

**DETERMINANTES Y DISTRIBUCIÓN DEL PRECIO DE LA VIVIENDA NUEVA EN
CALI A TRAVÉS DE UN MODELO GWR.**

Mayra Alejandra Arias Martínez

Tesis de Grado

PhD. Harvy Vivas Pacheco

Universidad del valle

2018

DETERMINANTES Y DISTRIBUCIÓN DEL PRECIO DE LA VIVIENDA NUEVA EN CALI A TRAVÉS DE UN MODELO GWR.

RESUMEN

El presente trabajo reconoce el fenómeno de expansión urbana residencial que se ha venido presentando particularmente en el sur y oeste de Cali en la última década y tiene como finalidad principal identificar la distribución espacial del precio de las viviendas nuevas y explicar sus posibles determinantes mediante la propuesta de un modelo de regresión ponderado geográficamente de precios hedónicos que capta características propias de la vivienda, de vecindad y de ubicación. Como resultado se confirma la existencia de clústers en la distribución del índice de Calidad de Vivienda, estrato y distancia a equipamientos sociales. Igualmente existe agrupación espacial del precio, proyectos con precios altos rodeados por proyectos con precios altos, explicado principalmente por las características propias de la vivienda, su cercanía con el centro tradicional de empleo y las vías principales de la ciudad.

Palabras clave: configuración urbana, clústers, distribución espacial, Regresión Geográficamente Ponderada, Modelo de Precios Hedónicos.

JEL: R0, R21, R31.

CONTENIDO

1. Introducción	5
2. Literatura relacionada	6
3. Marco teórico	10
4. Metodología	13
4.1 Índice de Calidad de Vivienda (ICV)	14
5. Datos	20
6. Análisis Exploratorio de Datos (AED)	20
7. Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE)	22
8. Resultados	31
9. Conclusiones	37

Índice de tablas y figuras

Tabla 1: Matriz de correlaciones de Pearson. Variables ICV	17
Tabla 2: índice de calidad de vivienda ICV	20
Tabla 3: Estadísticos descriptivos	21
Gráfico 1: Gráficos de dispersión	22
Mapa 1: Distribución de proyectos 2006-2017	23
Tabla 4: Regresión Modelo OLS	24
Tabla 5: Índice de Moran	25
Mapa 2: Análisis LISA univariante	27
Tabla 6: Regresión Modelo GWR	29
Figura 2: Índice Global de Moran para residuales	30
Tabla 7: Modelo OLS vs Modelo GWR	31
Mapa 3: Parámetros ICV	32
Mapa 4: Parámetros Distancia a vías principales	33
Mapa 5: Parámetros Distancia a CBD	35
Mapa 6: Parámetros Estrato Bajo	36
Mapa 7: Parámetros Estrato Medio	37

1. INTRODUCCIÓN

El precio de la vivienda nueva está determinado por diferentes variables o características propias de la vivienda, de ubicación y de vecindad según la teoría de precios hedónicos que revela la disposición a pagar de los individuos por determinado bien, algunas características no están distribuidas aleatoriamente en el espacio como el estrato social, la ubicación a los centros y sub centros de empleo, por lo tanto dentro del marco de un modelo de precios hedónicos, se tiene como consecuencia una distribución espacial no aleatoria del precio de la vivienda.

Dicho fenómeno se ha visto reflejado en la ciudad de Cali que ha sido por años foco urbano del sur occidente colombiano y por lo tanto destino predilecto para emigrantes provenientes de las regiones del cauca, Nariño y Chocó, hecho que es explicado fuertemente por los núcleos productivos que se han desarrollado en la ciudad, el fenómeno de migración sumado al propio crecimiento de la población natal provoca cambios demográficos que desencadenan una gran expansión del área urbana mediante la presión en la demanda de vivienda formal e informal, claramente esto se ve representado en el aumento del espacio urbano, entre 1946 y 1952 la cabecera urbana pasó de 780 hectáreas a 1920 hectáreas (Vázquez, 1990).

El uso del espacio urbano para edificaciones residenciales como no residenciales y sus dinámicas de posicionamiento definen la configuración de la ciudad y el potencial de interacciones espaciales que a su vez definen aspectos importantes para el desarrollo urbanístico, como lo son tiempos de pendularidad para los habitantes, costos de transporte y en general la estructura funcional de la ciudad. En este orden de ideas hay bases tanto empíricas como teóricas que incitan al estudio del proceso de conurbación, en especial la composición urbanística que se ha venido presentando en los últimos años en la ciudad, haciendo puntual referencia al rápido crecimiento de las edificaciones residenciales en las comunas 18, 17, 22 al sur y al oeste en las comunas 2 y 3. Realizar un primer acercamiento de la distribución propia y de los precios de estas edificaciones permitirá ampliar y actualizar el compendio literario que se tiene actualmente sobre el desarrollo urbano de Cali.

En este orden de ideas, se plantea la estimación de un modelo hedónico de precios espacial por regresión ponderada geográficamente GWR, lo cual permite exponer una canasta o un conjunto de características inherentes y externas de proyectos residenciales en la ciudad de Cali entre los años 2006 y 2017, examinando el impacto de cada uno de sus atributos en la configuración del

precio total. Teniendo en cuenta que los datos son de tipo espacial, el planteamiento permitirá identificar a través del espacio urbano de la ciudad qué zonas son más sensibles en el precio de la vivienda nueva ante cambios o variaciones en las características propias y externas, a saber; distancia al centro tradicional de empleo CBD y a vías principales, índice de condición de vivienda y variables dummy de estrato, en conformidad con el planteamiento general se desarrollan los siguientes corolarios.

- Identificar cercanías de las unidades habitacionales a las vías principales y al CBD por medio de una aplicación de sistemas de información geográfica SIG
- Crear y definir un índice de condiciones propias de construcción de vivienda que permita agrupar y reflejar las características de área, número de habitaciones y baños, condición de entrega, posesión de terraza, alcoba y baño de servicio, crear variables dummy de estrato de acuerdo al barrio de ubicación del proyecto.
- Caracterizar los datos por medio de sus principales estadísticos descriptivos.
- Estimar modelo preliminar mediante regresión por mínimos cuadrados ordinarios OLS como un primer acercamiento a la naturaleza de la relación de los datos.
- Realizar análisis exploratorio de datos espaciales AEDE.
- Estimar modelo de precios hedónicos por GWR.

El desarrollo de los anteriores planteamientos permite responder a la pregunta ¿Cuáles son los determinantes de la distribución espacial del precio de las viviendas nuevas en Cali? El resultado de esta pregunta esboza un panorama de la configuración espacial actual de Cali, permitiendo identificar qué factores son influyentes en la generación del precio, en el desarrollo de la respuesta se identifican aspectos como correlaciones espaciales y la posible presencia de clúster en la distribución de precios debido a las diferencias habitacionales.

2. LITERATURA RELACIONADA

Si bien la literatura directamente relacionada con el precio de la vivienda nueva en Cali es limitada, hay algunos trabajos que abordan este tema desde la distribución de precio del suelo, identificando la distribución espacial de este a partir de la estructura urbana, Ipia (2016) realiza un estudio para Cali en el cual identifica que la ciudad no se rige bajo una estructura monocéntrica, sino que presenta diferentes subcentros de empleo emergentes que afectan la

distribución espacial de los precios de la tierra. Mediante el análisis exploratorio de datos espaciales como el índice de Moran, el test local de LISA y el cálculo de la función de densidad cubic spline muestra que la ciudad está pasando por un proceso de descentralización, es decir, pasa de ser una ciudad mono-céntrica a una poli-céntrica, específicamente con sub centros de empleo al sur de la ciudad, dicho fenómeno tiene efectos sobre el avalúo de la tierra y en consonancia con eso obtiene indicios de la existencia de patrones de aglomeración en el avalúo catastral.

Finalmente utiliza modelos econométricos tradicionales y espaciales para el análisis confirmatorio de la influencia de una estructura policéntrica sobre el precio de la tierra, dentro de la estructura poli-céntrica identificada encuentra dos subcentros de empleo; el primero se encuentra en el barrio Santa Anita-La Selva a 6 kilómetros del centro tradicional y el segundo está en Unicentro ubicado a 11 kilómetros. La existencia de dichos sub centros es demostrada de manera más detallada a través de la función cubic spline en el trabajo de Ipia (2011).

El autor reconoce que la estructura urbana tiene efectos sobre la distribución de los precios del suelo, ya que mediante el análisis de los índices de Moran y LISA muestra que existe una correlación espacial positiva entre el precio del suelo y la distancia a los centros y sub-centros de empleo, puntualmente concluye que se presentan altos avalúos en los barrios que están al rededor del centro tradicional y el sub-centro del sur.

La conclusión del autor es importante para el presente trabajo en el sentido que permite afirmar la relación positiva entre el precio del suelo (y por ende el precio de la vivienda) y la distancia a centros de empleo, adicionalmente el trabajo recoge características de la nueva configuración urbana de la ciudad en cuanto a la identificación de la expansión en la actividad económica a otros espacios de la ciudad, en este sentido la presente investigación también permite ampliar la caracterización literaria que hay sobre el escenario actual del desarrollo urbano en Cali, enfocándose principalmente en los nuevos asentamientos residenciales.

Por otro lado, Becerra (2014) aborda el estudio urbanístico de Cali desde la identificación de las áreas de expansión de la ciudad y reconociendo el proceso masivo de urbanización que se ha venido dando en el corredor Cali- Jamundí como el único espacio en mejores condiciones y disponible que existe para el desarrollo urbano de la ciudad.

Mediante la reconstrucción del proceso histórico de expansión urbana de Cali, la identificación de los lineamientos de desarrollo del área de expansión y el análisis de las propuestas urbanas que realizan en los planes de construcción aprobados, la autora reconoce un panorama desalentador en la manera como se ha abordado el desarrollo urbano en esta zona de Cali, y concluye que la transformación del área de expansión Cali-Jamundí desde el año 2000 hasta el 2013 se puede ver desde cuatro etapas, la primera identifica la condición de la propiedad como el primer criterio que marcó la posterior planeación, la segunda etapa explica el atraso en la etapa de urbanización debido a la escasez de lineamientos y decisiones sobre temas de conjunto, es decir, cada plan de construcción se planeó de manera individual y aislada. La tercera etapa se identifica por la existencia de fideicomisos que provean servicios públicos de alta cobertura y calidad en el corredor y la cuarta etapa se caracteriza por el bajo nivel de ejecución en los proyectos, la mayoría de los casos tiene retrasos incluso del 50% del tiempo, y la consolidación del sur de la ciudad como espacio de conjuntos residenciales aunque aún no haya una fuerte adecuación de parques y equipamientos, como tampoco el desarrollo de actividades urbanas de comercio, servicios o transporte.

