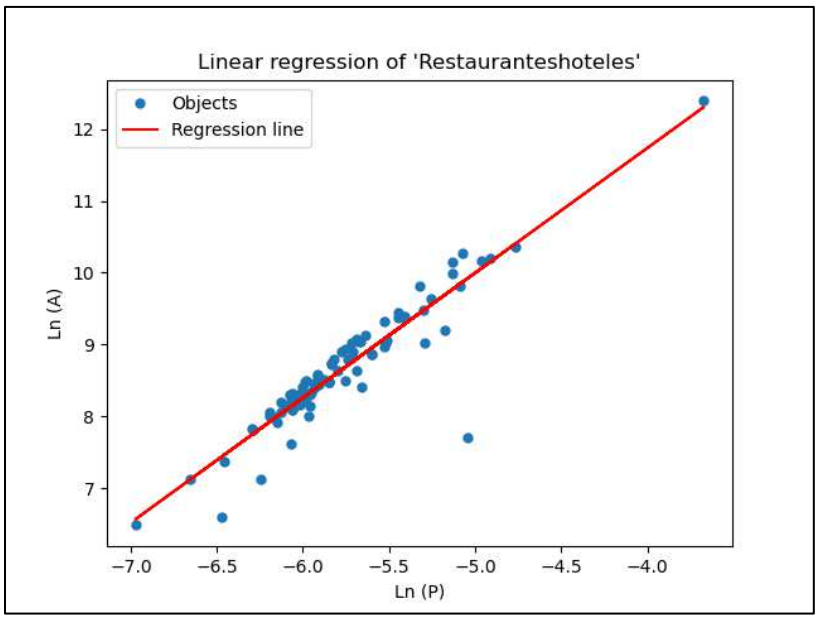


Ilustración 23. Regresión Lineal dimensión de borde del destinos restaurantes y hoteles en Bogotá D.C.
Fuente: *Resultante del procesamiento en ARCGIS®*

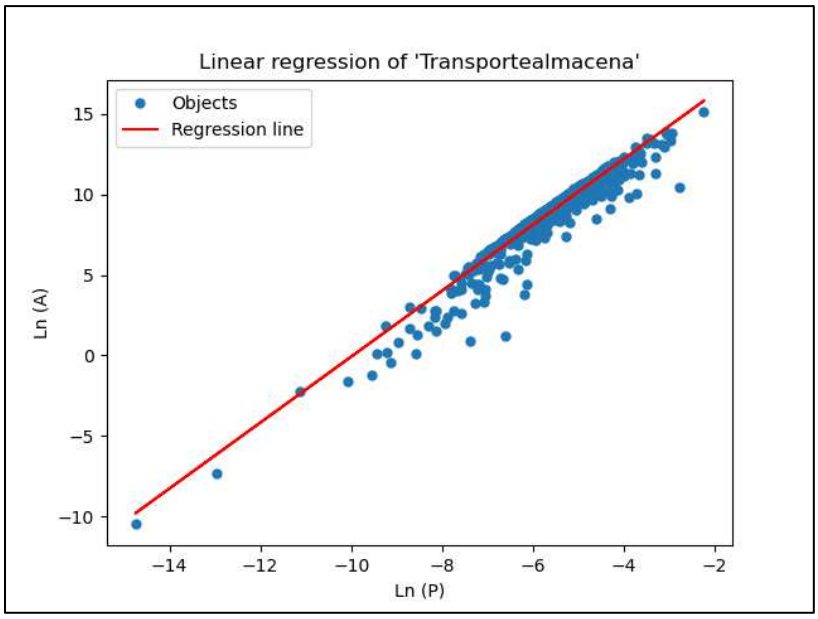


Ilustración 24. Regresión Lineal dimensión de borde del destino transporte de almacenamiento en Bogotá D.C.
Fuente: *Resultante del procesamiento en ARCGIS®*

Se identifica que los destinos de oficinas, comercio grande, dotacional y de transporte de alimento son aquellos que cuentan con mayor complejidad de forma, esto significa que posiblemente exista una relación entre el diseño especializado, espacio requerido para su construcción, desarrollo urbanístico aledaño e interacción social para acceder a estos destinos que produce una exclusividad de formas de manzanas para un solo uso, este fenómeno es evidenciado claramente en la fragmentación paisajística producida en los centros comerciales en la ciudad respecto al entorno.

Del mismo modo se percibe un comportamiento de forma sencilla en la industria pequeña, donde se identifica unas formas de manzanas más ordenadas esto se evidencia que su espacio es definido en zonas de consolidación y el área para ejercer el uso es menor a la una manzana a diferencia de las industrias grandes.

