

ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL PORTAL NORTE DE TRANSMILENIO EN LA VARIACIÓN DEL VALOR COMERCIAL DE LAS PROPIEDADES UBICADAS EN SU ÁREA DE INFLUENCIA EN BOGOTÁ, MEDIANTE UN ANÁLISIS ESPACIAL PARA EL PERIODO 2022-2023.

CAROL YULIETH SIERRA HERRAN

20201025171

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CATASTRAL Y GEODESIA

BOGOTÁ D.C, COLOMBIA

2026

ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL PORTAL NORTE DE TRANSMILENIO EN LA VARIACIÓN DEL VALOR COMERCIAL DE LAS PROPIEDADES UBICADAS EN SU ÁREA DE INFLUENCIA EN BOGOTÁ, MEDIANTE UN ANÁLISIS ESPACIAL PARA EL PERIODO 2022-2023.

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PASANTÍA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERA CATASTRAL Y GEODESTA

Realizado por:

CAROL YULIETH SIERRA HERRAN

20201025171

DIRECTOR INTERNO:

LUIS EDUARDO CASTILLO MENDEZ

DIRECTOR EXTERNO:

ANGIE VIVIANA CASTRO VELASQUEZ

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CATASTRAL Y GEODESIA

BOGOTÁ D.C, COLOMBIA

2026

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN **1**

2. OBJETIVOS **2**

2.1. Objetivo general 2

2.2. Objetivos específicos 2

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA **2**

3.1. Justificación 3

3.2. Delimitación de la zona de estudio 4

4. MARCO TEÓRICO **6**

4.1. Antecedentes 6

4.2. Marco conceptual 8

4.3. Marco normativo 9

4.4. Marco metodológico 11

5. DESARROLLO METODOLÓGICO **13**

5.1. Preparación y obtención de datos 13

5.2. Construcción espacial del área de estudio 14

5.3. Análisis exploratorio 14

5.4. Modelo de regresión lineal (OLS) y análisis de autocorrelación espacial 17

5.5. Modelos Espaciales 23

5.5.1. Construcción de la conectividad espacial 23

5.5.2. Modelo Autorregresivo Espacial (SAR) 23

5.5.3. Modelo de Error Espacial (SEM) 27

5.5.4. Modelo Espacial de Durbin (SDM) 30

6. Resultados **33**

7. Conclusiones **35**

Agradecimientos

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por acompañarme en cada paso y darme la sabiduría necesaria para llegar a este momento de mi vida.

A mis padres, Freddy S. Galindo y Tatiana Herrán, gracias por ser el pilar fundamental de este proceso, por su amor incondicional y por creer en mí en todo momento.

A mi hermano, a mi pareja y a mi abuela, les agradezco profundamente por su amor, confianza y apoyo constante, los cuales hicieron posible la culminación de este logro.

Finalmente, expreso mi agradecimiento al profesor Luis Eduardo Castillo por su guía, orientación y acompañamiento a lo largo de este trabajo.

1. INTRODUCCIÓN

En Bogotá, el desarrollo urbano ha avanzado de la mano con la expansión del sistema de transporte masivo TransMilenio, desde su puesta en marcha esta infraestructura no solo modificó la forma de desplazarse por la ciudad, sino también la organización del territorio y los valores de los predios ubicados en su entorno. No obstante, aún no se cuenta con mediciones precisas sobre el efecto que tiene la cercanía a los portales en el valor comercial de las propiedades.

Este portal, localizado en un punto estratégico del norte de la capital, conecta la red troncal de TransMilenio con rutas alimentadoras y servicios intermunicipales, por esa razón se ha convertido en un espacio de gran afluencia, donde cada día se concentran miles de pasajeros, esa dinámica genera beneficios y también tensiones ya que mientras la accesibilidad y la presencia de servicios pueden aumentar el valor del suelo, el ruido, la congestión y el comercio informal tienden a afectar negativamente las viviendas cercanas.

A pesar de que TransMilenio ha sido objeto de múltiples estudios desde la perspectiva de la movilidad, aún hay vacíos en torno a su influencia sobre el mercado inmobiliario en áreas puntuales lo que limita la comprensión global del fenómeno, en este sentido el presente trabajo busca examinar con detalle cómo la distancia al Portal Norte incide en el valor comercial de las propiedades durante el periodo 2022–2023 y para ello, se aplicara un modelo econométrico espacial que permita evidenciar las dinámicas territoriales asociadas a la infraestructura de transporte.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la relación espacial entre la proximidad al Portal Norte y el valor comercial de los predios, mediante la aplicación de un modelo econométrico espacial.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y seleccionar los criterios espaciales y socioeconómicos relevantes para delimitar el área de estudio en torno al Portal Norte de TransMilenio.
- Recolectar, organizar y validar los datos catastrales, comerciales y geoespaciales correspondientes al periodo 2022–2023 para las propiedades dentro del área delimitada.
- Desarrollar un modelo analítico para estimar cómo la proximidad al Portal Norte afecta directamente el valor de los predios en el área de influencia.
- Interpretar los resultados obtenidos para establecer patrones espaciales y evaluar la incidencia de la distancia sobre la valorización del suelo urbano.

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En Bogotá, el crecimiento urbano y la creación de puntos de conexión del transporte público, como el Portal Norte de TransMilenio, han cambiado la forma en que se valoran las propiedades cercanas. Si bien este tipo de infraestructuras puede aumentar el precio de los predios con fines comerciales, también genera efectos no tan favorables en las

viviendas, principalmente por el ruido, la congestión y las transformaciones del entorno inmediato.

A pesar de la relevancia de este tema, aún no existen estudios recientes que expliquen con claridad cómo la cercanía al Portal Norte influye en el valor de las viviendas de estrato 3 que no pertenecen a propiedad horizontal. Esta falta de información impide dimensionar con precisión el impacto real y limita la creación de estrategias de planificación urbana acordes con las condiciones actuales del sector.

3.1 JUSTIFICACIÓN

El sistema TransMilenio ha cambiado notablemente la forma en que se estructura y se habita la ciudad de Bogotá. En particular, el Portal Norte cumple un papel clave como terminal de pasajeros, ya que concentra gran parte del flujo diario y genera dinámicas que inciden directamente en el valor de los predios cercanos.

Aunque se reconoce su importancia, aún hay pocos estudios recientes que analicen de forma detallada cómo la cercanía al Portal Norte afecta el mercado inmobiliario. La mayoría de investigaciones disponibles son generales o desactualizadas, por lo que no explican los efectos específicos sobre las viviendas del área. Por esa razón, este trabajo se centra en un análisis espacial del periodo 2022–2023 para identificar hasta qué punto la distancia al portal influye en el valor comercial de las propiedades.

Los resultados de esta investigación buscan aportar al debate académico y ser útiles para los planificadores urbanos y las entidades públicas. Con ello se espera ofrecer una visión más clara sobre el efecto del Portal Norte en el valor de las propiedades y sobre los retos y oportunidades que plantea para un desarrollo urbano equilibrado. Aunque la proximidad al Portal Norte será la variable central del análisis, el modelo también

incorporará variables de control que aseguren la homogeneidad de los datos, por eso se trabajará únicamente con predios de uso residencial, pertenecientes al estrato 3 y 4, y no sometidos a propiedad horizontal, esta delimitación permitirá aislar de manera más precisa el efecto de la distancia al portal sobre el valor comercial de las propiedades.

La realización de esta investigación, en ese sentido, aporta al entendimiento de cómo las infraestructuras de transporte masivo, específicamente el sistema TransMilenio, inciden en el valor comercial de las propiedades, un análisis que resulta relevante no solo para los estudios urbanos y del mercado inmobiliario, sino también para la planificación de políticas públicas que busquen un desarrollo urbano más equitativo.

3.2 DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra al norte de Bogotá, en el tramo de la Autopista Norte que incluye el Portal del Norte de TransMilenio. Este sector funciona como uno de los principales puntos de conexión del transporte de la ciudad, ya que articula el sistema masivo con rutas alimentadoras y con servicios intermunicipales que conectan con varios municipios cercanos.