A pesar de que el anterior trabajo no esté suscrito a la metodología de investigación económica como tal, aporta a la literatura del desarrollo urbano en Cali desde el fenómeno a trabajar en la presente investigación, por lo tanto, aporta elementos y características propias de la actual expansión residencial en el sur de Cali, describiendo el estado de este evento de expansión masiva dentro del marco del desarrollo urbano planeado.

Morales y Arias (2012) En su estudio para la revista “Sociedad y economía” No 9 realizan un estudio sobre la calidad de la vivienda en Bogotá desde un enfoque de precios hedónicos con ajuste de econometría espacial para reducir el problema de dependencia espacial, utiliza datos de la encuesta de calidad de vida 2003 (ECCV). En primera instancia realiza un análisis de los datos espaciales mediante mapas de distribución de cuartiles del arriendo y seguido realiza pruebas de contrastación de correlación espacial; Índice Global de Moran e Índice Local de Moran, el primero con valor estadístico de 0.67 rechazando hipótesis nula de aleatoriedad en la distribución de los datos, el segundo índice permite identificar en el mapa la concentración de altos niveles de arriendo en la zona norte de Bogotá y niveles más bajos conglomerados en la zona Sur de la misma de con lo cual obtiene evidencia de una gran correlación espacial de la variable arriendo.

Por lo tanto el modelo de precios hedónicos que utiliza esta especificado mediante la forma funcional de rezago espacial, el cual tiene en cuenta la ubicación de la vivienda, es decir que el modelo recoge los valores vecinos de la variable, así el grupo de variables independientes contiene el rezago espacial de la variable independiente además de las variables determinantes del modelo como el estrato al cuadrado, logaritmo de la tasa de homicidios, indicador de calidad ambiental y número de establecimientos para la cultura. Debido a las consecuencias de estimar por MCO en presencia de efectos espaciales estimó el modelo máximo verosímil, contrastando la no correlación entre los errores mediante un gráfico scatter plotter de estos y el cálculo de Índice de Moran el cual tomó un valor 0.015 indicando que no se debe rechazar la hipótesis nula de aleatoriedad en los errores.

Finalmente, los autores concluyen que una de las variables más importantes para determinar el valor del arriendo es el índice de calidad de vivienda y el estrato, ante aumentos de un punto en el primer índice aumenta alrededor de 5,9% el valor promedio del arriendo, y ante aumentos de un estrato a otro aumenta alrededor de 34% el valor promedio de al arriendo.

El anterior trabajo es de suma importancia para el presente debido a que aporta a la metodología para abordar el tema, en tanto que vislumbra la importancia de captar efectos espaciales en la modelación de precios hedónicos para arriendos de viviendas que están naturalmente relacionados con características de su ubicación y vecindad.

Finalmente considero necesario abordar el trabajo de Alonso y Saldaña 2017 por dos aspectos; primero por el aporte metodológico al tratamiento de datos espaciales y modelación espacial mediante una Regresión Geográficamente Ponderada (RGP) o por su siglas en inglés GWR y segundo por su contemporaneidad con el presente trabajo en el cual utilizada datos de la base *Coordenada Urbana* de CAMACOL, por lo tanto, aunque con un número bastante menor de observaciones trabaja con variables muy similares a la que usan en el presente trabajo.

Alonso y Saldaña determinan el precio del metro cuadrado de la vivienda mediante un modelo de precios hedónicos especificado por un modelo GWR incluyendo una matriz de pesos espaciales que le permite identificar las disposiciones a pagar de los compradores dependiendo de la variedad de atributos que posee el inmueble, lo anterior responde a la pregunta planteada en su investigación “¿Cuáles son los determinantes estructurales y atributos del entorno que influyen significativamente en el precio de la vivienda nueva en la ciudad de Villavicencio para Julio del

2016?”. Dentro de estos determinantes considera la distancia euclidiana en metros al centro más cercano de administración, centros educativos, comerciales y centros de salud, además de algunas variables propias del proyecto de vivienda como el número de baños y variables dicotómicas de posesión de piscina, jacuzzi, centro de estudio, gimnasio y cancha múltiple.

El estudio permite evidenciar que después de 1050 metros de distancia entre los proyectos el precio de los mismos difiere por características propias y no por características compartidas de vecindad como la distancias a un centro en común.

3. MARCO TEÓRICO

Las formas o las características del uso del espacio son complementarias a la planificación económica y social en el sentido en que definen aspectos que influyen en la productividad de una economía local, por ejemplo los tiempos de pendularidad, la accesibilidad a dotaciones de educación, salud, empleo y recreación. Santos (2002) define dichas características con el término de paisaje, que es representado visual y físicamente en el espacio.

Las teorías de localización han sido la cuna del pensamiento para el ordenamiento territorial, además de explicar las elecciones de localización de los agentes económicos, proveen una base conceptual para el estudio del uso del suelo. Estas inician con el modelo de Thünen (1826) en un marco de actividades agrícolas, el cual basa su análisis en las disponibilidades a pagar por la tierra y a partir de ahí se configura el espacio y su paisaje. Las teorías de localización han evolucionado hasta tener en cuenta características más sofisticadas del espacio como el multicentrismo, que explica la aparición de subcentros y el declive del centro tradicional tal como lo expresa Richardson (1986).

Según la teoría de localización de Von Thünen, los diferentes tipos de utilización del suelo y su ubicación en el espacio son determinados por las disponibilidades a pagar de los individuos, entonces características geográficas, de ubicación y de precio del suelo cobran importancia a la hora de estudiar la composición o la organización urbana de la ciudad. Teniendo en cuenta dichos factores y la evidencia empírica para Colombia sobre la correspondencia existente entre el precio del suelo y el precio de la vivienda documentado en Salazar et al. (2013), se explica la distribución de dichos precios en Cali a la luz de la teoría hedónica, la cual se remonta a los estudios de Bidder y Henning (1967) y enunciado formalmente por Rosen (1974) en el siguiente modelo:

$$p(z) = p(z_1, z_2, z_3, \dots, z_n) \quad (1)$$

Formula 1.1 Modelo Hedónico de precios

Donde p es el precio del inmueble y z son los vectores de características o atributos que descomponen el precio, entre las cuales están las características inherentes a la vivienda, del vecindario y de ubicación, el primero corresponde a la valoración entre 1 y 0 del índice de calidad de la vivienda que recoge condiciones de área, número de baño, número de alcobas, condición de entrega, posesión de estudio, terraza, cuarto y baño de servicio. El segundo vector corresponde al valor de estratificación barrial donde se encuentra localizada la unidad de vivienda, por último, las características de ubicación que representan las locaciones compartidas por las viviendas de acuerdo a su ubicación en la ciudad, puntualmente a vías de acceso y al centro tradicional de empleo en el barrio San pedro.

Se expresa entonces la forma funcional del modelo hedónico:

$$p(Z) = p[Z_1(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8), Z_2(x_9, x_{10}), Z_3, Z_4]$$

Formula 1.2 Variables Modelo Hedónico de precios

Donde Z_1 es el vector de índice de calidad de vivienda, que depende de características X definidas por:

X_1 = Área de la unidad habitacional

X_2 = Número de Baños

X_3 = Número de habitaciones

X_4 = Condición de entrega, a saber; Obra negra o acabados.

X_5 = Existencia de terraza

X_6 = Existencia de Baño y Cuarto de servicio

X_7 = Existencia de Balcón

X_8 = Existencia de estudio.

El vector Z_2 corresponde a las variables de estrato social del barrio donde se encuentra localizada la vivienda, se realizan agrupaciones de los estratos en dos variables dummies especificadas de la siguiente forma:

$$X_9 = \text{Estrato Bajo} \begin{cases} 1 & \text{si pertenece a estrato 2} \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases} \quad X_{10} = \text{Estrato Medio} \begin{cases} 1 & \text{si pertenece a estrato 3 y 4} \\ 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

Finalmente, el vector Z3 y Z4 corresponde a la distancia euclidiana en metros desde la vivienda de análisis hasta el centro tradicional de empleo y la distancia hasta la vía principal más cercana respectivamente, a saber, el centro tradicional de empleo en el barrio San Pedro y las vías Simón Bolívar, Calle quinta y Autopista Sur-Oriental.

Teniendo en cuenta que la vivienda es un bien naturalmente constituido por una serie de características que en su conjunto definen la unidad habitacional como tal, dichos atributos poseen una estructura de costos que inevitablemente son transferidos al consumidor en el precio final del bien al momento de hacer efectiva la compra, por lo tanto el precio implícito del conjunto de atributos tiene la capacidad de afectar positiva o negativamente el precio final, dependiendo de la valoración que el demandante tenga por cada una de las características genera un mercado implícito de los atributos que no es directamente observable, pero que sí resulta reflejado en el precio de transacción. En este momento de la investigación es necesario aclarar que los datos usados en la presente corresponden tanto a precios efectivos de compra de vivienda como a precios de la oferta aun disponible, por lo tanto el cien por ciento de los precios no corresponde a transacciones efectivas, en consecuencia no representa un modelo hedónico de oferta y demanda estricto, sino que además de recoger variables de transacciones efectivas, también tiene en cuenta precios aún no pactados efectivamente por el oferente y el comprador, pero que sí son proxy del precio real puesto que son precios proyectados por el oferente que es quien en el momento de construcción asume la estructura de costos del proyecto.

En este sentido el uso del modelo hedónico de precios representa un gran avance dentro de la metodología de evaluación de precios de mercado implícito por atributos, en especial el mercado de bienes raíces.

En este orden de ideas, el precio de la vivienda y su distribución en el espacio puede ser explicado por diferentes factores, en primer lugar las características inherentes a la vivienda como el área construida, número de habitaciones y calidad de los materiales, en segundo lugar se tienen en cuenta factores de localización expresados en distancia de la vivienda a equipamientos sociales como centros de salud, educación y comerciales, por último se integran aspectos de vecindario como estrato social y tasa de homicidios.

Con base en lo anterior, se escoge el modelo de precios hedónicos como la mejor alternativa para representar las diferencias de precio existentes en las viviendas. El modelo contiene variables influyentes en el precio de la vivienda de acuerdo a su disponibilidad y relevancia en la literatura

académica, las cuales en su mayoría están determinadas por una dimensión espacial, como lo es el estrato y la distancia a los equipamientos, por lo tanto se espera que la distribución de los precios capte estas diferencias de una zona de estudio a otra, en consecuencia se ha optado por escoger una técnica de regresión espacial que recoja la variabilidad de la influencia de una variable dependiente sobre la independiente a lo largo de todo el área de estudio, así GWR proporciona diferentes ecuaciones individuales con distintos coeficientes para cada área de análisis, en este sentido el tipo de modelación a usar nos permitirá identificar zonas en las cuales algunos parámetros del modelo no son significativos o no poseen gran capacidad explicativa, incluso puede presentar cambio de signos de un parámetro de una zona a otra.