Dado lo anterior, se procede realizar análisis adicionales espaciales respecto al índice de fragmentación relativa IFFR, se realiza un primer cercamiento con respecto a la variable NOBSO con restricción espacial, donde se obtiene una agrupación de 2 grupos, donde en

la *ilustración 25*, se evidencia una gran coincidencia con la división actual urbana y rural de la ciudad, las pocas las zonas urbanas que no coinciden con el grupo 1, se asume la existencia de tipologías de destino y paisajísticas de tipo rural, del mismo modo las zonas rurales que no se encuentran en el grupo 2, se interpreta que estas zonas tienen desarrollo suburbano y probablemente requiera cambios en el tipo de suelo, demostrando mediante este proceso que la normatividad urbanística no necesariamente es adoptado por las relaciones sociales llevadas en estas áreas espaciales.

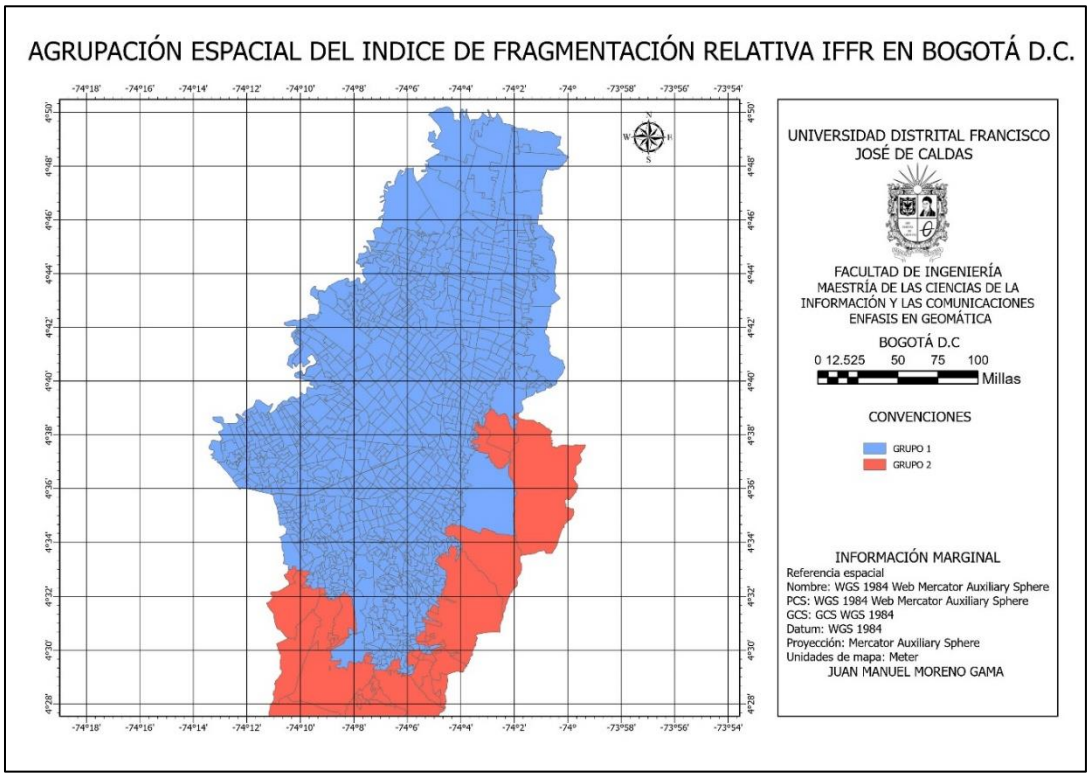


Ilustración 25. Agrupación con restricción espacial IFFR - NOBSO por sector catastral en Bogotá D.C.
Fuente: *Elaboración propia*

De forma estadística, mediante el diagrama de caja, podemos evidenciar en la *ilustración 26* que los datos de IFFR y NOBSO del grupo 1 se encuentra cercanos a la mediana del total de los datos y en el grupo 2 se encuentran sobre el bigote inferior, es decir dentro del

rango de datos, no se encuentran sobre valores atípicos y en estos grupos de datos están por debajo del primer cuartil.

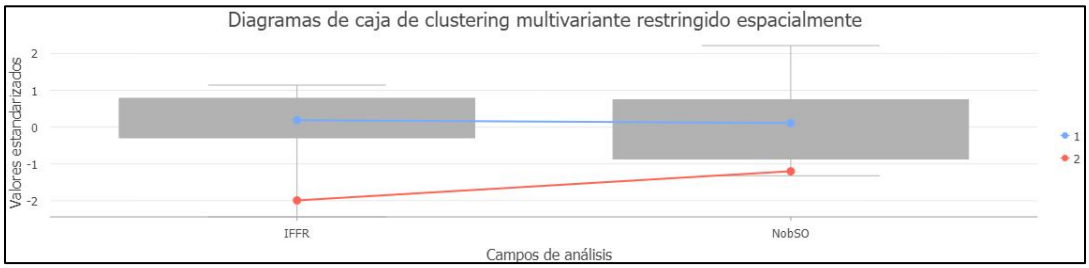


Ilustración 26. Diagrama de caja IFFR - NOBSO por sector catastral en Bogotá D.C.
Fuente: *Elaboración propia*