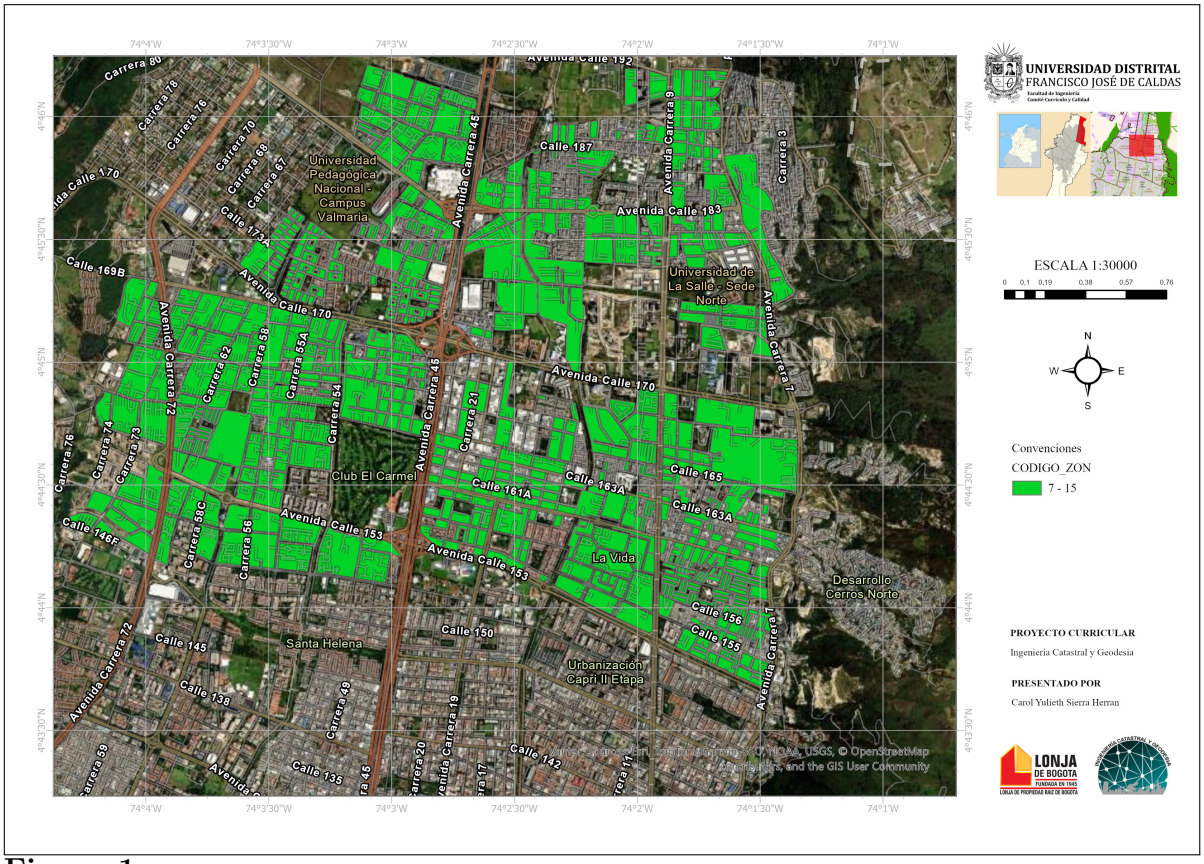


Figura 1
Zona de estudio

Generalidades de la zona:

- **Ambientales:** En el aspecto ambiental, el área cuenta con zonas verdes y algunos parques locales, aunque enfrenta problemas relacionados con el uso del espacio público, en especial por la presencia de comercio informal y el flujo constante del transporte intermunicipal. En cuanto a la movilidad, el Portal del Norte reúne servicios de TransMilenio, SITP y transporte intermunicipal, lo que provoca congestión vehicular y peatonal, así como la aparición de paraderos formales e informales en sus alrededores.

- **Transporte:** El Portal del Norte es un nodo que concentra rutas de TransMilenio, SITP, transporte intermunicipal y modos informales. Esto genera alta congestión

vehicular y peatonal, además de la presencia de paraderos autorizados y no autorizados en su entorno inmediato.

El área final de análisis se definió con base en la variable principal: la cercanía al Portal del Norte y su relación con el valor comercial de las propiedades. Para mantener la coherencia de los datos, se incluyeron únicamente predios de uso residencial, de estrato 3 y que no estén en propiedad horizontal. Esta selección permite observar con mayor precisión cómo la distancia al portal puede influir en el comportamiento del mercado inmobiliario de la zona.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 ANTECEDENTES

- **Internacionales:** A nivel internacional, diversos estudios han mostrado que los grandes proyectos de transporte pueden modificar la estructura urbana y afectar el valor de los inmuebles ubicados cerca de ellos. El aumento en la accesibilidad suele cambiar la demanda por ciertas zonas y, en muchos casos, elevar los precios del suelo y de la vivienda. En este contexto, Lesage (2014) resalta la importancia de la econometría espacial como una herramienta que permite analizar correctamente este tipo de relaciones, ya que considera la dependencia existente entre los datos geográficos.

  En diferentes ciudades, tanto de países desarrollados como en desarrollo, se ha observado que las obras de transporte masivo tienden a generar incrementos en el valor del suelo en las áreas cercanas. Sin embargo, la magnitud de estos efectos depende de factores como la densidad urbana, el tipo de sistema implementado y las políticas que acompañen el proyecto. Estupiñan (2011) identifica, entre las

consecuencias más comunes, la mayor ocupación del suelo, la mezcla de usos y la mejora en el espacio público, que en algunos casos modifican el perfil socioeconómico de los sectores intervenidos.

- **Nacionales:**

  En el contexto colombiano, la implementación del sistema TransMilenio ha sido clave para entender la relación entre transporte y valorización del suelo. Silva Aparicio (2010) explica que este sistema modificó no solo la movilidad de Bogotá, sino también el patrón de ocupación del suelo y el comportamiento del mercado inmobiliario. Las zonas más próximas a las estaciones suelen mostrar mayores precios, ya que la accesibilidad se convierte en un criterio importante para elegir la ubicación de viviendas y comercios.

  El impacto del sistema TransMilenio sobre el mercado inmobiliario de Bogotá no ha sido igual en todas las zonas, ya que en algunos corredores la mejora en accesibilidad ha elevado el valor de las viviendas, mientras que en otros los beneficios se han concentrado en locales comerciales o áreas de alto flujo peatonal. Sin embargo, estos efectos no siempre se mantienen, ya que la congestión, el ruido o la calidad del espacio público también influyen en la valoración que hacen los compradores. Este comportamiento ya se había observado en el análisis de la carrera Séptima donde a pesar del aumento del tráfico y de la presión sobre la vía, los residentes identificaron una relativa estabilidad en el valor de los predios circundantes (Fernández Hernández, 2005).

4.2 MARCO CONCEPTUAL

- **Valor Comercial:** El valor comercial de un inmueble se entiende como el precio estimado que podría alcanzar en una transacción normal, teniendo en cuenta su ubicación, su estado de conservación y las condiciones del entorno. Este valor refleja cómo se comporta el mercado inmobiliario en un momento específico y cuánto estarían dispuestos a pagar los compradores por propiedades similares.

  En el contexto urbano el valor comercial se ve influenciado por factores de localización, tales como la cercanía a vías principales, la presencia de servicios públicos y equipamientos, cuando una zona mejora su conectividad y calidad urbana, las propiedades tienden a valorizarse debido al aumento de su atractivo residencial o comercial, sin embargo, esta relación no siempre es lineal ya que en áreas con alta congestión o exposición al ruido, los valores pueden disminuir. En estudios recientes sobre Bogotá, se ha identificado que los predios próximos a estaciones o portales de TransMilenio, tienden a presentar incrementos en el valor comercial debido a la reducción de tiempos de desplazamiento.

- **Infraestructura de Transporte:** La infraestructura de transporte comprende el conjunto de elementos físicos, técnicos y operativos que hacen posible el desplazamiento de personas y bienes dentro del territorio. Incluye vías, estaciones, terminales, puentes, y demás componentes que estructuran la movilidad urbana, su distribución y jerarquía determinan, en gran medida, el patrón de crecimiento y el ordenamiento de las ciudades.

  Los sistemas de transporte masivo, como el Bus Rapid Transit (BRT), no solo cumplen una función de movilidad, sino que también actúan como motores de

transformación urbana, ya que como se ha visto y estudios lo han analizado cada nueva troncal, estación o portal modifica el entorno inmediato al generar un aumento en la circulación peatonal y vehicular, incentivar la actividad económica y promover el incremento de la ocupación del suelo urbano. En ese sentido, el Portal Norte de TransMilenio puede entenderse como un punto estratégico dentro de la estructura vial de Bogotá, donde se concentran flujos de pasajeros, comercio y servicios, capaces de alterar las dinámicas de valorización en las áreas circundantes.

- **Ordenamiento Territorial:** El ordenamiento territorial constituye el proceso mediante el cual se planifica y regula el uso del suelo con el propósito de lograr un desarrollo urbano equilibrado y sostenible, este instrumento orienta la ubicación de infraestructuras, equipamientos y servicios, procurando que las inversiones públicas, especialmente las de transporte, generen bienestar colectivo y un aprovechamiento eficiente del territorio. En este contexto, la planeación del transporte y la gestión del suelo deben entenderse como procesos complementarios: mientras el primero estructura la movilidad y define las oportunidades de conexión, el segundo regula la ocupación y guía el crecimiento urbano, cuando ambas dimensiones se articulan de manera coherente, las inversiones en transporte no solo fortalecen la movilidad, sino que también inciden positivamente en la distribución del valor del suelo y en la sostenibilidad de la ciudad.

4.3 MARCO NORMATIVO

- **Ley 388 de 1997:** En Colombia, el ordenamiento territorial se rige por un marco normativo que obliga a los municipios a elaborar y aplicar su propio Plan de Ordenamiento Territorial (POT), este plan define cómo se puede usar el suelo,

qué zonas se destinan a vivienda, comercio o servicios, y cuáles deben reservarse como áreas de cesión o espacio público. Además, el POT orienta la ubicación de infraestructuras públicas como estaciones o portales de transporte y establece reglas para que su desarrollo contribuya al crecimiento urbano y a la valorización equilibrada del territorio. Ley 388, 1997

- **Decreto 1420 de 1998:** Establece las reglas técnicas que deben seguirse para realizar avalúos y valoraciones en Colombia, en él se detallan los procedimientos, los criterios de estimación, entre otras disposiciones, también define cómo se deben elaborar los avalúos comerciales en casos como determinación del valor de mercado, convirtiéndose así en la principal referencia normativa para comprender el concepto de "valor comercial" aplicado en esta investigación. Decreto 1420, 1998

- **Resolución 1040 de 2023:** El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) emitió la Resolución Única de la Gestión Catastral Multipropósito, en la que se establecen los lineamientos técnicos para la administración, actualización y entrega de la información catastral, incluyendo los formatos, anexos y criterios que deben emplearse. Esta norma resulta fundamental para la presente investigación, ya que las fuentes de información catastral corresponden a los años 2022 y 2023, por lo tanto, la resolución respalda los procedimientos utilizados y garantiza la confiabilidad de los datos. Resolución 1040, 2023

- **Normatividad y Reglamentación TRANSMILENIO S.A.:** La empresa TransMilenio S.A. dispone de distintos documentos normativos y manuales que orientan aspectos como la operación del sistema, la seguridad, la integración de rutas y el uso de estaciones y portales. Entre ellos se incluyen resoluciones in-

ternas y guías técnicas que establecen los procedimientos de conexión con rutas intermunicipales y los requisitos que debe cumplir la infraestructura, aunque se trata de normas de carácter administrativo, su revisión permite entender mejor las restricciones operativas y las medidas que influyen en la movilidad peatonal, el comercio informal y la seguridad del entorno, factores que finalmente inciden en el valor comercial de los predios cercanos al Portal Norte.