4. METODOLOGÍA

Dentro del marco del desarrollo urbano con enfoque residencial que se ha venido presentando en los últimos años en Cali y en concordancia con el presente estudio, es necesario definir los métodos y las herramientas mediante los cuales se abordará el estudio de la distribución de los precios, dicho análisis requiere información que reporte la cantidad de nuevas unidades residenciales establecidas en la zona de estudio, el precio de lanzamiento de la obra, las características físicas de las unidades habitacionales y su respectiva georreferenciación, además de herramientas que permitan realizar análisis de tipo espacial.

Puntualmente, y en el orden aquí planteado, se realizó primero un estudio exploratorio de los datos que permitió obtener un panorama de la distribución espacial de las edificaciones, sus precios, el estrato, la cercanía a vías principales, al centro tradicional de la ciudad y la calidad de vivienda. Para esto se realizaron mapas de ubicación, datos estadísticos descriptivos, matriz de correlación de Pearson e índice local de Moran de los proyectos residenciales desde el año 2006 hasta el 2017 en Cali.

El índice local de Moran permite contrastar si la distribución espacial de las variables denota agrupaciones tipo clúster, es decir que su distribución no es aleatoria. Para comprobar las zonas con asociaciones significativamente altas en sus precios se presentarán los indicadores LISA (Local Indicator of Spatial Association) que “descompone el índice de Moran y evalúa la contribución de cada unidad espacial al índice global, facilitando así la contrastación a nivel local y la identificación de clústers conformados por la similaridad de cada unidad espacial y sus

vecinos.” (Vivas 2012. P. 140). El indicador de LISA permitirá evaluar la presencia de clústers en la distribución de precios de la vivienda nueva en Cali.

Después del análisis exploratorio que permite hacer frente al componente de distribución y localización espacial de las variables, se realiza un modelo de precios hedónicos preliminar bajo estimación OLS, el cual proporciona un primer acercamiento a la naturaleza de relación de los datos ex-ante la incorporación de métodos de econometría espacial. Finalmente se estima un modelo de precios hedónicos por regresión ponderada geográficamente, en el cual se tiene cuenta aspectos (i) locativos y (ii) característicos de la unidad habitacional para explicar la distribución de los precios de las viviendas;

- i. Locativos: corresponde al estrato del barrio donde se encuentra el proyecto, distancia euclidiana que existe entre la edificación y el Centro Tradicional de Empleo, de ahora en adelante CBD, y la menor distancia euclidiana que existe entre la edificación y tres principales vías de Cali; Calle Quinta, Autopista Sur-Oriental y Autopista Simón Bolívar
- ii. Características de la unidad habitacional: corresponde al índice de calidad de vivienda de cada unidad habitacional, el cual pondera información de: número de baños, alcobas, área, condición de entrega (Obra negra y Acabados), existencia de estudio, alcoba y baño de servicio, balcón y terraza de acuerdo a la disponibilidad de variables en la base de datos. El índice oscila entre 0 y 1, se considera de mejor calidad la vivienda mientras más cercana a 1 esté.

4.1 ÍNDICE DE CALIDAD DE VIVIENDA (ICV)

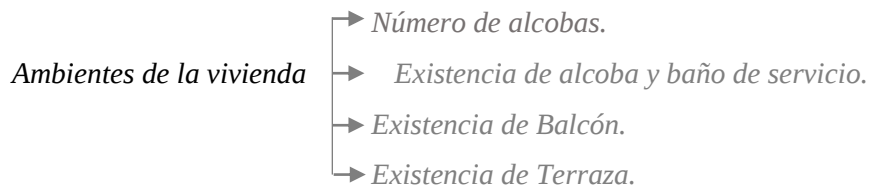
Según Baumann (2009, p.5) en la revista el Foro publicada por la organización internacional Hábitat para la Humanidad, argumenta que *“No existe una estándar de rendimiento aceptado mundialmente para la vivienda. Ninguna organización ni institución internacional ha formulado alguna vez un conjunto de estándares que establezcan lo que una vivienda debe proporcionar a sus habitantes para que sea considerada “adecuada”*”. En este orden de ideas, se revisan diferentes dimensiones o propiedades de la vivienda que pueden influir en conjunto a la definición de niveles que representen al menos las condiciones básicas y primarias de confort que debe brindar la instalación al individuo que la habita, en otras palabras, y como aquí se

presenta, el nivel de calidad de la vivienda, a partir de dichas características se pueden definir lineamientos esenciales y estándares para la formulación de un índice de calidad de vivienda aceptado dentro de la literatura revisada. Entre las dimensiones consideradas por los Objetivos de Desarrollo del Milenio, los códigos internacionales para la construcción residencial y ONU-Hábitat como lo enumera Baumann dentro de su participación en el artículo, se encuentran características de Diseño el cual agrupa aspectos de área y ubicación, considerando cada individuo que ocupa la vivienda debe tener al menos una superficie cubierta útil de 3,5 metros cuadrados y además la ubicación de la unidad habitacional debe ser en un lugar seguro respecto a desastres naturales. En segunda instancia se consideran aspectos de durabilidad, en caso de que la vivienda se encuentre en zonas con probabilidad de riesgo, los materiales de la construcción deben mitigar el desastre además de ser durables en el tiempo, en tercera medida se reconocen aspectos fiscales, puntualmente la seguridad de tenencia del inmueble, es decir el nivel de riesgo que tiene el habitante de desalojo, un asunto de gran variabilidad de acuerdo a las leyes establecidas en cada país. El cuarto aspecto contempla la accesibilidad al agua teniendo en cuenta la calidad y cantidad de agua a la cual tiene acceso la vivienda. Finalmente, el quinto ítem expuesto hace referencia al servicio sanitario en el cual es de primordial importancia el acceso a baterías sanitarias adecuadas, esto es, bien ubicadas, construidas con materiales higiénicos y con un buen sistema de drenaje que impida la cercanía o exposición del habitante a las aguas residuales. Algunas de las condiciones inscritas anteriormente tienen dificultades en su estandarización para la creación de un Índice global que permita hacer comparaciones de un nivel resultado en una vivienda en un lugar del mundo a otra muy distante, por ejemplo, la seguridad de tenencia del uso del suelo varía según la jurisdicción de un país a otro, incluso del estado. De igual forma la inexistencia de regularidad en el espacio geográfico imposibilita la creación de una unidad igualitaria de medición que defina los materiales óptimos o más seguros dentro de diferentes contextos geográficos y que pueda ser ingresado de manera estándar en un índice global que refleje la calidad de la vivienda.

Teniendo en cuenta la disponibilidad de datos para el presente trabajo, se realiza un rastreo de variables proxy relacionadas con las dimensiones ya presentadas que son candidatas para la conformación del índice, a saber:



El número de baños, la condición de entrega y el área del inmueble son representativas de la primera y última dimensión expuesta por Baumann (2009), estas son variables a incluir en el índice propuesto, sin embargo se reconocen demás características en los proyectos estudiados que pueden influir en la definición del nivel confort de la vivienda, si bien no corresponden a un nivel primario que define la posibilidad de habitabilidad de la vivienda, si proporcionan en segundo nivel espacios y locaciones que aumentan la comodidad percibida por quien la habita. En este orden de ideas se define una tercera dimensión a incluir con las siguientes variables relacionadas:



La propuesta de agrupar las variables en un índice compuesto y no incluirlas por separado en los modelos a estimar, obedece en la práctica a evitar posibles errores de especificación ya que muchas de estas presentan por separado altas correlaciones con otras, en la siguiente tabla se presenta el coeficiente de correlación de Pearson para todas las variables que se tienen en cuenta. Adicionalmente se evita la trampa de la variable dicotómica ya que varias de estas son de tipo dummy, por lo que se requiere elegir una categoría base y ser en extremo cuidadoso al momento de la interpretación ya que implicaría entender las variaciones desde cuatro categorías base. Complementado lo anterior, se conserva la riqueza de los datos al no excluir alguna de estas de la modelación, si no asociarlas dentro de un índice que representa algunas de las dimensiones de calidad de vivienda ya expuesta, potenciando el nivel de confort o calidad cuando alguna unidad habitacional posea mayor número de baños y mayor extensión en área, en lugar de excluir alguna de estas del modelo, que como se presenta en la *Tabla 1* poseen un coeficiente de correlación de 0,70. En específico se conservan las cualidades de los proyectos al no eliminar ninguna variable del modelo y se evitan posibles problemas de multicolinealidad posterior a la simulación.

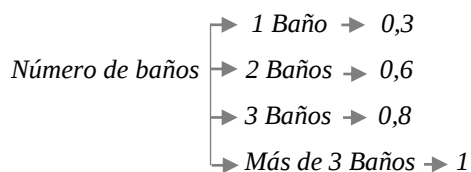
	Número de Baños	Número de Alcobas	Área	Estudio	Alcoba y Baño de servicio	Balcón	Terraza
Número de Baños	1,000	0,365	0,702	0,389	0,585	0,146	0,365
Número de Alcobas	0,455	1,000	0,372	0,261	0,223	0,029	0,089
Área	0,702	0,372	1,000	0,388	0,610	0,137	0,319
Estudio	0,389	0,261	0,388	1,000	0,337	0,112	0,168
Alcoba y Baño de servicio	0,585	0,223	0,610	0,337	1,000	0,103	0,322
Balcón	0,146	0,0291	0,137	0,112	0,103	1,000	-0,050
Terraza	0,365	0,0891	0,319	0,168	0,322	-0,050	1,000

Tala 1: Matriz de correlación de Pearson. Variables ICV. Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta los anteriores aspectos teóricos y prácticos se propone un Índice de Calidad de vivienda, ICV de ahora en adelante, que pondera tres dimensiones; i) Condiciones sanitarias, ii) Características de Diseño y iii) Ambientes de la vivienda. Siguiendo la metodología de análisis multicriterio propuesta por Salas-Bourgoin, M. (2012). Se seleccionan las características ya mencionadas y se jerarquizan, tal como expresa Salas-Bourgoin dentro del análisis multicriterio se jerarquizan las condiciones a evaluar según su importancia para el experto; asimismo, la sumatoria de los pesos no puede sobrepasar el valor de 1.

En primera instancia se construyó un patrón de comparación que permite valorar por igual las condiciones o posibilidades de cada variable en una escala de 0 a 1, donde 0 representa la peor condición y 1 la mejor. Seguidamente se asigna un peso a las variables que conforman el 100% del índice. Se define así el patrón para cada una de las variables componentes de las dimensiones junto con su ponderación.