Para el segundo acercamiento, se realiza una agrupación sin restricciones espaciales del IFFR, evidenciando en la ilustración 27, la existencia de 9 clúster en la ciudad y donde se aprecia que no existe una relación única de dos polos (norte y sur) o un centro específico, sino una gran cantidad de asociaciones desde un solo sector (como eje propio), hasta un consolidado de sectores como se evidencia en el clúster 1. Se consideraba destacar un conjunto de puntos o poli centros para determinar los centros geográficos de la fragmentación urbana, sin embargo, se concluye que estos no deben ser necesariamente determinaciones espaciales entre sectores, ya que requiere un estudio social, el cual determine que manzana o que predio está generando una atracción del sector.

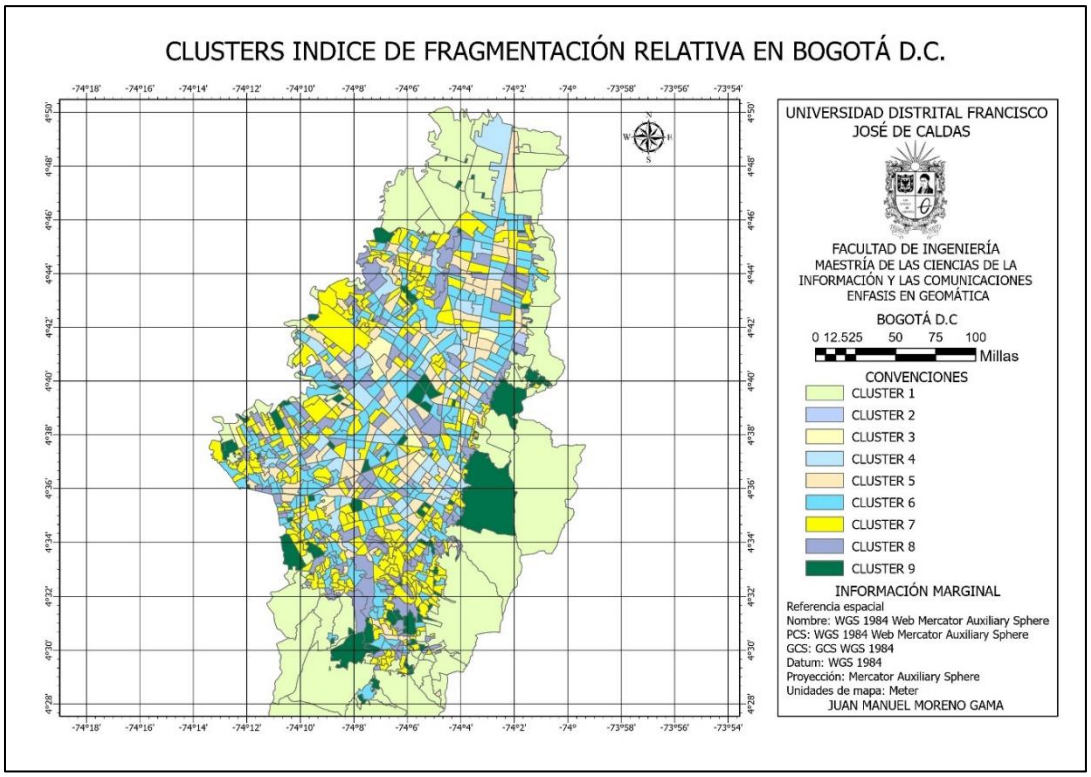


Ilustración 27. Clúster sin restricción espacial IFFR por sector catastral en Bogotá D.C.
Fuente: *Elaboración propia*

De manera estadística, mediante el diagrama de caja, podemos evidenciar que los datos de IFFR no existen datos anormales, se encuentran dentro del rango intercuantil y los clústeres 7 y 6 están cercanas a la media.

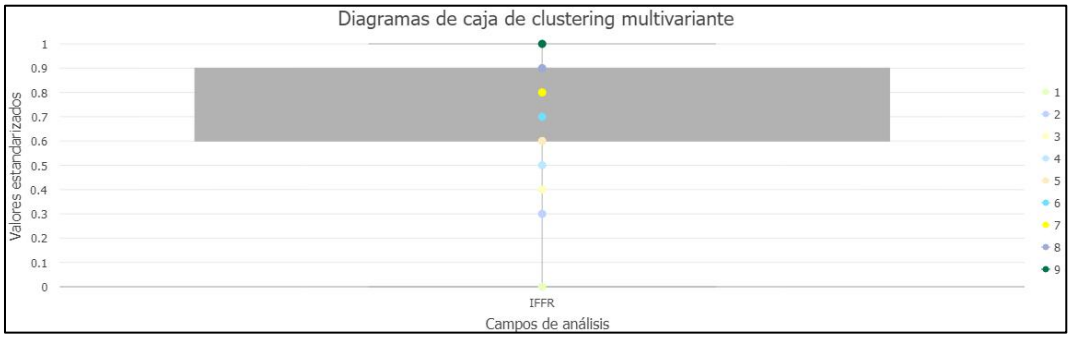


Ilustración 28. Diagrama de caja sin restricción espacial IFFR por sector catastral en Bogotá D.C.
Fuente: *Elaboración propia*

Finalmente se realiza un clúster con restricción espacial de las variables que demuestran una correlación y son: IFFR, NOBSO, DDSO, DOSO y SIMP, los cuales se generan 9 grupos, los cuales explican una variación de fragmentación entre zonas, evidenciados a continuación.