4.4 MARCO METODOLÓGICO

- **FASE I: Definición del área de estudio y criterios de selección**

  Establecer los criterios para delimitar la zona objeto de análisis en torno al Portal Norte de Transmilenio:

  - La proximidad al Portal Norte se representará mediante zonas de análisis concéntricas (buffers) a distancias de 300 metros, lo que permitirá medir el impacto del área de influencia.
  - Definir los criterios de selección del área de estudio con base en:
    - Uso de suelo: propiedades con uso residencial predominante.
    - Estrato socioeconómico 3 y 4.
    - Tipología de propiedad: exclusión de predios sometidos a propiedad horizontal.
  - Justificar la elección del área de estudio en función de dichos criterios, orientando el análisis hacia zonas homogéneas en cuanto a uso y condiciones socioespaciales.
  - Delimitar preliminarmente la zona de análisis mediante herramientas GIS, como insumo para las fases posteriores.

- **FASE II: Diseño metodológico**

  Evaluar y seleccionar el enfoque analítico más adecuado

  - Analizar y evaluar diferentes modelos e índices espaciales para determinar su aplicabilidad al caso del Portal Norte.
  - Seleccionar el modelo más pertinente con base en su capacidad para capturar relaciones espaciales entre variables.
  - Establecer las métricas clave que formarán parte del modelo, considerando como insumos centrales el valor comercial y la distancia al portal.
  - Aislar el efecto de la proximidad al Portal Norte mediante la inclusión de variables de control en el modelo, tales como el estrato socioeconómico, el uso del suelo y la tipología de propiedad.

- **FASE III: Recolección de datos**

  Recopilar información basada en los criterios definidos en la Fase 1:

  - Recolectar información catastral y de mercado del periodo 2022–2023.
  - Extraer datos espaciales de fuentes oficiales (como Mapas Bogotá) respecto a usos del suelo, estrato socioeconómico y otras variables.
  - Validar y complementar la información con fuentes institucionales confiables.

- **FASE IV: Procesamiento de datos**

  Preparar y estructurar los datos para su análisis:

  - Depurar outliers de la base de datos.
  - Estandarizar y normalizar variables.
  - Aplicar el modelo o índice previamente seleccionado.

- Generar representaciones visuales preliminares, como mapas de calor y diagramas de dispersión.

- **FASE V: Redacción y revisión final**

  Sistematizar resultados y ajustes metodológicos:

  - Redactar el documento final siguiendo lineamientos institucionales y normas APA.
  - Integrar mapas, gráficas y anexos técnicos que respalden el desarrollo del estudio.
  - Validar la coherencia entre los objetivos, el marco teórico, la metodología aplicada y los hallazgos obtenidos.

5. DESARROLLO METODOLÓGICO

5.1 PREPARACIÓN Y OBTENCIÓN DE DATOS

El trabajo metodológico comenzó con la búsqueda y recopilación de la información necesaria para el análisis espacial, las principales fuentes fueron portales y entidades oficiales, entre ellas Mapas Bogotá, de allí se obtuvieron los datos catastrales y de mercado correspondientes al periodo 2022–2023, se usaron los formatos shapefile (.shp) que fueron las capas base. Esta selección se realizó debido a la disponibilidad limitada de información, ya que estos fueron los datos más recientes y de acceso libre que se encontraron para el desarrollo del estudio.

Se hizo una primera limpieza para retirar registros incompletos o repetidos y corregir posibles inconsistencias en la información, se filtraron los predios según los criterios

definidos en la fase de delimitación: viviendas de estrato 3 y 4, con uso residencial y no sometidas a propiedad horizontal, esta selección permitió conservar la homogeneidad de la muestra y evitar sesgos relacionados con el uso del suelo o el tipo de edificación.

Finalmente, todos los conjuntos de datos se organizaron en una geodatabase (GDB) estructurada, que permitió enlazar la información geográfica con las variables numéricas, esta integración ayudo a representar de forma precisa las condiciones del área de estudio, para así poder aplicar los modelos estadísticos y espaciales definidos en la investigación.

5.2 CONSTRUCCIÓN ESPACIAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Con la base de datos ya organizada, se definió el área de estudio alrededor del Portal Norte de TransMilenio para delimitar el espacio donde se analizaría su posible efecto sobre el valor de las propiedades, en un inicio se consideró dividir el entorno en una franja de distancia de 300 metros respecto al portal, pero la falta de información en los sectores más cercanos llevó a establecer un radio de influencia aproximado de 2.500 metros, esta decisión permitió incluir un número suficiente de predios y obtener una muestra más representativa de las condiciones del área.

5.3 ANÁLISIS EXPLORATORIO

El análisis del campo Vr_Integra permitió describir el comportamiento general de la variable, los valores registrados se encuentran entre 961.570,83 y 6.210.259,74, con un promedio de 2.496.072,21 y una mediana cercana de 2.532.738,46, la poca diferencia entre ambas medidas sugiere que los datos no presentan un sesgo fuerte hacia valores extremos. La desviación estándar fue de 718.011,20 y el coeficiente de variación 0,29,

estos muestran una variación moderada indicando que la mayoría de los predios se agrupan alrededor del valor promedio. El rango intercuartílico el cual fue de 1.013.634,25 confirma esta concentración ya que el 50 % central de los valores se distribuye en un intervalo relativamente estrecho.

Se identificaron 13 valores atípicos dentro de los 925 registros analizados (aprox. 1,4 %), dado su bajo peso relativo, estos casos no modifican de manera significativa las medidas de tendencia central. En cuanto a la forma de la distribución la asimetría de 0,81 indica una leve inclinación hacia valores altos, mientras que la curtosis de 5,85 señala una mayor concentración de datos alrededor de la media en comparación con una distribución normal.

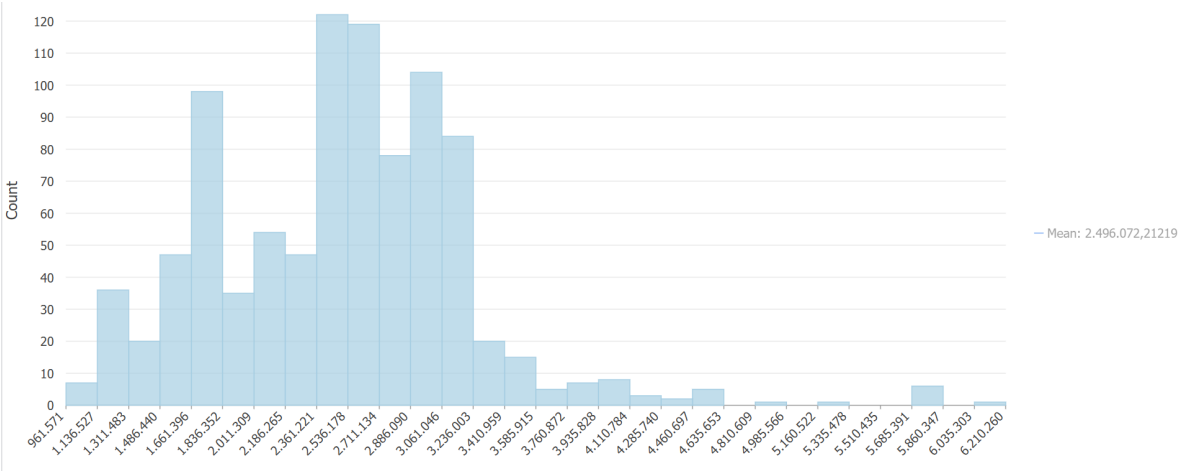


Figura 2
Distribución de Vr_Integra

La estabilidad observada en la distribución de Vr_Integra es importante para el análisis ya que permite evaluar con mayor claridad el efecto de la distancia al Portal Norte sobre el valor comercial, si los valores estuvieran altamente dispersos o sesgados, sería difícil diferenciar si las variaciones en el precio se deben a la influencia del portal o a comportamientos atípicos del mercado. En este caso, la concentración de los valores alrededor del promedio indica que la variable es adecuada para el modelamiento espacial

y para la identificación de posibles patrones de valorización asociados a la proximidad al sistema de transporte.