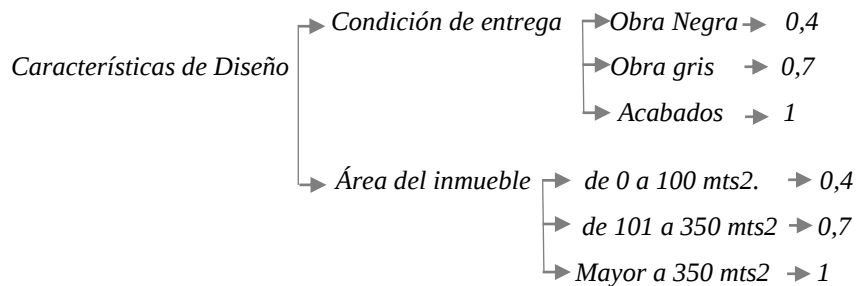
- i) Condiciones Sanitarias: corresponden al número de baños que posee la vivienda clasificado en cuatro categorías y con patrón de valoración:



La base datos *Coordenada Urbana* de CAMACOL usada en el presente trabajo recoge construcciones formales urbanísticas, es decir que son realizadas por constructoras nombradas para ello y con licencia de construcción activa y en regla, por lo tanto, para todos los proyectos del estudio existe al menos 1 baño en cada

unidad habitacional, es decir que ninguna de estas posee condiciones de salubridad riesgosa para la salud de los habitantes en cuanto al desecho de residuos orgánicos, por lo tanto se pondera esta variable con un 7% dentro del total del índice, teniendo en cuenta que mínimamente todos los proyectos cuentan con sistema de descargue de desechos. En el caso hipotético de existir proyectos en el estudio sin sistema sanitario, se le debe asignar a este una mayor ponderación ya que existen diferencias amplias en la posibilidad de afecciones a la salud entre un hogar con batería sanitaria y otra que no la posea, sin embargo y como ya se mencionó, para todos los casos de estudio existe como mínimo un baño dentro de la vivienda.

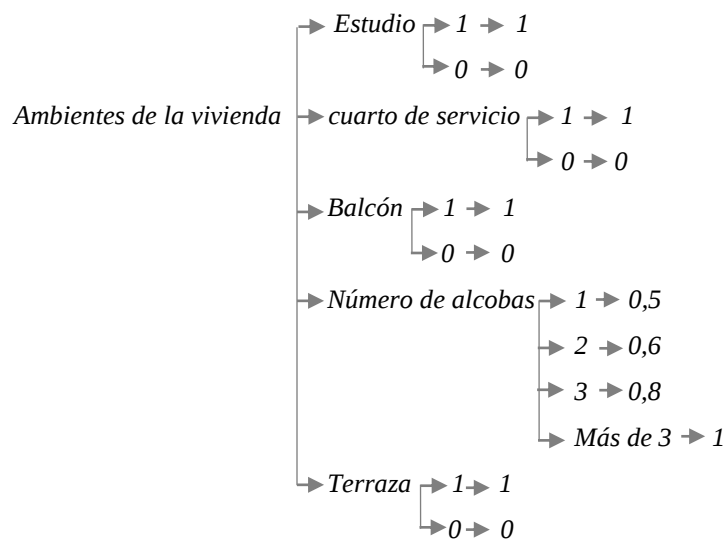
- ii) **Características de Diseño:** corresponde a la variable de área en metros cuadrados del inmueble y a su condición de entrega como se mencionó anteriormente con el siguiente patrón de valoración y ponderación.



las características de Diseño representan aspectos organizacionales potenciales y efectivos dentro de la distribución del hogar, por lo tanto estas variables son importantes en la conformación del índice ya que aportan información relevante sobre el nivel posible de hacinamiento existente en el hogar, factor que según Hernández y Velásquez (2014) es un elemento objetivo que compone la habitabilidad en el primer nivel sistémico; la vivienda, donde se expone que el nivel de percepción de confort del habitante sobre la amplitud de la vivienda es significativo en su valoración ya que tuvo rangos de aceptación positivos para las viviendas más amplias y con más número de cuartos en su estudio realizado para la ciudad de Guadalajara en México, Por lo tanto, en la conformación del índice se le da especial atención a las variables de área y número de habitaciones, por lo tanto se le asigna un peso del 70% a la variable de Área de la vivienda. La condición de estado de entrega de la vivienda brinda información sobre las características constructivas en las cuales fueron

entregadas las viviendas, esto es: Obra negra, gris y acabados, entendiéndose la primera como la situación donde se expone el material constructivo de la vivienda como ladrillos y columnas sin demás dotaciones, al segunda hace referencia a vivienda dotada de enfoscado y losa en sus suelos, por último la vivienda en estado de acabados corresponde a la unidad habitacional que posee además de las anteriores características de la obra negra y gris, demás complementos de brindan mejor diseño visual a esta, como estucos, pintura, cerámica, puertas internas, etc. A esta variable se le asigna un peso de 5% en la ponderación total del índice.

- iii) Ambientes de la vivienda: Finalmente, la última dimensión corresponde valores agregados de locaciones dentro la unidad habitacional, como ya se mencionó estos son: Existencia de Cuarto y baño de servicio, existencia de cuarto de estudio, existencia de terraza, número de alcobas y existencia de balcón, con el siguiente patrón de valoración y peso porcentual.



de acuerdo a disponibilidad de información en la base de *Coordenada Urbana* se agregan cuatro dimensiones de posesión locativa al índice; 1 si posee el espacio y 0 en caso contrario; estas variables son Estudio, Cuarto de servicio, Balcón y Terraza, cada una con participación total en índice de 2%, Finalmente se pondera el número de habitaciones en la vivienda con 10%.

En la siguiente tabla resumen se muestran las ponderaciones para cada variable y su contribución a la dimensión en la que participan.

Dimensiones	variables	Valoración	Peso total en el ICV
Condiciones sanitarias	Número de baños	7.00%	7.00%
Características de Diseño	Condición de entrega	5.00%	75.00%
	Área	70.00%	
Ambientes de la vivienda	Número de alcobas	10.00%	18.00%
	Estudio	2.00%	
	Cuarto de servicio	2.00%	
	Balcón	2.00%	
	terraza	2.00%	
TOTAL			100 %

Tabla 2: Índice de Calidad de Vivienda. Fuente: elaboración propia

Por último, se define el logaritmo natural del precio como variable dependiente del modelo hedónico (Precio), la distancia euclidiana en metros al centro tradicional de empleo (Dist. CBD), la menor distancia a vías principales de la ciudad (Dist. Vías), el índice de calidad de vivienda ya expuesto anteriormente (ICV) y variables dummy de estrato como las variables independientes del modelo (Medio y Bajo).

5. DATOS

El estudio se realiza con la base de datos *coordinada urbana* de la cámara colombiana de la construcción (CAMACOL) que contiene datos de construcciones nuevas mediante un sistema de información geo-referenciada en censos de obra de CAMACOL el cual comprende información sobre las tendencias del mercado de edificaciones y las obras que están activas en todo el país mayor a 300 m² y con licencia para construir activa. Para este trabajo se utilizó solamente la información correspondiente a la ciudad de Cali disponible entre el año 2006 y Mayo del 2017.

6. ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS (AED)

Las relaciones estadísticas básicas de las variables de estudio permiten identificar previo a la modelación la posible influencia o relación con la variable de análisis, en el siguiente cuadro se presentan las estadísticas descriptivas básicas de las principales variables junto con la matriz de correlación simple de Pearson entre las variables independientes y dependiente.

Estadísticas descriptivas				
	Precio (\$COP MM)	ICV	Dist. CBD (mts)	Dist. Vías (mts)
Promedio	221.104.937	0,48	6.383	1.239
Mínimo	28.342.500	0,34	263	41,82
Máximo	1.656.666.666	0,84	15.269	4.742

Matriz de Correlación de Pearson				
	Precio	ICV	Dist. CBD	Dist. Vías
Precio	1,00	0,73	0,014	0,20
ICV	0,73	1,00	0,03	0,09
Dist. CBD	0,014	0,03	1,00	-0,30
Dist. Vías	0,20	0,09	-0,30	1,00

Tabla 3: Estadísticas descriptivas: Variables principales. Fuente: elaboración propia

La gran variabilidad de los datos se refleja en su rango, la distancia a las vías principales, por ejemplo, indica la cercanía de una vivienda incluso a 41 metros, sin embargo, la vivienda nueva más alejada se encuentra a 4.742 metros en el barrio El Bosque al norte de Cali.

Generalmente se puede extraer de la matriz de correlación de Pearson que el ICV posee una fuerte correlación positiva con la variable precio, en cambio mantiene una relación positiva muy baja con las otras variables explicativas, en general las variables independientes no poseen una fuerte correlación entre sí, lo que indica a priori que el modelo tradicional puede no presentar problemas de multicolinealidad, hecho que se mostrará formalmente en el desarrollo del estudio mediante las pruebas VIF de las variables al modelo OLS.

Sin embargo se presenta una correlación negativa entre las variables distancia, lo que indica que las viviendas ubicadas a menor distancia del CBD presentan una mayor distancia a las vías principales, es decir, están más alejadas de estas, este resultado es razonable en la medida en que se observa que los proyectos más cercanos al CBD (proyectos al oeste de la ciudad, en Bellavista y a los alrededores del zoológico) están en promedio a 2 kilómetros de la vía principal más cercana, esta es la calle 5ta que está definida desde la altura de las instalaciones de Comfenalco EPS, a diferencia de la autopista Simón Bolívar que contempla distancias más cercanas a un gran conglomerado de proyectos en el barrio Valle del Lili y sus alrededores, que por su posición se encuentran muy lejanos al centro tradicional de la ciudad (ver mapa 1), estos datos contribuyen a definir el coeficiente negativo entre ambas variables, es decir que dicha correlación está muy

sujeta a la naturaleza agrupación que han adoptado los proyectos en la ciudad en los últimos años, puntualmente, proyectos lejanos al CBD ubicados en la zona sur y cercanos a vías principales como la Autopista Simón Bolívar y Sur-Oriental versus proyectos cercanos al CBD en el oeste de la ciudad lejanos a las vías principales ya mencionadas, y solamente cercanas los primeros kilómetros de la Calle Quinta hasta la altura del Estadio Pascual Guerrero. Adicionalmente se presenta el siguiente gráfico de dispersión entre algunas de las variables representativas del modelo y la variable de análisis. (Gráfico 1)