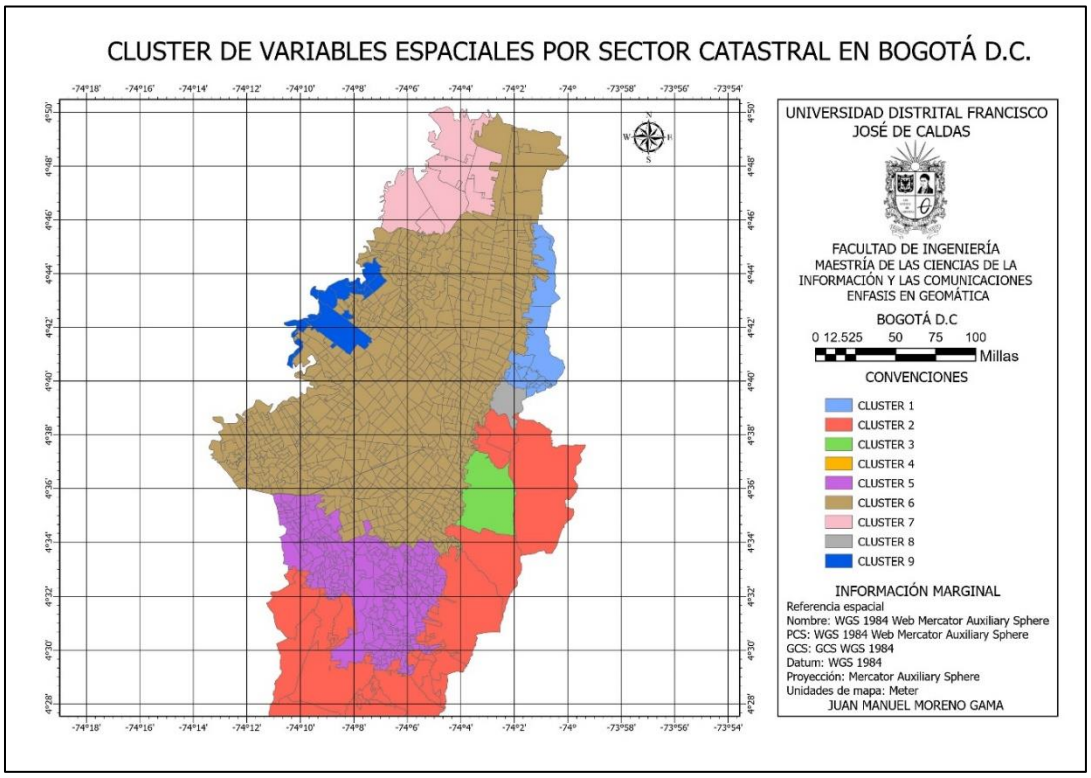


Ilustración 29. Clúster con restricción espacial de variables por sector catastral en Bogotá D.C.
Fuente: *Elaboración propia*

En el clúster 1 (azul) localizado en el costado nororiente de la ciudad, sobre la carrera 7 hacia el oriente, esta zona se caracteriza por su desarrollo cercanos a los cerros orientales, los barrios recientemente legalizados y consolidados como Santa Cecilia están excluidos, contando una menor fragmentación respecto al clúster 6 (café). El clúster 2 (rojo) localizados en el centro oriente y sur de la ciudad, se caracteriza por el poco desarrollo urbano y de manzanas, la presencia de desarrollo rural y sub urbano, presenta una alta fragmentación y baja densidad de usos. El clúster 3 (verde) localizado en el centro de la ciudad en los sectores con alta edad en sus construcciones, estos barrios cuentan con un