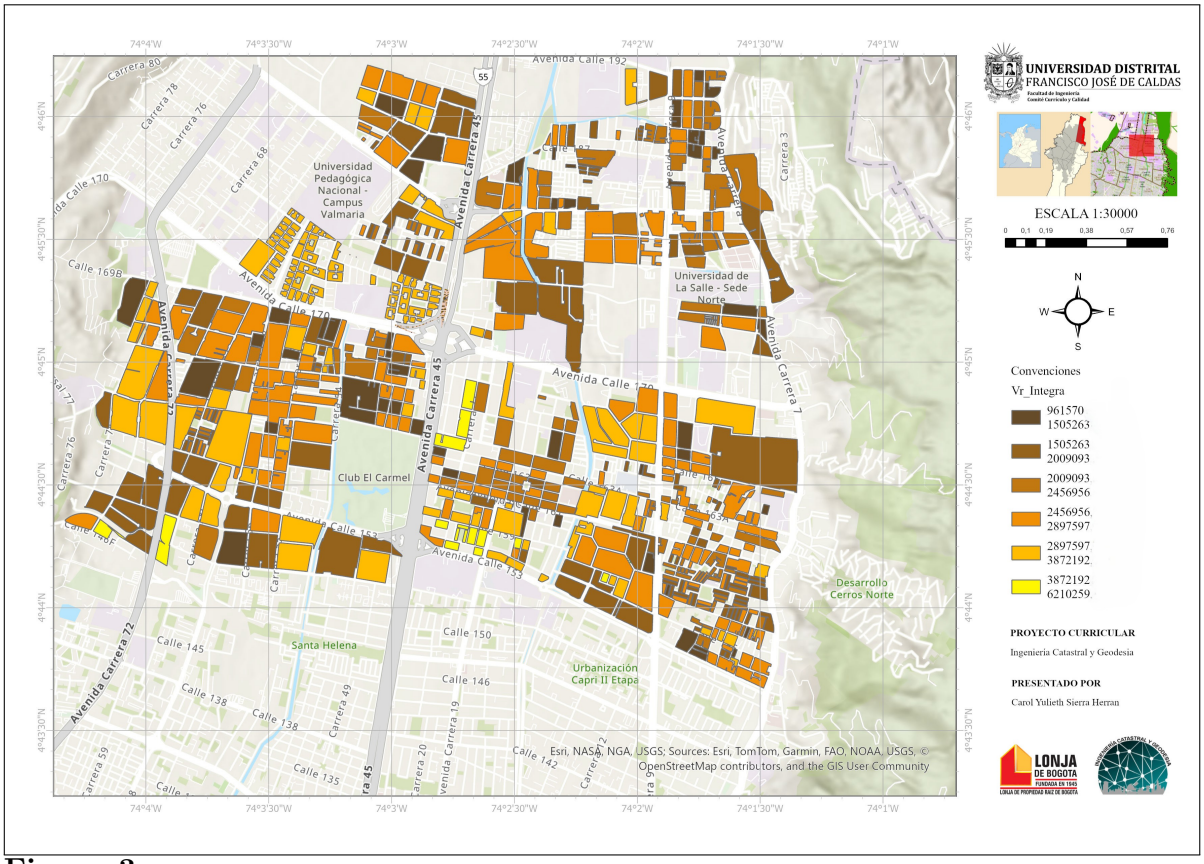


Figura 3

Valor metro cuadrado

Campo	Valor
Nombre del campo	Vr_Integra
Valores nulos	0 (0 %)
Mínimo	961,570.83
Máximo	6,210,259.74
Media (promedio)	2,496,072.21
Desviación estándar	718,011.20
Mediana	2,532,738.46
Cantidad total (registros)	925 (100 %)
Valores únicos	588
Moda	1,825,000
Valores atípicos (outliers)	13
Suma total	2,308,866,796.28
Rango	5,248,688.91
Rango intercuartílico (IQR)	1,013,634.25
Primer cuartil (Q1)	1,942,952.83
Tercer cuartil (Q3)	2,956,587.08
Coeficiente de variación (CV)	0.287656
Asimetría (Skewness)	0.814053
Curtosis (Kurtosis)	5.85357

Cuadro 1
Estadísticos del valor m2 de las propiedades

5.4 MODELO DE REGRESIÓN LINEAL (OLS) Y ANÁLISIS DE AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL

Con la base de datos definitiva y las variables seleccionadas, se aplicó un modelo de regresión lineal ordinaria (Ordinary Least Squares, OLS) para analizar cómo la distancia al Portal Norte, el área del predio y el estrato socioeconómico influyen en el valor comercial de los predios, el procedimiento se realizó en ArcGIS Pro, en el modelo se

definió Vr_Integra como variable dependiente y se incorporaron como variables explicativas Dist_Portal, Area_m2 y Estrato. De forma general, la ecuación se expresó como:

$$Vr_Integra = \beta_0 + \beta_1(Dist_Portal) + \beta_2(Area_m2) + \beta_3(Estrato) + \varepsilon \qquad (1)$$

A partir del reporte generado del modelo se revisaron indicadores como R2 ajus tado el cual fue cercano a 0,115, lo que indica que solo alrededor del 11,5 % del valor comercial puede explicarse con las variables utilizadas, factores como la ubi cación del predio, su antigüedad o condiciones particulares del entorno podrían tener un peso importante que no fue considerado en este modelo. La prueba de Koenker señala que la relación entre las variables no es completamente uniforme en todo el territorio, la prueba de Jarque–Bera, incluida únicamente como parte de los diagnósticos que genera el modelo OLS, indica que los residuos no siguen una distribución normal; sin embargo, para este estudio dicha prueba no será utilizada como criterio de análisis, ya que su función aquí se limita a formar parte del conjunto de indicadores automáticos del modelo.

OLS Diagnostics

Input Features	Mz_info_UTM	Dependent Variable	VR_INTEGRA
Number of Observations	1044	Akaike's Information Criterion (AICc)['d']	31220,908141
Multiple R-Squared['d']	0,117831	Adjusted R-Squared['d']	0,115286
Joint F-Statistic['e']	46,303967	Prob(>F), (3,1040) degrees of freedom	0,000000*
Joint Wald Statistic['e']	119,924690	Prob(>chi-squared), (3) degrees of freedom	0,000000*
Koenker (BP) Statistic['f']	28,532906	Prob(>chi-squared), (3) degrees of freedom	0,000003*
Jarque-Bera Statistic['g']	1360,108401	Prob(>chi-squared), (2) degrees of freedom	0,000000*

Figura 4
Resultados del diagnóstico del modelo de regresión OLS para VR_INTEGRA.

Respecto al coeficiente del estrato refleja una relación positiva ya que los predios ubicados en estratos más altos tienden a presentar valores comerciales superiores, en el caso del área del terreno el coeficiente muestra que en promedio un aumento del tamaño del predio incrementa su valor comercial, este resultado también es consistente con la

lógica del mercado ya que los lotes más amplios ofrecen mayores posibilidades de uso o construcción. Por su parte, los bajos valores del factor de inflación de la varianza (VIF) descartan problemas de multicolinealidad, indicando que las variables del modelo aportan información distinta y complementaria.

Summary of OLS Results - Model Variables

Variable	Coefficient [a]	StdError	t-Statistic	Probability [b]	Robust_SE	Robust_t	Robust_Pr [b]	VIF [c]
Intercept	877899,86631	166313,27329	5,278592	0,000000*	161458,31880	5,437316	0,000000*	--------
ESTRATO	468307,11116	47460,086798	9,867388	0,000000*	47089,873733	9,944964	0,000000*	1,039128
AREA_M2	4,019921	0,787990	5,101490	0,000001*	1,395203	2,881245	0,004048*	1,011090
NEAR_DIST	5,411474	24,840903	0,217845	0,827591	22,964194	0,235648	0,813753	1,029995

Figura 5
Resultados del modelo de regresión OLS: coeficientes y estadísticos de las variables incluidas en el modelo.

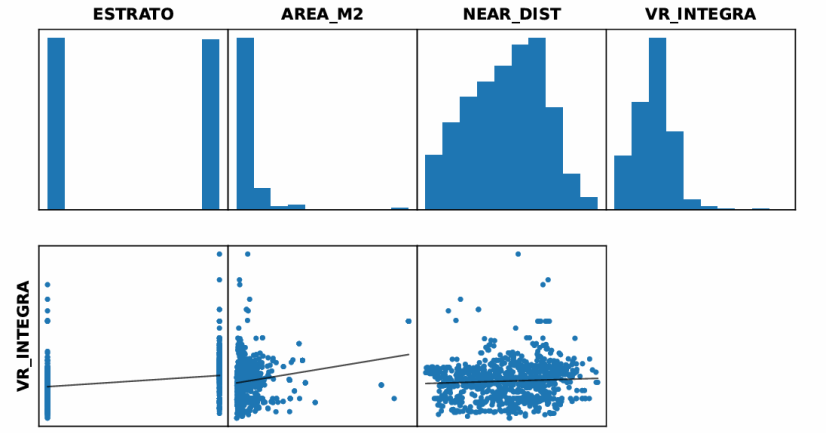


Figura 6
Distribuciones variables y relaciones

El análisis de los residuales del modelo de regresión lineal ordinaria permite evaluar en qué medida el OLS representa adecuadamente la relación entre las variables, el histograma de los residuos estandarizados permite analizar la forma que adopta la distribución de los errores del modelo. En la Figura 4 se observa que los residuos no se distribuyen de manera simétrica alrededor de cero, sino que presentan una cola más extendida hacia valores positivos y una concentración importante cerca del centro,

esta desviación frente a la normalidad teórica indica que el supuesto de normalidad no se cumple estrictamente, lo cual es coherente con los resultados de la prueba de Jarque–Bera reportada en los diagnósticos del modelo OLS.

Este comportamiento es habitual en estudios del mercado inmobiliario donde los valores de las propiedades suelen agruparse por zonas y reflejan asimetrías propias del entorno urbano, si bien la normalidad de los residuos no es un requisito estricto para los modelos espaciales, estos resultados indican que el OLS no alcanza a representar por completo la heterogeneidad territorial presente en los datos.