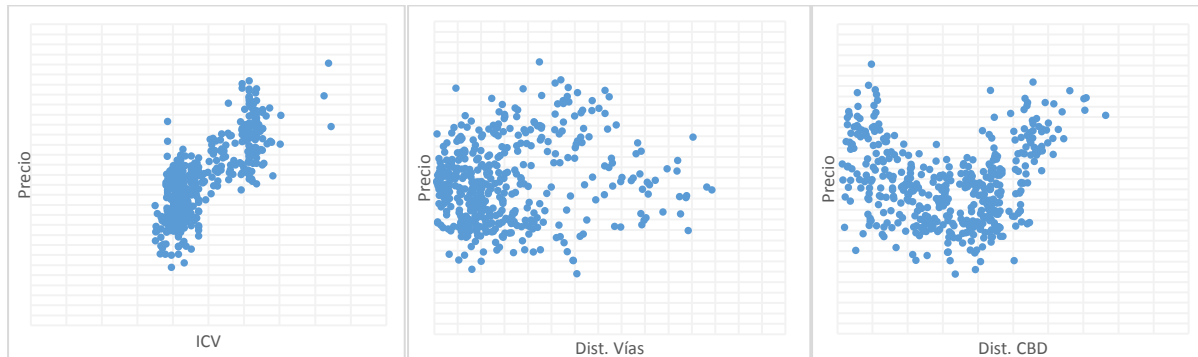


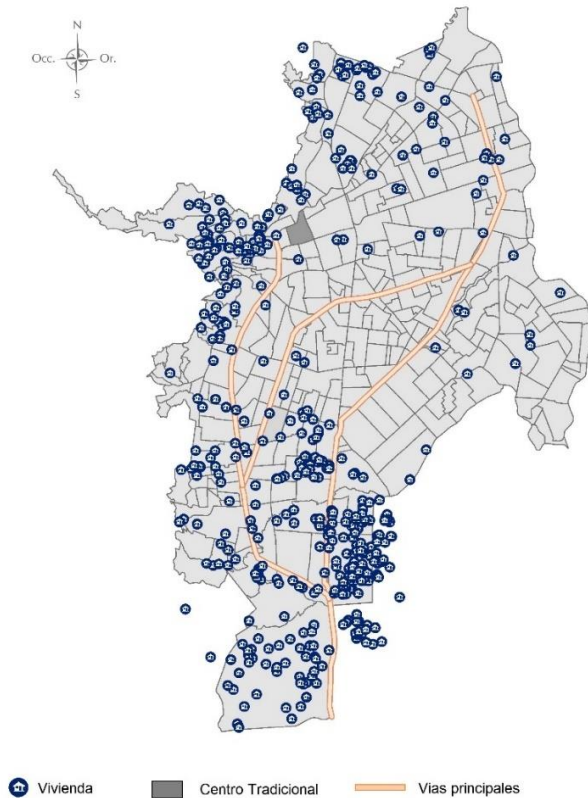
Gráfico 1: Gráficos de dispersión. Fuente: Elaboración propia

El índice de condición de vivienda mantiene una relación generalmente positiva con la variable principal, esto indica que a puntajes más altos asignados en la variable ICV para la vivienda, más alto es el precio de la misma. Sin embargo, no está marcado de la misma manera la relación con la distancia a vías principales y distancia al CBD, incluso se puede visualizar una relación no lineal entre la segunda y el precio, esto es, las viviendas ubicadas más cercanas y lejanas al Centro de empleo poseen precios más altos, y las viviendas en distancia media tienen precios más bajos. Este análisis a priori no es formal en la medida en que el gráfico de dispersión o la matriz de correlaciones de Pearson no posee un estudio de relevancia o representación estadística que permita obtener un nivel significativo de confianza, a pesar de ello es un buen indicador en primera instancia para advertir la naturaleza de relacionamiento que poseen los datos.

7. ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS ESPACIALES (AEDE)

La distribución de las locaciones habitacionales en Cali muestra que la tendencia constructiva no se desarrolla exclusivamente al sur de la ciudad, se encuentra un importante número de proyectos localizados también al oeste, en los barrios Santa Teresita, arboledas, aguacatal y Normandía.

Mientras que en el sur se presenta mayor densidad de construcciones en los barrios Valle del Lili, El caney y Parcelaciones de Pance, ubicados en las comunas 17 y 22. En el *Mapa 1* se presenta la ubicación de las viviendas, tres vías transversales de la ciudad; Calle quinta, Autopista Simón Bolívar y Autopista sur-Oriental y además se resalta el centro tradicional ubicado en el barrio San Pedro, que serán útiles durante el desarrollo del estudio.



Mapa 1. Distribución de Proyectos 2006-2017 Fuente: Elaboración propia en Arcgis Pro.

El *Mapa 1* muestra los proyectos de vivienda adelantados en la ciudad de Cali entre el año 2006 y 2017 en formato de puntos, se puede prever ex ante el análisis estadístico la agrupación no aleatoria de la ubicación de los proyectos residenciales, sin embargo, no representa de manera formal la existencia de clústers en la variable a analizar.

Si el precio de los bienes hipotecarios es explicado por los precios intrínsecos de las características que lo componen y que lo rodean más un margen de ganancia por el oferente, entonces la distribución espacial del precio del inmueble está relacionada con la valorización y localización de sus componentes.

A pesar de reconocer el componente espacial de los datos, se propone en primera medida un modelo hedónico lineal exploratorio OLS que explique el precio de los proyectos por el índice de

condición de vivienda, la distancia euclidiana al CBD, el estrato social y la menor distancia euclidiana entre el proyecto a la Calle quinta, la Autopista simón bolívar o la Autopista Sur-Oriental, este análisis antes de recurrir a herramientas de modelación espacial enriquece el estudio ya que posteriormente permitirá la comparación de parámetros y resultados asociados a cada tipo de modelo. El coeficiente de determinación del modelo OLS indica que las variables independientes explican aproximadamente el 73% de las variaciones del precio (ver anexo 1). Los parámetros de las variables explicativas son significativos a un nivel del 1%, a excepción de la variable de cercanía al CBD, hecho que puede estar relacionado con la forma funcional lineal de la estimación, ya que el modelo supone que el parámetro no cambia a lo largo de las unidades de estudio, esta consecuencia se afirma mediante el estudio de normalidad en los errores. La prueba estadística de Jarque-Bera tiene relevancia estadística al 5%, es decir que probablemente los errores del modelo no se distribuyan normal, en efecto, al tratarse de datos distribuidos en un espacio geográfico la forma funcional del modelo OLS no capta la variabilidad existente entre los parámetros, en otras palabras, es posible que la cercanía al CBD afecte de manera más significativa a los proyectos de vivienda más cercanos y no a los más lejanos, este resultado es posible en la medida en que tenemos en cuenta el desarrollo urbanístico de la ciudad en general ya citado en el presente trabajo en el estudio de Ipia (2011) el cual identifica el surgimiento de subcentros de empleo que alternan al centro tradicional, sin dejar de reconocer de que la densidad de empleo sigue siendo mayor en el CBD. El factor de inflación de la varianza (VIF) es un indicador que refleja la redundancia entre las variables independientes de modelo, es decir que cuantifica la intensidad de multicolinealidad en un modelo tradicional OLS, según Kleinbaum, Kupper y Muller (1988) existen problemas de colinealidad si alguna variable presenta un VIF mayor a 10, en este caso todas las pruebas VIF resultaron menores a 2.

En la siguiente tabla se muestran los principales estadísticos obtenidos de la modelación por OLS.

OLS MODEL					
Variable	Estimate	Standard error	T(Est/SE)	P-Value	VIF
Intercept	16,914943	0,131798	128,340125	0,000000	-----
Dist.CBD	0,000008	0,000006	1,413119	0,158327	1,127
ICV	4,297898	0,236619	18,163783	0,000000	1,580
Dist Vías	0,000075	0,000002	3,830384	0,000156	1,121
BAJO	-1,08019	0,090983	-11,872422	0,000000	1,203
MEDIO	-0,499764	0,047696	-10,478098	0,000000	1,554

Residual sum of squares	70,05723
AICc	454,219046
R square	0,738177
Adjusted R square	0,734662
Jarque Bera Prob.	0.012702

Tabla 4: Regresión Modelo OLS Fuente: Elaboración propia en Arcgis Pro

En este orden de ideas, es necesario el modelamiento de datos mediante una técnica que reconozca la dimensión espacial que hace parte de la naturaleza de estos datos, por lo tanto para contrastar la existencia de autocorrelaciones espaciales en la variable independiente y explicativas del modelo se recurre al índice de autocorrelación espacial Global de Moran, la hipótesis nula de este estadístico establece que la variable analizada se distribuye de manera aleatoria entre los valores vecinos de la variable, la elección de los vecinos se especifica mediante la distancia inversa, es decir que los vecinos más próximos a la entidad tienen mayor influencia dentro del cálculo del índice, y está limitado por el umbral establecido por la distancia euclidiana que garantiza que todas las unidades tengan como mínimo un vecino. En la *Tabla 4* se resumen los valores del índice y su significancia estadística para la variable de precio e ICV.

Variable	I. Moran	Valor p
Precio	0,377455	0,000
ICV	0,369831	0,000

Tabla 5. Índice de Moran. Fuente: Elaboración propia con Arcgis Pro.

De acuerdo con los resultados de normalidad del modelo OLS y el índice Global de Moran se evidencian fuertes relaciones espaciales en las variables del modelo, estos resultados muestran que en un umbral de 1.500 metros cada variable posee valores semejantes a los de sus vecinos, exhibiendo relaciones tipo clúster.

Más gráficamente se puede evidenciar la correlación espacial con el diagrama de dispersión de Moran, calculado en un umbral definido por la matriz de pesos espaciales tipo Reina con dos niveles de continuidad, es decir, analiza la correlación de una entidad con la de todos sus vecinos adyacentes en todas las direcciones en dos niveles, a saber, los vecinos de los vecinos, el análisis permite evidenciar la correlación positiva de todas las variables del modelo con su rezago espacial. (Ver anexo 2).

A pesar de que el análisis anterior permite identificar la existencia de clústers en el espacio, esta no demuestra la naturaleza del mismo, es decir, qué tipo de valores se han asociado en el espacio con los valores de sus vecinos. Para resolver la anterior inquietud se hace uso de herramientas del Análisis exploratorio de Datos Espaciales (AEDE), que permiten demostrar la naturaleza del clúster como el índice Anselin Local de Moran o indicadores LISA (*Local Indicator of Spatial Association*) que identifica puntos calientes, puntos fríos y valores atípicos estadísticamente significativos, en otras palabras, indica si la relación clúster de los datos es tipo alto o bajo.

Las variables de distancia están por naturaleza agrupadas debido a que hace referencia a la distancia euclidiana desde un punto a otro, por lo tanto las viviendas localizadas en un mismo barrio o vecinas están a distancia similares de CBD al igual que a la vía principal más cercana, se puede evidenciar que los proyectos localizados en el oeste presentan agrupación clúster tipo Bajo-Bajo en la variable distancia al CBD, mientras que en las comunas 18, 17 y 22 existen clúster Alto-Alto, es decir que la distancia en metros de dichas viviendas al CBD es alta en comparación a los proyectos ubicados en el oeste.