alta IFFR. El clúster 4 (naranja) localizado en la zona sur de la ciudad rodeado de zonas rurales, esta se diferencia del clúster 2 por el desarrollo de una urbanización aledaña al páramo de Sumapaz. El clúster 5 (morado) se localiza en una zona sur y netamente urbana con una alta fragmentación relativa media alta con una homogeneidad media baja de destinos en el sector. El clúster 6 (café) se localiza en casi toda la ciudad, donde se presenta una fragmentación media y según el HOTSPOT relativamente baja, se observan un múltiple desarrollo de destinos económicos. El clúster 7 (rosada) se localiza en la zona de expansión urbana y urbana del noroccidente de la ciudad se evidencia una fragmentación alta, considerando que en su mayoría se contiene solo el uso residencial, ya que los destinos de bodegas y comercio grande se localizan sobre el clúster 6 (café) sobre la Autopista Norte. El clúster 8 (gris) se localiza en el centro histórico de la ciudad con restricciones de uso e interés cultural considerando la edad en sus construcciones, estos barrios cuentan con un alta IFFR considerando sus usos específicos y restricciones de uso como La Candelaria. El clúster 9 (azul oscuro) se resalta con una densidad baja y uso específico, ya que está localizado en el Aeropuerto El Dorado y restricciones de uso y altura alrededor en el sector occidental.

A partir de lo anterior se caracterizó de la fragmentación urbana en Bogotá teniendo en cuenta la destinación económica predominante de las manzanas. Se espera que los resultados obtenidos en la investigación contribuyan a la investigación nacional, internacional y se espera que se utilice como base para las investigaciones actuales y posteriores en múltiples disciplinas como sociales y ambientales, apoyando la bibliografía social donde evidencia el fenómeno de la fragmentación en la ciudad y alienta a generar nuevos estudios en diferentes ramas con el fin de entender este fenómeno y poderlo mitigar y/o controlar.

La investigación tiene un impacto en el análisis del modelo de planeación de la ciudad de Bogotá considerando que podemos introducir variables físicas de la ciudad de área, de diversidad de forma, introduciendo nuevas metodologías de cuantificar el fenómeno de la fragmentación urbana e incluir variables con naturaleza mixta como lo es la destinación económica el cual comprende un aspecto físico como el uso y uno jurídico que es la normatividad.

Tabla 4. Análisis de resultado y productos esperados del proyecto

RESULTADO/PRODUCTO ESPERADO	INDICADOR	BENEFICIARIO
Análisis espacial de la fragmentación urbana basada en la destinación económica predominante por manzana en Bogotá D.C.	Documento de Tesis	• UAECD • Secretaría Distrital de Planeación. • Alcaldía mayor de Bogotá • Secretaría Distrital de Desarrollo Económico
Fragmentación urbana en Bogotá: Análisis basado en la destinación económica predominante por manzana.	Ponencia: Encuentro internacional de investigación universitaria ENIIU.	
Fragmentación urbana en Bogotá D.C.: Análisis espacial de los retos en ámbitos sociales y ambientales.	Ponencia: II Congreso Internacional Sobre Retos y Desafíos Ambientales Locales.	

8. RECURSOS Y PRESUPUESTO

Tabla 5. Recursos y presupuestos.

PRESUPUESTO DEL PROYECTO							
PROYECTO:	ANÁLISIS ESPACIAL DE LA FRAGMENTACIÓN UBANA BASADO EN LA DESTINACIÓN ECONÓMICA PREDOMINANTE POR MANZANA EN BOGOTÁ						
UNIVERSIDAD:	UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS			**FINACIAMIENTO**			**VALOR TOTAL**
ID	**CONCEPTO**	**VALOR UNITARIO**	**CANTIDAD**	**PROPIA**	**UNIVERSIDAD**	**OTROS**	
A	**COSTOS DIRECTOS**						
1	Honorarios Ingeniero Catastral y Geodesta	$ 3,300,000.00	8	$ 26,400,000.00	$ -	$ -	$ 26,400,000.00
2	Honorarios Magister en Ciencias Estadísticas	$ 5,600,000.00	8	$ -	$ 44,800,000.00	$ -	$ 44,800,000.00
3	Viaticcos	$ 110,400.00	8	$ 883,200.00	$ -	$ -	$ 883,200.00
4	Capacitaciones	$ 200,000.00	1	$ -	$ -	$ 200,000.00	$ 200,000.00
5	Costo de publicación y revisión de artículo	$ 100,000.00	1	$ 100,000.00	$ -	$ -	$ 100,000.00
6	Otros honorarios	$ 200,000.00	2	$ 400,000.00	$ -	$ -	$ 400,000.00
B	**COSTOS INDIRECTOS**						
1	Licencia de software	$ 600,000.00	8	$ -	$ 4,800,000.00	$ -	$ 4,800,000.00
2	Papeleria para documentación	$ 12,000.00	8	$ 96,000.00	$ -	$ -	$ 96,000.00
C	**MATERIALES E INSUMOS**						
1	Equipos de procesamiento	$ 600,000.00	8	$ -	$ -	$ 4,800,000.00	$ 4,800,000.00
2	Otros equipos	$ 200,000.00	8	$ -	$ -	$ 1,600,000.00	$ 1,600,000.00
	Servicios tecnológicos	$ 110,000.00	8	$ -	$ -	$ 880,000.00	$ 880,000.00
D	**IMPREVISTOS**						
1	Monto de imprevistos	$ 849,592.00	1	$ -	$ -	$ 849,592.00	$ 849,592.00
TOTAL		$ 11,881,992.00		$ 27,879,200.00	$ 49,600,000.00	$ 8,329,592.00	**$ 85,808,792.00**
PORCENTAJE DE FINANCIAMEINTO		100%		32%	58%	10%	100%

Fuente: Elaboración propia.