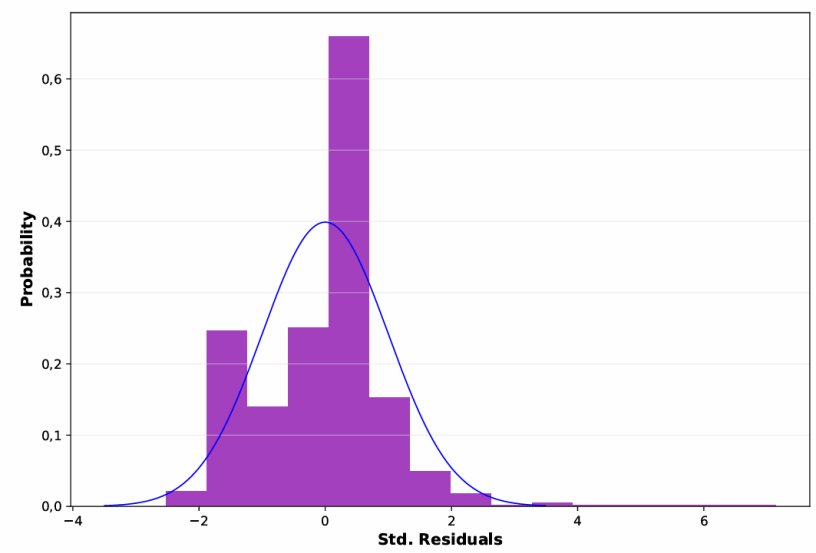


Figura 7

Histograma de residuos estandarizados

Finalmente, la distancia al Portal Norte no resultó estadísticamente significativa, lo cual sugiere que en este modelo lineal la proximidad al sistema de transporte no se traduce en un efecto directo sobre el valor del inmueble, sin embargo esto no implica la ausencia total de relación sino que podría deberse a la existencia de una relación no lineal o a la influencia de factores espaciales complementarios que modulan dicho impacto como los usos del suelo.

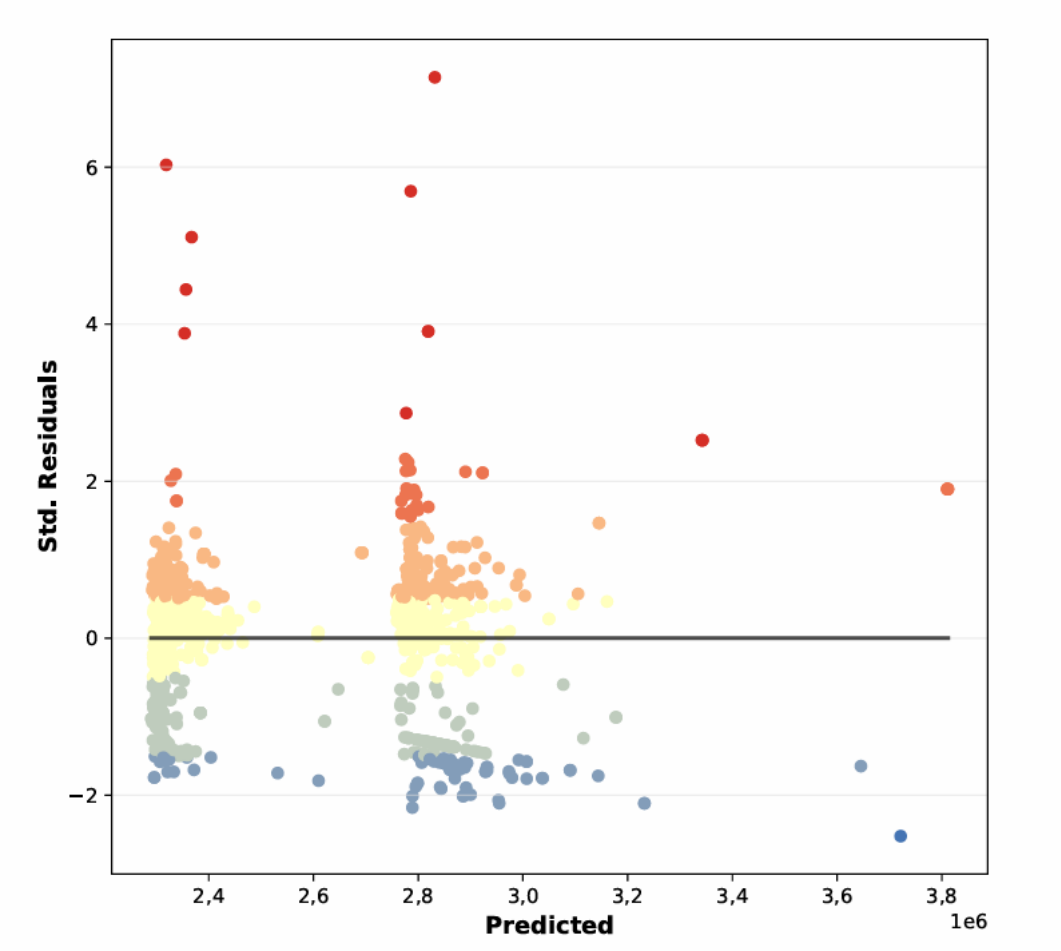


Figura 8
Residual frente a gráfico previsto

Para evaluar si los residuos del modelo OLS mostraban algún tipo de relación espacial, se aplicó el Índice Global de Moran, este indicador sirve para identificar si existen patrones espaciales que el modelo lineal no logro explicar, se aplicó este indicador debido a que en los mercados inmobiliarios las características de los predios suelen verse influenciadas por su entorno cercano y no de manera completamente independiente.

Moran's Index	0,099871
Expected Index	-0,000959
Variance	0,000045
z-score	14,986395
p-value	0,000000

Figura 9
Resumen global de Moran

Los resultados arrojaron un Moran's I de 0,0999, con un z-score de 14,99 y un p-valor inferior a 0,01, estos valores indican la existencia de una autocorrelación espacial positiva y significativa, es decir, los residuos tienden a concentrarse en ciertas zonas con comportamientos similares, esto confirma la dependencia espacial en los datos, en otras palabras, los valores de los inmuebles no solo dependen de sus propias características como el área o el estrato, sino también de factores del entorno tales como la cercanía a vías principales o la disponibilidad de servicios en el sector.

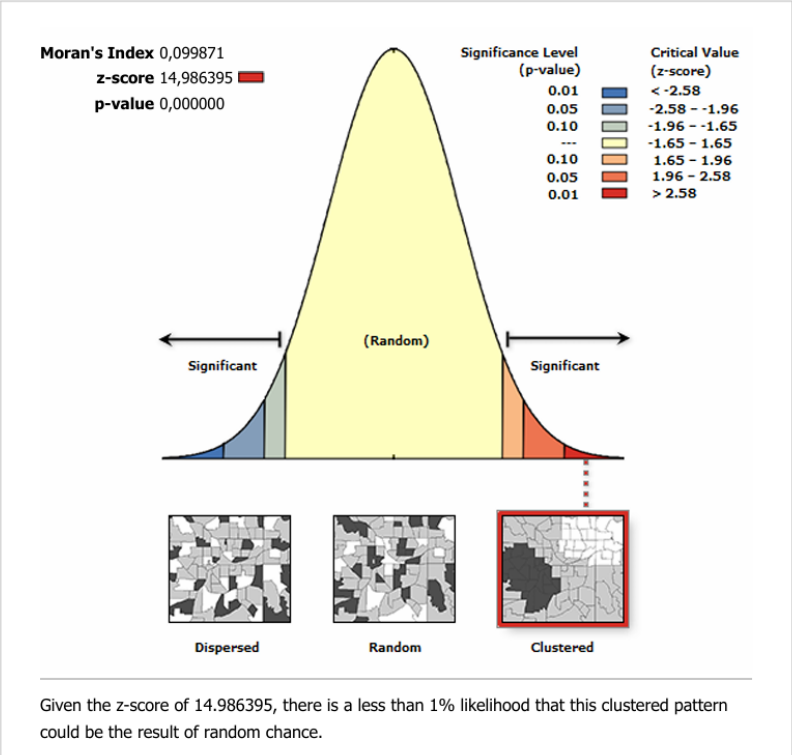


Figura 10
Informe de autocorrelación espacial

5.5 MODELOS ESPACIALES

Los resultados del modelo OLS mostraron un ajuste bajo y además una autocorrelación espacial clara en los residuos (Moran's I positivo, p <0.01), esto sugiere que el modelo lineal no alcanza a capturar la dependencia espacial que caracteriza el mercado inmobiliario en esta zona, de modo que se hizo necesario aplicar modelos espaciales que permitieran incorporar esta estructura.

Por esta razón se estimaron dos alternativas: el modelo SAR y el modelo SEM, ambos incorporan la influencia que ejerce el entorno espacial sobre los valores de los predios, aunque lo hacen desde enfoques distintos.

5.5.1 CONSTRUCCIÓN DE LA CONECTIVIDAD ESPACIAL

Para estimar los modelos espaciales se elaboró una matriz de pesos basada en las coordenadas de los predios, con esto se identifica qué predios actúan como vecinos y por lo tanto desde dónde se genera la influencia espacial dentro del análisis. En este caso se optó por usar los 6 vecinos más cercanos, este número permite mantener la red conectada y evita que queden predios aislados, además permite captar la interacción entre predios cercanos sin ampliar en exceso la zona de vecindad.

5.5.2 MODELO AUTORREGRESIVO ESPACIAL (SAR)

Una vez definida la matriz de pesos espaciales se aplicó el modelo SAR con el fin de evaluar cómo los predios influyen entre sí dentro del área de estudio, este modelo incorpora el parámetro espacial ρ que permite reconocer hasta qué punto el valor de un predio se relaciona con el comportamiento de sus vecinos inmediatos, de esta manera se corrige la autocorrelación observada en el modelo OLS y se obtiene una lectura más clara de las dinámicas del mercado inmobiliario.

PARÁMETRO ESPACIAL

Parámetro	Valor
Rho	0.42703
LR test value	103
p-value (LR test)	< 2.22e-16
Std. Error (Hessian)	0.038718
z-value	11.029
p-value (z)	< 2.22e-16
Wald statistic	121.65
p-value (Wald)	< 2.22e-16

Figura 11
Parámetro espacial

El valor estimado de ρ fue 0.427 y mostró una significancia muy alta, en términos prácticos este resultado indica que los predios suelen parecerse a los que los rodean, las zonas con valores altos tienden a agruparse entre sí y lo mismo ocurre con las zonas de menor valor, este comportamiento es coherente con la estructura urbana de Bogotá, donde las características del entorno inmediato influyen de manera importante en el valor comercial.

Los coeficientes obtenidos mantienen la tendencia esperada para el tipo de variables incluidas en el estudio.