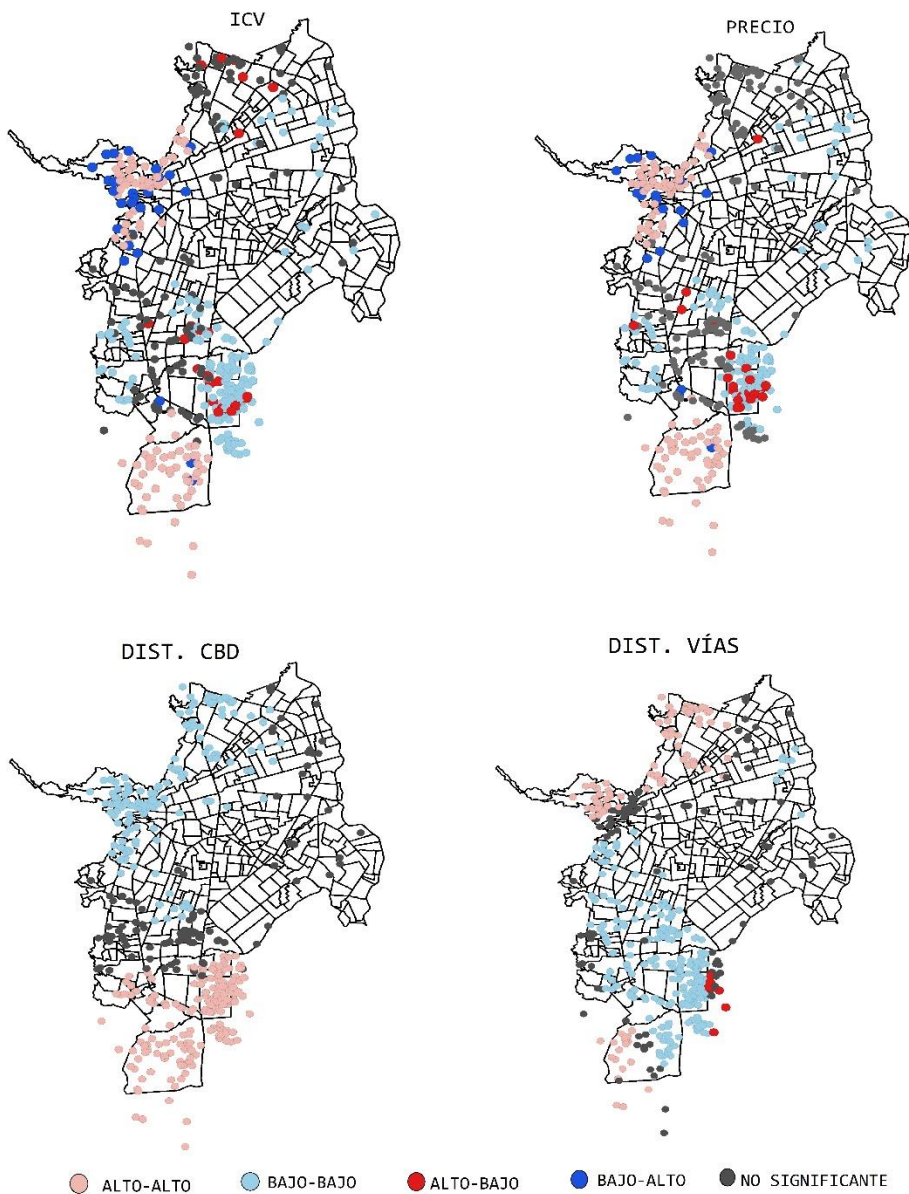
A diferencia de las variables de distancia no es evidente que el índice de condición de vivienda y el precio presenten agrupaciones tipo clústers en su distribución, sin embargo mediante el índice Local de Moran se puede evidenciar que existen asociaciones Alto-Alto del índice de condición de vivienda en las comunas 3 y 22 de la ciudad, mientras que predominan clústers Bajo-Bajo en los barrios Valle del Lili, el Caney y la parte baja de la comuna 19, no obstante se pueden encontrar algunos proyectos con valores altos de la variable entre proyectos con valores bajos y viceversa, aunque no predominan de tal manera que cause una relación dispersa en el espacio, es decir que los valores similares en las variables se rechacen. Se debe tener en cuenta que las relaciones espaciales pueden ser dispersas, aleatorias y tipo clúster. En este caso todas las variables presentan relación espacial tipo clúster.

El contraste LISA univariante es presentado en el resumen de *mapas 2* especificando una relación espacial inversa, es decir que las entidades vecinas tienen mayor influencia sobre los cálculos de una entidad de destino que las entidades que están alejadas.

Los resultados mostrados en los cuatro mapas presentan los valores estadísticamente significativos al 0,2% en 499 réplicas de permutación.

Estos hallazgos dan fuerza a los resultados obtenidos en el índice global de Moran, las variables de distancia están per se agrupadas espacialmente debido a su metodología de creación, como se

explicó anteriormente, las entidades vecinas poseen distancias similares a un punto en específico. Por ejemplo, las viviendas asentadas en un barrio en específico compartirán distancias similares a una vía principal establecida, en efecto en el análisis de contraste LISA o Local de Moran se puede apreciar la naturaleza de dicha agrupación ya comprobada mediante el índice Global de Moran; Alto- Alto, Bajo-Bajo, Bajo-Alto, Alto-Bajo o No Significante.



Mapa 2:Hotspot. Fuente elaboración propia en Arcgis Pro

Como se previó en el inicio de esta sección, existen relaciones conglomeradas en la variable precio, las zonas con precios más altos corresponde a los barrios Parcelaciones de Pance en el sur y al oeste en Arboledas, Santa Isabel, Santa Rita, Cristales y Santa Teresita, con la presencia de algunos proyectos de precio bajo respecto a sus vecinos en la zona de Bella vista, Aguacatal y parte sur de Terrón Colorado. Contrario a esto los proyectos con precios más bajos están ubicados en los barrios Valle del Lili, El Caney y Ciudad 2000, con algunos otros en Polvorines, Limonar, El Jordán y Alto Nápoles.

Debido a que las observaciones tienen fuerte relación con los valores adyacentes de la misma variable y que los parámetros no son únicos en todo el campo geográfico de estudio, se reflejan problemas de normalidad en los errores en el modelo lineal OLS y se debe recurrir a una especificación micro-local que capte las relaciones de aglomeración que presentan las variables, el modelo GWR surge como respuesta a la naturaleza de estos datos ya que permite flexibilizar las estimaciones de acuerdo a la ubicación de las variables, por tanto no presenta un único parámetro para todo el conjunto de datos, es decir que el modelo GWR incorpora los efectos de heterogeneidad espacial y dependencia, adicionalmente permite identificar en qué sectores o zonas de la ciudad ciertas variables tienen mayor influencia sobre la determinación del precio, en este sentido esta es la contribución más importante de la modelación mediante esta técnica, ya que aporta en primera instancia a la identificación de factores influyentes en la determinación del precio y además refleja la fuerza de influencia de cada variable explicativa dependiendo de la zona que se analice. Así se puede representar el modelo con ponderación geográfica agregando coordenadas al modelo tradicional en forma matricial, originalmente expresada en Fotheringham, Brunson & Charlton (1998).

$$y_i = \beta_1(u_i, v_i) + \sum_{j=2}^k \beta_j(u_i, v_i)X_{j2} + \varepsilon_i^1$$

Formula 1.3; Modelo Hedónico con coordenadas espaciales

Donde (u_i, v_i) son las coordenadas altitud y latitud para los datos utilizados en este trabajo, y_i es el logaritmo natural del precio, X_{j2} son las variables explicativas, β_j los parámetros y ε_i el término estocástico de error. De esta manera se puede expresar la matriz de parámetros;

¹ Representación tomada de Carlo Duque, Hermilson Velázquez y Jorge Agudelo (2011) p. 10

$$\beta = \begin{pmatrix} \beta_1(u_1, v_1) & \beta_2(u_1, v_1) & \cdots & \beta_k(u_1, v_1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_1(u_n, v_n) & \beta_2(u_n, v_n) & \cdots & \beta_k(u_n, v_n) \end{pmatrix}_{n \times r}^2$$

Formula 1.4; Matriz de parámetros

En este orden de ideas, la técnica de regresión GWR proporciona un modelo local de estimación en un umbral adaptativo, este se ajusta en el espacio dependiendo de la distribución de la entidad, donde la distribución es más densa el umbral es más pequeño y cuando la densidad sea menor el umbral para modelación es más amplio, esto implica una modelación diferente en cada espacio y por tanto valores beta diferentes para cada zona de la ciudad.

La expresión del modelo a estimar está definida por la *fórmula 1.3* donde cada beta es una matriz de parámetros dado un par de coordenadas de localización.

$$\begin{aligned} \text{Log(Precio)} = & \beta_1(u_i, v_i) + \beta_2(u_i, v_i)ICV + \beta_3(u_i, v_i)Dist_{CBD} + \beta_4(u_i, v_i)Dist_{vias} \\ & + \beta_5(u_i, v_i)Estr_{bajo} + \beta_6(u_i, v_i)Estr_{medio} + \varepsilon_i \end{aligned}$$

Formula 1.5; Modelo Hedónico de precios

Donde β_1 corresponde al intercepto, β_2 es el parámetro para el ICV, β_3 para la distancia al centro tradicional de empleo, β_4 para la distancia a vías principales, β_5 y β_6 para las variables dummy de estrato bajo y medio y por último ε_j los residuales del modelo. En la siguiente tabla se muestran los principales estadísticos del modelo GWR.

GWR MODEL							
Variable	Mean	Min	Max	Quartile 1	Quartile 2	Quartile 3	STD
Intercept	16,997228	16,304947	17,671844	16,74137	17,028296	17,319839	0,345966
Dist CBD	0,000037	-0,000069	0,000115	-0,000003	0,000053	0,000075	0,000049
ICV	3,48386	2,037175	5,012671	2,940703	3,115460	4,079094	0,720088
Dist Vías	0,000025	-0,000223	0,000208	-0,000057	0,000027	0,000133	0,000115
BAJO	-0,923502	-1,315835	-0,539416	-1,150764	-0,951838	-0,650349	0,244022
MEDIO	-0,470256	-0,98968	-0,244967	-0,511488	-0,454951	-0,346716	0,165536

Residual sum of squares	54,263061						
AICc	382,101565						
R square	0,797204						
Adjusted R square	0,780865						

Tabla 6: Regresión Modelo GWR Fuente: Elaboración propia en Arcgis Pro.