En el presente presupuesto, se evidencia los siguientes rublos a tener en cuenta:

8.1. COSTOS DIRECTOS: Pagos en periodo de tiempo en meses.

- Incluyen los honorarios propios como Ingeniero Catastral y Geodesta para la investigación y honorarios del director del proyecto que es Magister de Ciencias Estadísticas.
- Viáticos a zonas de capacitación a lugares de reunión con el director y la codirectora del proyecto.
- Capacitaciones sobre la temática y cursos donde se dan especificaciones teóricas y prácticas para el cumplimiento del proyecto.
- Costo de Publicación y revisión de artículo científico sobre el resultado del proyecto.
- Otros Honorarios: son las colaboraciones o consultorías a diferentes expertos sobre el tema.

8.2. COSTOS INDIRECTOS: Los costos son pagos una vez se necesite o una vez por mes (tiempo del cronograma de actividades)

- Licencias de software: Se solicitará Software de Sistemas de Información Geográfica y Gestores de Bases de Datos.
- Papelería para documentación de información relacionada de recolección de campo y de conferencias sobre la temática.
- Depreciación de activos fijos: Los activos fijos, contienen una depreciación por su uso y por su disminución de tiempo de vida.

8.3. MATERIALES E INSUMOS

- Equipo de procesamiento: Equipo de escritorio con características suficientes para el procesamiento de los datos.
- Otros equipos.
- Servicios tecnológicos, la utilización de internet y sistemas de redes.

8.4. IMPREVISTOS

- Monto de Imprevistos: Comprende los gastos ante un evento aleatorio que adicione un rublo o sobre costo.

9. CRONOGRAMA.

El proyecto presenta el siguiente cronograma; surge con el fin de cumplir con cada una de las fases de la metodología, además, tiene la misión de cumplir los objetivos y obtener como resultado la solución del problema de investigación.

Tabla 6. Cronograma de actividades del proyecto

| CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO | | |

| | | |

10. LIMITACIONES

El proyecto presenta limitaciones donde centra el alcance del proyecto teniendo en cuenta algunos tipos de limitaciones definidos por algunos autores (Price, J.H., Murnan, J. Y Martinez, 2004):

10.1. LIMITACIONES METODOLÓGICAS

A. Falta de estudios previos de investigación sobre el tema:

- Pocas investigaciones aplican métodos cuantitativos y cartográficos sobre la zona de estudio seleccionada.

10.2. LIMITACIONES DEL INVESTIGADOR

A. Acceso:

- Mucha información relevante para el procesamiento y análisis de datos no está disponible al público.

B. Limitaciones económicas:

- Existe una limitación para costear de equipos, software, mano de obra y otros costos.

11. CONCLUSIONES

- Mediante método de correlación espacial, análisis estadístico y espacial y herramientas geográficas como INDIFRAG, se logró corroborar la fragmentación urbana dentro de la ciudad de Bogotá D.C. consecuente con la bibliografía social donde se caracteriza a nivel cualitativo, sin embargo, el aporte del presente proyecto está en la caracterización con identificación cuantitativa y con un sentido poli centrista, donde de acuerdo a las características particulares del sistema construido para Bogotá.

- La fragmentación es un fenómeno multidisciplinar, el cual debe ser analizado, caracterizado y con estos resultados plantear políticas geo localizadas en la ciudad y donde se debe prever y enfrentar las presentes y futuras problemáticas de origen ambiental, social y económico como el cambio climático, las guerras, y la pobreza.

- A partir de los resultados obtenidos, podemos justificar a los urbanistas y/o planeadores del territorio, la importancia de los destinos económicos, ya que es una herramienta normativa que puede inducir a cambios de desarrollo constructivos, en los costos de oportunidades y en el acceso a recursos, el cual podría aumentar o atenuar problemas en la interrelación social y en la fragmentación urbana.

- Es importante resaltar la innovación sobre la región, considerando que este análisis puede alentar a nuevos estudios sociológicos y ramas de la ingeniería. Adicionalmente apoyar los estudios en temas y fenómenos como la segregación, la gentrificación y guetificación.

- Cabe resaltar que las condiciones del espacio geográfico cambian respecto a su desarrollo histórico y normativo, alentando a investigar y descubrir otras variables que sean significativas en la fragmentación en Bogotá. Considerando que este fenómeno es cíclico y fractal, y la interrelación con otros municipios (conurbaciones) generan otras interacciones físicas y sociales que merecen ser estudiadas.