TABLA DE RESULTADOS DEL MODELO SAR

Variable	Coeficiente	Error.Estandar	Z	P_valor
(Intercept)	454577.218178	1.538378e+05	2.954913	3.127576e-03
NEAR_DIST	-5.829377	NaN	NaN	NaN
Area_m2	3.067129	7.411652e-01	4.138253	3.499606e-05
ESTRATO	282827.639892	4.556064e+04	6.207718	5.375944e-10

Figura 12
Tabla de resultados del modelo SAR

- **Intercepto**

  El intercepto es significativo, aunque su interpretación aislada no aporta un significado económico directo, funciona principalmente como punto de referencia para el resto del modelo.

- **Área del predio**

  El área del predio tuvo un coeficiente: 3.0671 y un p-valor: $3{,}5 \times 10^{-5}$, presenta un efecto positivo y significativo, a mayor tamaño mayor valor comercial, este comportamiento coincide con lo esperado en mercados urbanos donde el espacio disponible es un factor determinante del precio.

- **Estrato socioeconómico (ESTRATO)**

  El estrato con un coeficiente: 282.827 y un p-valor: $5{,}37 \times 10^{-10}$ confirma su papel como una de las variables más influyentes en el valor del predio, ya que resume condiciones del entorno que afectan directamente la valorización.

- **Distancia al Portal Norte (NEAR_DIST)**

  Con valores en el coeficiente de –5.829 y en el error estándar y estadísticos NaN, se puede decir que en este modelo la variable no resulta significativa, lo que sugiere que cuando se controla por características como el estrato y el área, la distancia al Portal Norte no ejerce un efecto directo sobre el valor del predio, su influencia podría estar mediada por otras dinámicas urbanas que no se capturan de forma lineal.

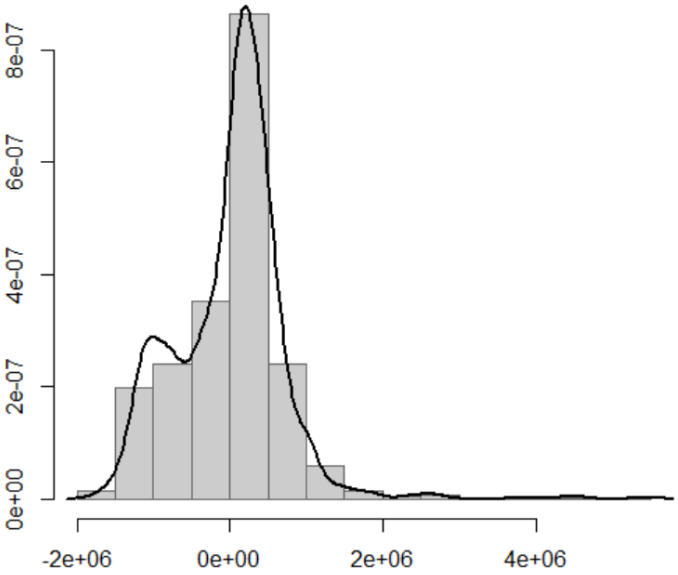


Figura 13
Histograma de residuos SAR

El histograma de los residuales del modelo SAR evidencia una mayor concentración de valores alrededor de cero lo que sugiere que al incorporar el componente espacial los errores tienden a reducirse y a presentar un comportamiento más estable, aunque la distribución no es perfectamente simétrica se observa una disminución tanto de la asimetría como de la dispersión de los residuales. La presencia de una cola hacia valores positivos indica la existencia de algunos predios cuyos valores observados superan los estimados por el modelo, situación frecuente en análisis inmobiliarios debido a dinámicas particulares de valorización, sin embargo estos casos son puntuales y no afectan de manera significativa la forma general de la distribución.

En comparación con el modelo OLS, los residuales del SAR muestran un comportamiento más homogéneo y con valores menos extremos, lo que evidencia una mejora en el ajuste obtenido, el patrón observado es consistente con la corrección de los efectos espaciales presentes en los datos y sugiere que los errores tienden a comportarse de manera más independiente.

Aspecto analizado	Resultado
Distribución de los residuales	Min $= -1\,744\,276$
	Max $= 5\,439\,555$
Varianza residual (σ^2)	$\sigma^2 \approx 4{,}96 \times 10^{11}$
Desviación estándar residual (σ)	$\sigma \approx 704\,250$

Cuadro 2
Distribución y varianza de los residuales del modelo

5.5.3 MODELO DE ERROR ESPACIAL (SEM)

En continuidad con el análisis espacial, se estimó el modelo de Error Espacial (SEM) con el fin de capturar aquellas dependencias que no provienen de la interacción directa entre predios, sino de condiciones del entorno que no se incluyeron de manera explícita en el modelo, en este sentido el parámetro λ ayuda a identificar en qué medida ciertas características del vecindario pueden generar correlación en los errores, al tener en cuenta esta estructura omitida el SEM corrige la dependencia residual observada en el modelo OLS y permite representar con mayor precisión el comportamiento espacial del mercado inmobiliario.

En el caso de este estudio, el parámetro espacial λ fue altamente significativo este resultado confirma que dentro del área de análisis existen factores no observados que se distribuyen espacialmente y que influyen de manera sistemática en el valor comercial de los predios, aunque dichos factores no aparecen explícitamente en el modelo, el SEM corrige su efecto a través de la componente espacial del error.

PARÁMETRO ESPACIAL

Parámetro	Valor	p-value
Lambda	0.44598	—
LR test value	102.48	< 2.22e-16
Error estándar (Hessiano numérico)	0.040373	—
z-value	11.046	< 2.22e-16
Wald statistic	122.02	< 2.22e-16

Figura 14
Parámetro espacial

Respecto a las variables explicativas, los resultados se mantuvieron en línea con lo encontrado en el modelo SAR. Área del predio siguió siendo altamente significativa y con relación positiva, el estrato socioeconómico conservó su influencia positiva y significativa, coherente con la estructura socioeconómica de Bogotá y la distancia al Portal Norte volvió a aparecer como no significativa, lo que indica que, incluso después de corregir la dependencia espacial, la proximidad al portal no explica directamente el valor del predio.

TABLA DE RESULTADOS DEL MODELO SEM

Variable	Coeficiente	Error.Estandar	Z	P_valor
(Intercept)	1.215909e+06	2.404425e+05	5.05696330	4.259852e-07
NEAR_DIST	2.635354e+00	4.118866e+01	0.06398252	9.489841e-01
Area_m2	4.674241e+00	9.874909e-01	4.73345242	2.207327e-06
ESTRATO	3.661026e+05	6.698340e+04	5.46557153	4.614177e-08

Figura 15
Parámetro espacial

Este comportamiento coincide con lo observado en el modelo SAR, o sea que si existe algún efecto del Portal Norte, no opera de manera directa, sino que podría estar mediado por otros procesos territoriales o condiciones socioeconómicas que presentan patrones espaciales más complejos.

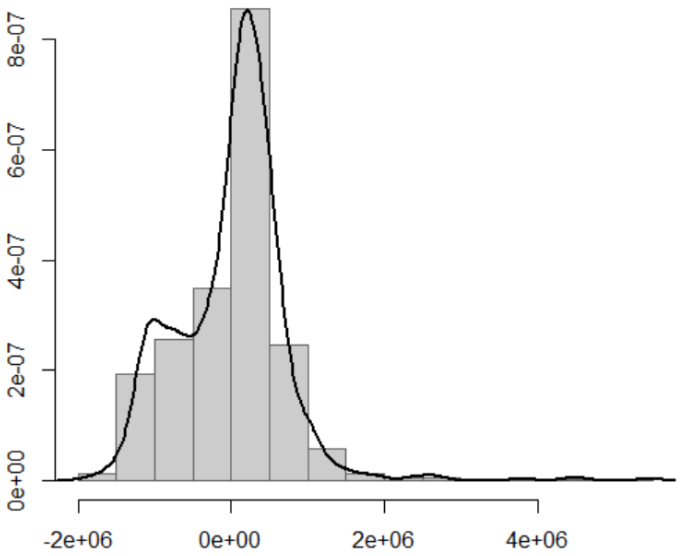


Figura 16
Histograma de residuos SEM

El histograma de los residuales del modelo SEM muestra una alta concentración de valores cercanos a cero lo que refleja que la mayoría de los errores presenta magnitudes reducidas y que el modelo logra capturar una parte importante de la variabilidad que no era explicada por el modelo OLS, aunque la distribución no es completamente simétrica se observa una forma compacta con una ligera asimetría y colas, principalmente hacia valores positivos lo que indica la presencia de algunos casos con errores de mayor magnitud, situación común en estudios inmobiliarios donde ciertos predios presentan comportamientos particulares, pero dichos valores no predominan ni alteran la estructura de los residuales.

Al compararlo con el histograma del modelo SAR, los residuales del SEM conservan una distribución estable aunque presentan una dispersión ligeramente mayor en los extremos, lo que sugiere que pese a la reducción significativa de la autocorrelación espacial aún persisten algunos patrones espaciales residuales, el histograma evidencia que los residuales del modelo SEM se mantienen centrados alrededor de cero y presentan una

variabilidad moderada lo que indica que el error tiende a comportarse de manera más independiente, aunque con una corrección espacial ligeramente inferior a la obtenida con el modelo SAR.

5.5.4 MODELO ESPACIAL DE DURBIN (SDM)

El Modelo Espacial de Durbin (SDM) amplía el enfoque del modelo autorregresivo espacial (SAR) al considerar de forma simultánea la influencia espacial tanto en la variable dependiente como en las variables explicativas, esta característica permite analizar no solo el efecto de las condiciones propias de cada predio sobre su valor comercial, sino también la influencia que ejercen los predios vecinos y la localización dentro del entorno urbano inmediato.