² Representación tomada de Carlo Duque, Hermilson Velázquez y Jorge Agudelo (2011) p. 10

El criterio de información de Akaike (AIC) presenta una medida de rendimiento útil para realizar comparaciones entre ambos modelos y definir la bondad de ajuste más óptima según la estructura de los datos, para el modelo espacial GWR esta medida es de 382,10 mientras que para el modelo OLS es de 454,21. Este resultado indica que el modelo espacial proporciona un mejor ajuste para el tipo de datos ya que su valor AIC es menor. Aunque el coeficiente de determinación no es una medida comparativa entre modelos, puede dilucidar en qué medida las variables explicativas aportan a las variaciones del precio de las viviendas, el modelo GWR tiene R^2 ajustado de 0,78 mientras que para el modelo OLS este valor es de 0,73. (Ver anexo 3)

Adicionalmente los residuales del modelo GWR sí se distribuyen aleatoriamente en el espacio, lo que indica que el modelo ha captado las diferencias locacionales de las variables que antes no había sido posible percibir en el modelo global, en la Figura 2 se muestra el Índice global de Moran para los residuales de ambos modelos.

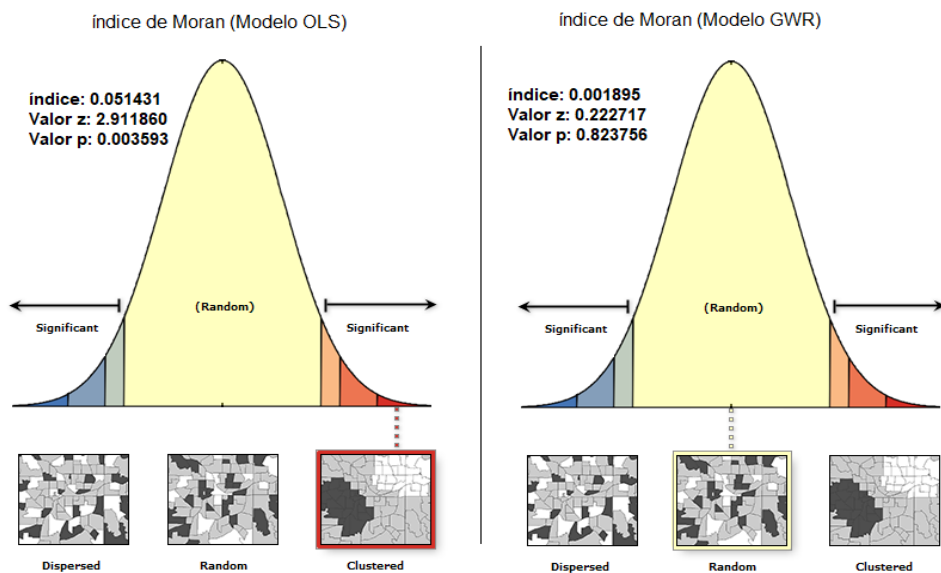


Figura 2: Índice Global de Moran para residuales. Fuente: Elaboración propia en Arcgis pro.

Finalmente se presenta en la siguiente tabla el resumen de los principales estadísticos de ambos modelos a manera de comparación como se expuso anteriormente.

Variable	OLS MODEL					GWR MODEL						
	Estimate	Standard	T(Est/SE)	P-Value	VIF	Mean	Min	Max	Quartile 1	Quartile 2	Quartile 3	STD
Intercept	16,914943	0,131798	128,340125	0,000000	-----	16,997228	16,304947	17,671844	16,74137	17,02830	17,319839	0,345966
Dist CBD	0,000008	0,000006	1,413119	0,158327	1,127000	0,000037	-0,000069	0,000115	-0,000003	0,00005	0,000075	0,000049
ICV	4,297898	0,236619	18,163783	0,000000	1,580000	3,48386	2,037175	5,012671	2,940703	3,11546	4,079094	0,720088
Dist Vías	0,000075	0,00002	3,830384	0,000156	1,121000	0,000025	-0,000223	0,000208	-0,000057	0,00003	0,000133	0,000115
BAJO	-1,08019	0,090983	-11,872422	0,000000	1,203000	-0,923502	-1,315835	-0,539416	-1,150764	-0,95184	-0,650349	0,244022
MEDIO	-0,499764	0,047696	-10,478098	0,000000	1,554000	-0,470256	-0,98968	-0,244967	-0,511488	-0,45495	-0,346716	0,165536

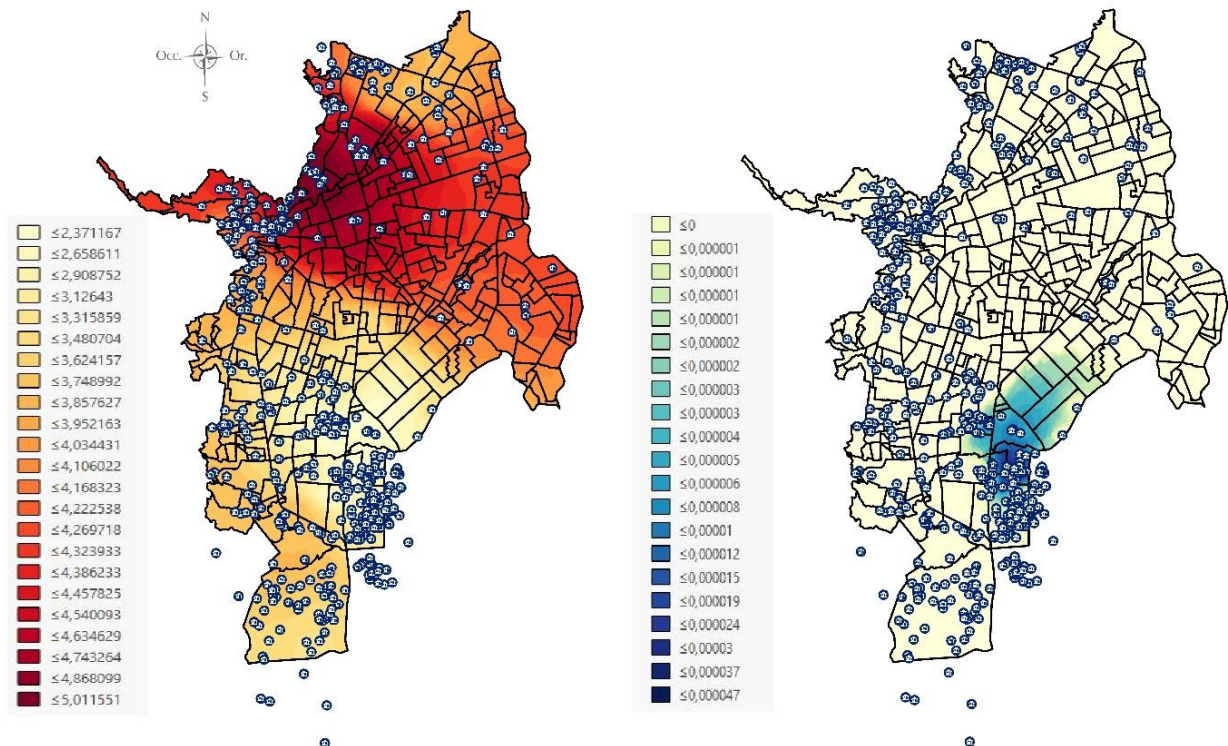
	OLS MODEL		GWR MODEL									
Residual sum of squares	70,05723		54,263061									
AICc	454,21905		382,101565									
R square	0,738177		0,797204									
Adjusted R square	0,734662		0,780865									
I. Moran resid	0,051431		0,001895									

Tabla 7: Modelo OLS vs Modelos GWR. Fuente: Elaboración propia en Arcgis Pro

8. RESULTADOS

La variable que representa las condiciones propias de construcción la vivienda en cuanto a área, número de baños, número de cuartos, condición de entrega, alcoba, terraza y cuarto de limpieza guarda relación positiva con el precio de las viviendas para toda la ciudad, sin embargo los parámetros se encuentran en un rango entre 2.0371 y 5.0126, lo que exhibe que este factor no es valorado de manera uniforme en toda la zona de estudio, los resultados muestran que las condiciones de construcción de las viviendas nuevas situadas en el norte y oeste de Cali impactan en mayor medida el precio de las mismas, a diferencia del sur. En otras palabras, el aumento en número de baños o alcobas de un proyecto afecta siempre de manera directa el precio de la vivienda aumentándolo, no obstante, la variación del precio es más sensible ante cambios en las condiciones de construcción en la zona norte de la ciudad. Lo anterior se ve reflejado en la tendencia constructiva de la ciudad, en la zona sur existe gran cantidad de construcciones tipo apartamento ubicados en conjuntos residenciales donde no difieren mayormente en sus características constructivas, mientras que el norte al no ser una zona natural de expansión de la ciudad por poseer limitantes en el desarrollo residencial debido a la zona industrial ya establecida, y el oeste por colindar con zonas montañosas y de ladera, las construcciones ahí realizadas en los años del estudio tienen menor densidad que los proyectos adelantados en el sur, por tanto su construcción no es masiva en la misma medida y permite que se desarrolle una oferta más centralizada en la construcción y distribución interna propia de la vivienda hecho que

finalmente se ve reflejado en el precio final de la unidad habitacional, adicionalmente se muestra en el mapa izquierdo la significancia estadística de los parámetros a lo largo de la zona de estudio, se observa que existe significancia en toda el área, este resultado coincide con el obtenido de la modelación OLS.