- Se recomienda a nivel de planeación y ordenamiento de territorio, tener en cuenta la fragmentación para redefinir los sectores catastrales y los estratos socioeconómicos con el fin de coordinar un mejor desarrollo de apoyos económicos y de redistribución.

- La zona determinada con fragmentación agrupada (zona roja de HOTSPOT de IFFR) reta lo definido en el POT de la Ciudad “Bogotá Reverdece”, el cual implícitamente busca un equilibrio medio ambiental con un desarrollo urbanístico y social.

- Aunque el POT de Bogotá especifica algunas acciones de mitigación respecto al manejo de la variable a de la destinación económica como por ejemplo premiar o castigar el índice de construcción y generar nuevas zonas de conservación ambiental, se requiere de mayores acciones, estudios y actualizaciones normativas que direccionen de manera espacial el manejo de los recursos y del desarrollo constructivo de la ciudad.

12. REFERENCIAS

Anselin, L. (1988). Spatial econometrics: Methods and models. Kluwer academic. Boston, MA.

Batty, M., Besussi, E., Maat, K., & Harts, J. J. (2003). Representing multifunctional cities: Density and diversity in space. Centre for Advanced Spatial Analysis (CASA), London.

Benedetti, A. (2020). Palabras clave para el estudio de las fronteras. Buenos Aires: TeseoPress.

Borrego Sánchez, J. Á. (2018). Modelos de regresión para datos espaciales.

Capron, G., & Esquivel Hernández, M. T. (2016). El enclave urbano, lógica socioespacial de la periferia urbanizada y sus efectos sobre la segregación residencial y la fragmentación urbana. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 25(2), 127-150.

Cariola, C., & Lacabana, M. (2001). La metrópoli fragmentada: Caracas entre la pobreza y la globalización. Eure (Santiago), 27(80), 9-32.

De Mattos, C. A. (2001). Metropolización y suburbanización. EURE (santiago), 27, 5-8.

Escolano, S. (2009). Tendencias recientes de la organización espacial de los usos del suelo en las grandes ciudades latinoamericanas: el caso del Gran Santiago (Chile). Estudios Geográficos, 70(266), 97-124.

ESRI. (s. f.). Análisis espacial en ArcGIS Pro—ArcGIS Pro | Documentación.

Gómez, H. Y. A., & Gómez, J. E. A. (2021). Bogotá: Complejidades Espaciales de una Ciudad Policéntrica y Segregada. In X Congreso Internacional de Ordenación del Territorio: recuperación, transformación y resiliencia. El papel del territorio (pp. 837-852). Asociación Interprofesional de Ordenación del Territorio FUNDICOT.

Gong, C., Yu, S., Joesting, H., & Chen, J. (2013). Determining socioeconomic drivers of urban forest fragmentation with historical remote sensing images. Landscape and urban planning, 117, 57-65.

Guzmán-Ramírez, A., & Hernández-Sainz, K. M. (2013). La fragmentación urbana y la segregación social. Una aproximación conceptual. LEGADO de Arquitectura y Diseño, 8(14), 41-56.

Harvey, D. (1979). Urbanismo y desigualdad social.

Herold, M., Scepan, J., & Clarke, K. C. (2002). The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses. Environment and planning A, 34(8), 1443-1458.

ICDE Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales. (2021, septiembre 15). Análisis Espacial. ICDE.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, M. (2017). Metodología elaboración del estudio de zonas homogéneas físicas y geoeconómicas y determinación del valor unitario por tipo de construcción. IGAC.

International Business Machines Corporation IBM. (s. f.). ¿Qué es el análisis exploratorio de datos?

Irwin, E. G., & Bockstael, N. E. (2007). The evolution of urban sprawl: Evidence of spatial heterogeneity and increasing land fragmentation. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104(52), 20672-20677.

Jiménez González, C. A., & Berti, N. T. (2022). Orígenes de la fragmentación espacial en Bogotá 1940-1970. Aportes para la reflexión sobre ciudades latinoamericanas. Revista Ciudades, Estados y Política, 9(1), 107-119.

Kozak, D. M. (2008). Urban fragmentation in Buenos Aires: The case of Abasto (Doctoral dissertation, Oxford Brookes University).

Lumivero. (2023). Regresión lineal de los mínimos cuadrados (OLS). XLSTAT, Your data analysis solution.

Maillo, J., Triguero, I., & Herrera, F. (2003). Un enfoque MapReduce del algoritmo k-vecinos más cercanos para Big Data. *ACM*, *7*, 971-980.

Marinescu, I. E., & Avram, S. (2012). Evaluation of urban fragmentation in Craiova city, Romania. Procedia Environmental Sciences, 14, 207-215.

Marmolejo Duarte, C. R., & Stallbohm, M. (2008). En contra de la ciudad fragmentada: ¿hacia un cambio de paradigma urbanístico en la Región Metropolitana de Barcelona? Scripta Nova: Revista electrónica de geografía y ciencias sociales, 12(270), 1-16.