En términos matemáticos, el Modelo Espacial de Durbin puede representarse mediante la siguiente expresión:

$$y = \rho W y + X\beta + WX\theta + \varepsilon \tag{2}$$

En esta ecuación, y corresponde al valor comercial de las propiedades, mientras que W es la matriz de pesos espaciales que describe las relaciones de vecindad entre los predios, el parámetro ρ mide la intensidad de la dependencia espacial asociada a la variable dependiente, por su parte X agrupa las variables explicativas consideradas en el modelo, y WX representa sus rezagos espaciales los cuales permiten capturar los efectos indirectos provenientes del entorno, finalmente ε corresponde al término de error aleatorio.

El modelo fue estimado mediante el método de máxima verosimilitud utilizando la misma matriz de pesos espaciales aplicada previamente en los modelos SAR y SEM,

esto facilita la comparación de los resultados y asegura la consistencia del análisis. Para evaluar el desempeño del modelo SDM y comprobar si los rezagos espaciales incluidos logran capturar adecuadamente la dependencia espacial de los datos, se realizó un análisis de los residuales apoyado en distintos gráficos de diagnóstico.

El diagrama de dispersión de Moran aplicado a los residuales del SDM presenta una concentración de observaciones cercana al origen sin evidenciar una pendiente definida, este resultado coincide con el valor no significativo del estadístico de Moran I y sugiere que una vez estimado el modelo no persisten patrones relevantes de autocorrelación espacial en los errores.

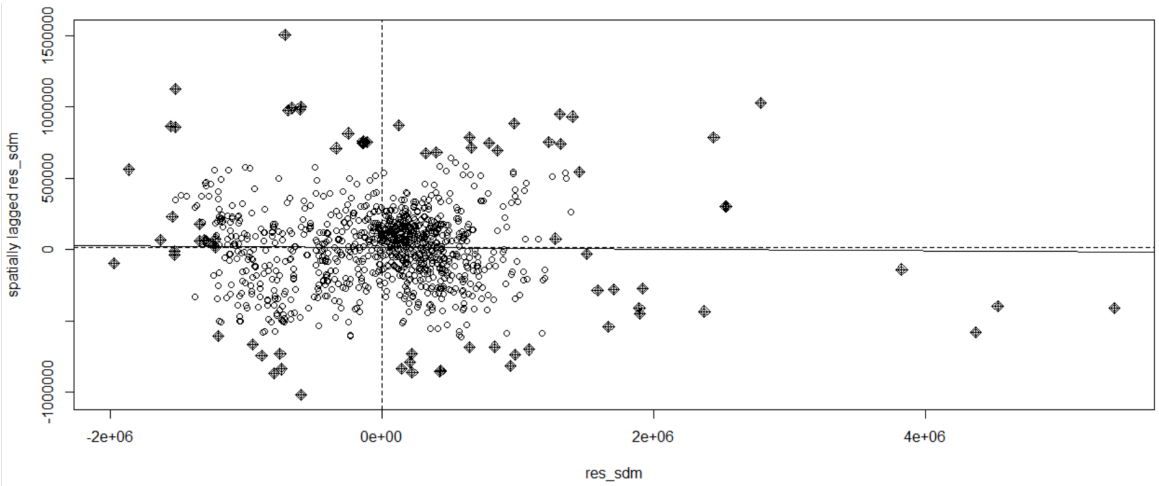


Figura 17
Diagrama de dispersión de Moran

El gráfico de residuales frente a los valores ajustados muestra una dispersión sin patrones claros alrededor del valor cero, lo que indica que el modelo no presenta problemas evidentes de especificación, aunque se identifican algunos valores extremos asociados a predios con valores ajustados elevados este comportamiento es coherente con la heterogeneidad característica del mercado inmobiliario.

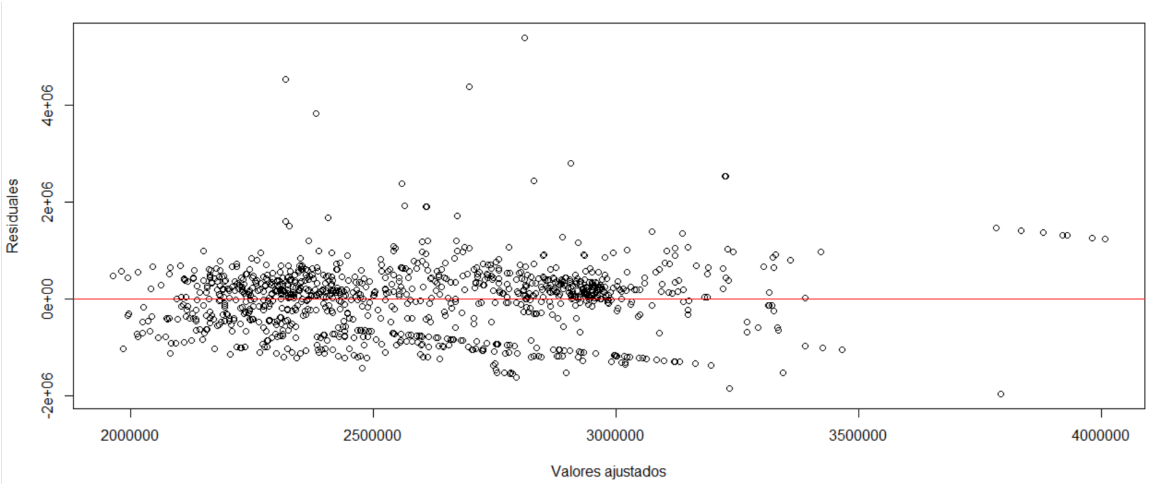


Figura 18
Residuales vs valores ajustados

En el gráfico Q-Q los residuales se alinean de manera aceptable con la recta teórica en la parte central de la distribución mientras que se observan desviaciones en las colas, especialmente en los valores más altos.

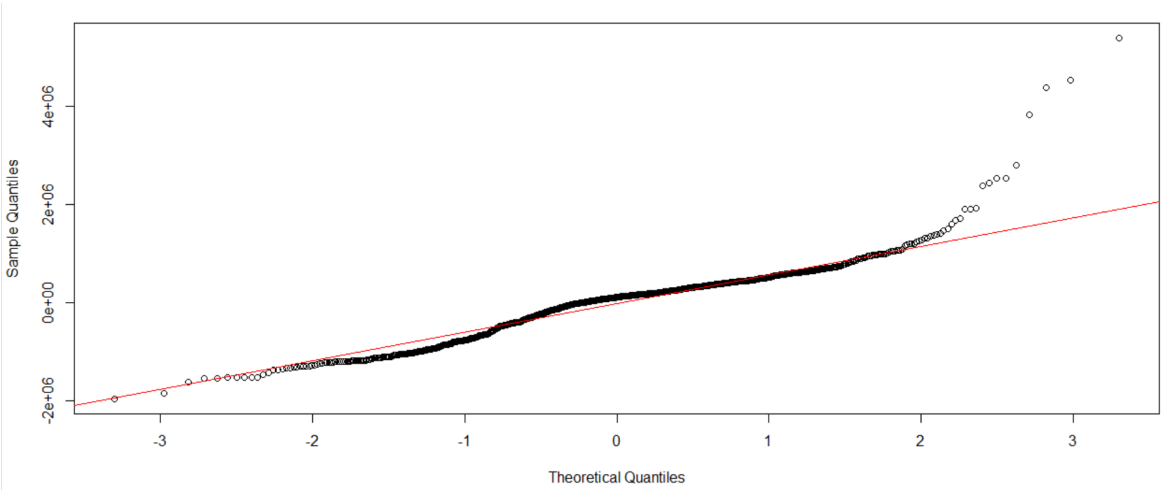


Figura 19
Gráfico Q-Q

El histograma de los residuales refuerza las observaciones anteriores, al mostrar una distribución centrada en torno a cero con una ligera asimetría positiva, la mayoría de los errores presenta magnitudes reducidas, lo que sugiere un ajuste general adecuado del modelo SDM.

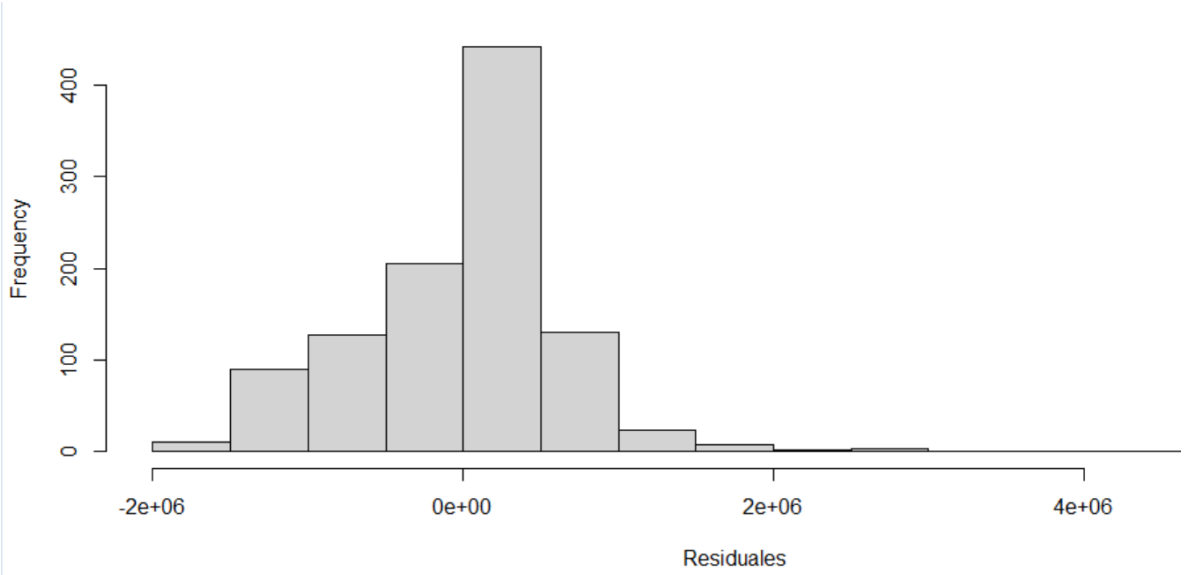


Figura 20

Histograma de los residuales del SDM

El análisis de los residuales indica que el modelo SDM presenta un desempeño satisfactorio desde el punto de vista econométrico y espacial, la ausencia de autocorrelación espacial significativa y la distribución equilibrada de los errores respaldan la capacidad del modelo para representar las interacciones espaciales que influyen en el valor comercial de las propiedades.