McGarigal, K., Cushman, S. A., Neel, M. C., & Ene, E. (2002). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for categorical maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site: www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html, 6.

Mejía Franco, N., Serna Mendoza, C. A., & Czerny, M. (2023). Tendencias investigativas de la fragmentación urbana en América Latina y el Caribe: una revisión sistemática de literatura. Revista Venezolana de Gerencia (RVG), 28(103), 1257-1277.

Molina, M. (2021). La distancia más corta. El método de los mínimos cuadrados. Revista electrónica AnestesiaR, 13(1), 3.

Moran, P. A. (1950). Notes on continuous stochastic phenomena. Biometrika, 37(1/2), 17-23.

National Geographic. (2023). GIS (Geographic Information System). National Geographic Society.

Olivares, J. P. (2002). Análisis exploratorio y análisis confirmatorio de datos. Espacio abierto, 11(1).

Ord, J. K., & Getis, A. (1995). Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application. Geographical analysis, 27(4), 286-306.

Pérez de Murzi, T., & Orejuela, G. (2023). Geografía de la fragmentación urbana: las urbanizaciones cerradas en la expansión de Guayaquil, Ecuador. Revista de urbanismo, (48), 110-134.

Peñuelas, B. O. P. (2021). Problemática en la delimitación de fragmentación urbana por compartir procesos con otros impactos urbanos. Revista ciudades, estados y política, 8(2).

Piñero, F. E. (2010). Las implicaciones de la fragmentación urbana en el urbanismo moderno. Repositorio universidad javeriana.

Pírez, P. (2005). Expansión territorial, privatización y fragmentación en la configuración metropolitana de Buenos Aires. Cadernos metropole, (13), 11-46.

Price, J.H., Murnan, J. Y Martinez, A. (2004). Principales tipos de limitaciones | Revista Comunicar. Escuela de Autores. 7 abril, 2017.

Romero Novoa, J. A. (2010). Transformación urbana de la ciudad de Bogotá, 1990-2010: efecto espacial de la liberalización del comercio. Perspectiva geográfica, 15, 85-112.

Ruíz López, C. F., Alvarado Rosas, C., & Coronado Amaro, F. (2015). Dinámicas territoriales y fraccionamientos cerrados en la Zona Metropolitana de Cuernavaca.

Santana-Rodríguez, L., Pérez-Lorences, P., & Abreu-Ledón, R. (2019). La gestión de Tecnologías de la Información: análisis factorial confirmatorio. Ingeniería Industrial, 40(3), 272-284.

Sapena, M., & Ruiz, L. A. (2015). Description and extraction of urban fragmentation indices: The Indifrag tool. Revista de Teledetección, (43), 77-90.

Sapena, M., & Ruiz, L. A. (2016). IndiFrag v2.1: An Object-based Fragmentation Analysis Software Tool. Grupo de Cartografía, GeoAmbiental y Teledetección del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la Universitat Politècnica de València, España.

Schapira, M. F. P. (1999). Amérique Latine: la ville fragmentée. Esprit (1940-), 128-144.

Schapira, M. F. P. (2000). Segregación, fragmentación, secesión. Hacia una nueva geografía social en la aglomeración de Buenos Aires. Economía, sociedad y territorio, 2(7), 405-431.

Serrano, R. M., & Vayá, E. V. (2002). Econometría espacial: nuevas técnicas para el análisis regional. Una aplicación a las regiones europeas. Investigaciones Regionales-Journal of Regional Research, (1), 83-106.

SOJA, E. (2008). Estudios críticos sobre las ciudades y las regiones. Recurso electrónico. Edición Traficantes de Sueños.

Sommer, R. (1974). Espacio y comportamiento individual.

Statistical Discovery LLC. (2023). Análisis exploratorio de datos. jmp STATISTICAL DISCOVERY.

Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital. (s. f.). Definición de Destino Económico. Glosario catastral.

Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital - UAECD (s. f.). Definición de uso. Glosario catastral.

Valdés, E. (2007). Fragmentación y segregación urbana. Aportes teóricos para el análisis de casos en la ciudad de Córdoba. Revista Digital Alfilo, 18.

Valdés, E. (2001). Los guetos urbanos residenciales. El caso del Country Las Delicias. Anuario de la Escuela de Historia, 1(1).

Vidal Rojas, R. (1997). Metrópolis en recomposición: elementos para una teoría de la fragmentación urbana. 6to Encuentro de Geógrafos de América Latina.

Wei, Y., & Zhang, Z. (2012). Assessing the fragmentation of construction land in urban areas: An index method and case study in Shunde, China. Land Use Policy, 29(2), 417-428.

Wu, H., Sun, Y., Shi, W., Chen, X., & Fu, D. (2013). Examining the satellite-detected urban land use spatial patterns using multidimensional fractal dimension indices. Remote Sensing, 5(10), 5152-5172.