6. RESULTADOS

La evaluación de los modelos mediante el criterio de información de Akaike (AIC) indica que el modelo espacial de Durbin (SDM) presenta el valor más bajo, dado que este criterio considera la complejidad del modelo, este resultado sugiere que el SDM logra una combinación más eficiente entre capacidad explicativa y número de parámetros.

Modelo	Grados de libertad (df)	AIC
SDM	9	31113.39
SAR	6	31119.85
SEM	6	31120.37
OLS	5	31220.85

Cuadro 3
Tabla AIC

Al comparar el SDM con los modelos SAR y SEM, se observan diferencias de AIC de 6.46 y 6.98, respectivamente, estos valores superan el umbral habitualmente empleado para identificar mejoras relevantes en el ajuste, aunque no son lo suficientemente altos como para afirmar una superioridad, los resultados indican que los tres modelos logran captar en distintos grados la estructura espacial presente en los datos.

Por su parte, la diferencia de AIC entre el SDM y el modelo OLS alcanza un valor de 107.46, lo que refleja una brecha significativa en el ajuste entre ambas, este resultado pone en evidencia que el modelo OLS al omitir la dimensión espacial presenta un desempeño inferior.

La existencia de autocorrelación espacial positiva en los valores comerciales de las propiedades indica que estos no se distribuyen al azar dentro del territorio, en la práctica esto significa que los inmuebles con precios similares suelen concentrarse en determinadas zonas, este comportamiento muestra que el entorno cercano influye de manera importante en el mercado inmobiliario ya que aspectos como las condiciones socioeconómicas del barrio, la calidad del espacio urbano, los usos del suelo y la facilidad de acceso generan dinámicas locales que influyen en el valor de las propiedades, por lo tanto el precio de un inmueble no depende únicamente de sus características individuales,

sino también de las condiciones compartidas del territorio en el que se ubica.

En relación con el problema de investigación los resultados obtenidos a partir de los modelos espaciales indican que la distancia al Portal Norte de TransMilenio no tiene un efecto directo ni estadísticamente significativo sobre el valor comercial de las propiedades residenciales analizadas durante el periodo 2022–2023, esto sugiere que para los predios estudiados estar más cerca o más lejos de esta infraestructura de transporte no implica automáticamente un aumento en su valor, de esta forma el impacto del sistema de transporte puede entenderse como un efecto indirecto influido por el contexto urbano en el que se encuenta.

7. CONCLUSIONES

El análisis desarrollado permitió examinar el comportamiento del valor comercial de las propiedades residenciales ubicadas en el área de influencia del Portal Norte de TransMilenio durante el periodo 2022–2023, incorporando un enfoque de econometría espacial, a partir de los resultados obtenidos no se identificó un efecto directo y estadísticamente significativo asociado a la proximidad al portal.

En una primera etapa, el análisis exploratorio evidenció que los valores comerciales presentan una distribución relativamente estable con una variación moderada y una mayor concentración de observaciones alrededor del valor medio, estas características hicieron viable la aplicación de modelos econométricos, sin embargo, los resultados del modelo de regresión lineal ordinaria mostraron un bajo nivel explicativo y revelaron patrones de autocorrelación espacial en los residuos lo que indica que los supuestos de independencia no se cumplen plenamente en el mercado inmobiliario analizado.

La estimación de modelos espaciales permitió abordar de manera más adecuada esta dependencia ya que tanto el modelo SAR como el SEM confirmaron que el valor de los predios está influenciado por su entorno inmediato, en el caso del modelo SAR se observó una tendencia al agrupamiento espacial de los precios, mientras que el modelo SEM puso en evidencia la existencia de factores no observados que inciden en la valoración inmobiliaria, estos resultados refuerzan la idea de que el mercado inmobiliario urbano responde a dinámicas espaciales que no pueden ser capturadas mediante modelos tradicionales.

A pesar de lo anterior, la distancia al Portal Norte no resultó significativa en ninguno de los modelos espaciales estimados, esto sugiere que la influencia de este nodo de transporte sobre el valor comercial de los predios residenciales no se manifiesta de manera directa, en este contexto factores como las condiciones socioeconómicas del sector, la calidad del entorno, los usos del suelo, entre otros factores parecen desempeñar un papel más importante en la determinación de los precios que la sola cercanía a la infraestructura de transporte.

De acuerdo con el criterio de información de Akaike (AIC), el modelo espacial de Durbin (SDM) presentó el mejor desempeño relativo entre los modelos evaluados, al ofrecer un ajuste más eficiente sin introducir una complejidad excesiva, adicionalmente la ausencia de autocorrelación espacial significativa en sus residuos indica que este modelo logra capturar de forma más adecuada las interacciones espaciales presentes en los datos.

La estimación de varios modelos econométricos se realizó como parte de un proceso para entender mejor el comportamiento de los datos y escoger el modelo más adecuado, en este análisis los modelos SAR y SEM mostraron que el valor de las propiedades no

es independiente, ya que puede verse influido por lo que ocurre en los predios cercanos o por factores del entorno que no siempre se observan directamente. Sin embargo, el modelo espacial de Durbin permite considerar ambos efectos al mismo tiempo lo que mejora la forma en que se explica la relación entre el valor comercial de los inmuebles y su entorno, por esta razón, aunque se probaron distintas alternativas, el SDM se adopta como el modelo principal para interpretar los resultados.

Desde la perspectiva del ordenamiento territorial, los resultados permiten afirmar que la presencia de infraestructura de transporte masivo no garantiza por sí sola procesos homogéneos de valorización en su área de influencia, en el caso del Portal Norte los beneficios derivados de una mayor accesibilidad pueden verse contrarrestados por externalidades negativas asociadas a la operación de grandes nodos de transporte. Finalmente este estudio contribuye a la discusión sobre la relación entre transporte masivo y mercado inmobiliario en Bogotá aportando evidencia empírica reciente basada en herramientas de análisis espacial, los hallazgos resaltan la importancia de que las políticas públicas y los instrumentos de planificación urbana incorporen explícitamente la dimensión territorial al evaluar el impacto de grandes infraestructuras.

REFERENCIAS

[1] Caballer Mellado, V., & Guadalajara Olmeda, N. (2002). *Modelos econométricos de valoración de la tierra de uso agrícola: una aplicación al Estado español*. Universidad Politécnica de Valencia.

[2] Congreso de la República de Colombia. (1997). Ley 388 de 1997: Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989 y la Ley 2ª de 1991 y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 43.091, Bogotá, Colombia.

[3] Elhorst, J. P. (2010). *Applied spatial econometrics: Raising the bar*. Spatial Economic Analysis.

[4] Estupiñán, N. (2011). Impactos en el uso del suelo por inversiones de transporte público masivo.

[5] Fernández Hernández, C. J. (2005). La influencia del Transmilenio en las vías aledañas al sistema. Universidad de los Andes.

[6] Hernández del Valle, J. D. (2021). *Formulación de un modelo econométrico espacial para la valoración de apartamentos en la ciudad de Medellín*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

[7] Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. (2023). Resolución N.º 1040 de 2023 (8 de agosto): Por medio de la cual se expide la resolución única de la gestión catastral multipropósito. República de Colombia.

[8] Lesage, J. P. (2014). What regional scientists need to know about spatial econometrics. Texas State University-San Marcos.

[9] Morales-Oñate, V., & Morales-Oñate, B. (2020). *Innovación en Ecuador: un enfoque espacial*. Conference paper, VI Congreso Internacional de la Ciencia, Tecnología, Emprendimiento e Innovación (SECTEI 2019).

[10] Pinzón Ramírez, D. F., & Roncancio Cárdenas, L. R. (2025). *Desarrollo de una metodología para la valoración de bienes inmuebles privados en la región del Páramo de Sumapaz dentro del Distrito de Bogotá en el año 2022*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

[11] República de Colombia. (1998). Decreto 1420 de 1998 (julio 24): Por el cual se reglamentan parcialmente el artículo 37 de la Ley 9 de 1989, el artículo 27 del Decreto-ley 2150 de 1995, los artículos 56, 61, 62, 67, 75, 76, 77, 80, 82, 84 y 87 de la Ley 388 de 1997 y el artículo 11 del Decreto-ley 151 de 1998.

[12] Rodríguez Marín, J. C., & Díaz Contreras, J. A. (2014). Evaluación de impacto del sistema de transporte Metrolínea: revisión de metodologías.

[13] Segura-Segura, D., & Jiménez-Romero, D. (2020). Evaluación de la zona de influencia de la troncal de transporte público San José–Sabanilla–La Campiña mediante la metodología del desarrollo orientado al transporte público.

[14] Sierra Saldarriaga, L. G. (2021). *Cálculo de modelos de regresión robusta para la valoración masiva de construcciones residenciales no PH en la UPZ 65 – Arborizadora*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

[15] Silva Aparicio, L. (2010). El impacto del transporte en el ordenamiento de la ciudad: el caso de Transmilenio en Bogotá.

[16] Tsutsumi, M., & Seya, H. (2008). Measuring the impact of large-scale transportation projects on land price using spatial statistical models.