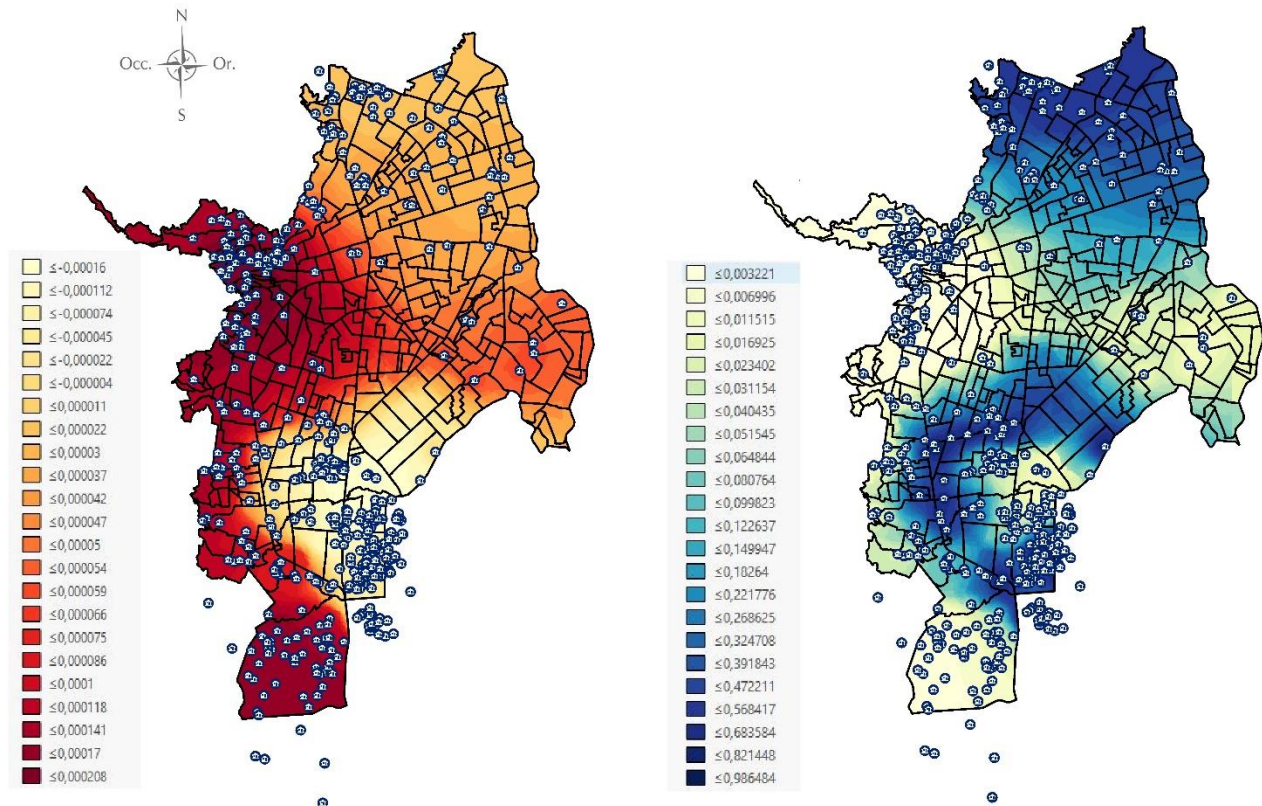
Mapa 3: Parámetros ICV

Significancia ICV

Fuente: Elaboración propia en Arcgis Pro.

La distancia a tres vías principales de la ciudad (Calle quinta, Autopista Simón Bolívar y Autopista Sur-oriental) es definida como por la menor distancia euclidiana desde la vivienda analizada a una de las vías, el resultado refleja que cuanto más lejanas están las vías de acceso más se encarece el precio de la vivienda, en otras palabras, el precio de las viviendas localizadas más lejanas de las vías difieren de manera más sensible en su precio a medida que una está más cerca de la vía más próxima, sin embargo cuando los proyectos vecinos están a distancias medias o cortas, el factor afecta en menor manera el precio final, es decir que se valora más la cercanía a vías de acceso en su lejanía, incluso los proyectos ubicados en el barrio Santa Isabel, Urbanización Nueva Granada y El Lido que aunque ponderan sensible y positivamente la

cercanía que poseen con la Calle quinta, no presentan significancia estadística al 10% sin embargo en todo el territorio de estudio la variable guarda relación positiva con el precio, para la zonas que poseen significancia estadística, esto corresponde a la zonas más claras del mapa izquierdo (zona occidente de la ciudad). Es decir que a medida que aumentan los metros de



distancia de un proyecto a una vía, el precio aumenta también.

Mapa 4: Parámetros Distancia a Vías principales

Significancia Distancia a vías principales

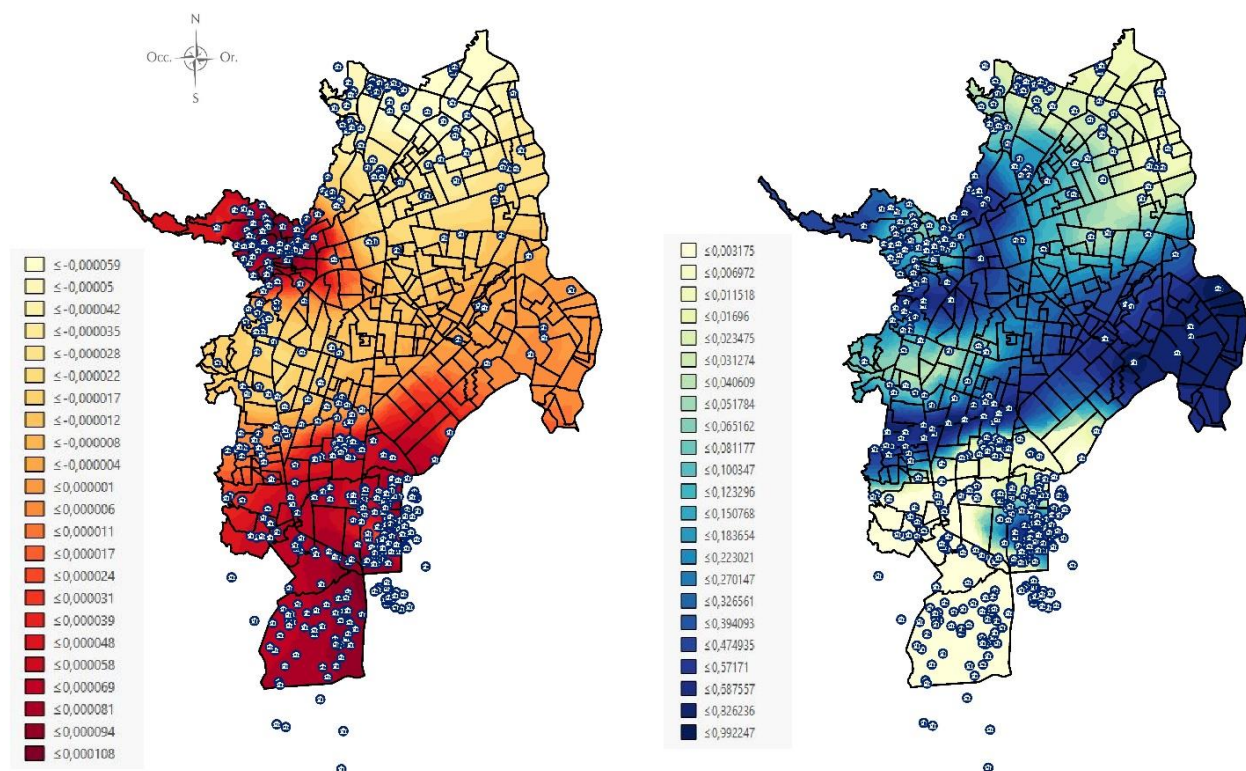
Fuente: Elaboración propia en Arcgis Pro.

Las variables de distancia en el modelo soportan la utilización de técnicas de modelamiento espacial, ya que están naturalmente correlacionadas en el espacio y requieren especificaciones de modelación que capten dicho efecto, los parámetros de la variable de distancia al CBD es una oportunidad para ejemplificar lo antes mencionado, el rango de valores beta es mayormente positivo para la ciudad, sin embargo una gran parte de ella presenta parámetros negativos, es decir que la cercanía al centro de empleo tradicional es valorado positivamente para una parte de la ciudad, y la para otra es valorado negativamente, más puntualmente a partir de la carrera 50 hacia el sur se valora negativamente la distancia al CBD en la formación del precio ya que entre

más metros existan desde la vivienda hasta el polígono barrial de referencia más se encarece el precio de esta, sucede un fenómeno contrario con los proyectos ubicados en el norte de la ciudad, a menor distancia del CBD, estos presenta una relación negativa en el parámetro, en otras palabras, entre menor distancia existe entre la vivienda y el CBD más se encarece el precio del proyecto. Por lo tanto, la distancia al centro tradicional cambia su valoración dentro del precio de dos maneras distintas en el sur y norte de la ciudad, estos resultados poseen significancia estadística a un nivel del 10% en las zonas sur y norte la ciudad, que corresponden a las zonas más claras del mapa de la izquierda (mapa azul), adicionalmente se debe tener en cuenta que los parámetros del modelo no presentan significancia estadística para la zona oeste y oriente de la ciudad, hecho que se promedia para toda la zona de estudio en el modelo tradicional, por lo tanto en el primer modelo esta variable no presenta significancia estadística general, la metodología de modelación micro-local que se emplea en el estimación GWR permite identificar los parámetros puntuales y su significancia estadística a un nivel desagregado en coordenadas, tal como se expresa en formulación 1.3 especificada en la sección 7 del presente trabajo.

Este resultado es importante en la medida en que reconoce la independencia comercial que empieza a adquirir las nuevas viviendas en el sur de Cali, esta conclusión es apoyada por el estudio ya mencionado en la sección 2 del presente trabajo, Ipia (2011) expone la transición de la ciudad desde un modelo monocentrico a uno policentrico, con nuevos sub centros de empleo localizados justamente al sur de la ciudad en el Barrio Unicentro y Santa Anita, que aunque no poseen en igual medida la densidad de empleo que se presenta en el CBD, secundan a este en fines comerciales y laborales al sur de la ciudad, a pesar de que exista significancia estadística para la variable en la comuna 22, 18, 6 y 2, los parámetros asociados a cada zona representan una variación porcentual muy mínima en el precio ante la variación de un metro en la distancia, este hecho puede denotar la existencia de variables con mayor peso explicativo dentro del modelo, que sería objeto de investigaciones posteriores.

La nula o negativa valoración de la cercanía al CBD en el precio de las nuevas residencias del sur de Cali, afirma el cambio de modelo de ciudad ya propuesto en lo que se refiere a la oferta residencial disponible, esto supone que los nuevos sub-centros de empleo en el sur de la ciudad desplazan, o mejor especificado, alternan al centro tradicional en la formación de los precios residenciales.



Mapa 5: Parámetros Distancia a CBD

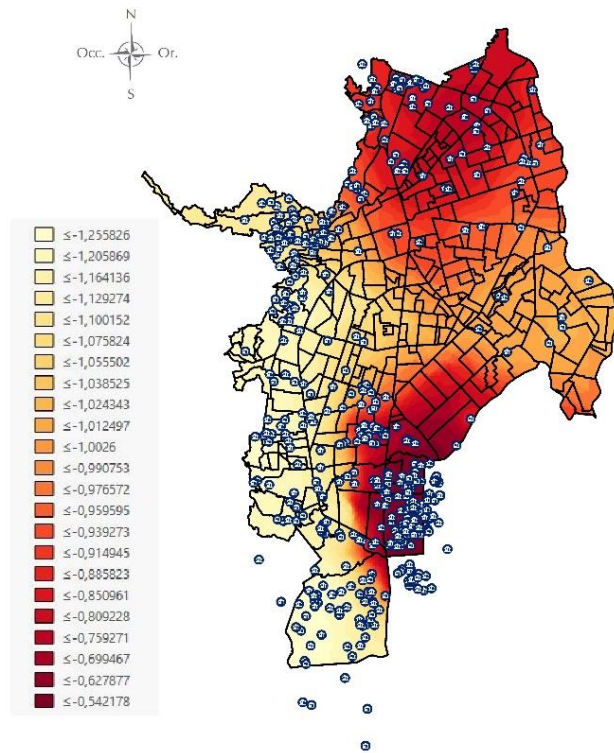
Significancia Distancia a CBD

Fuente: Elaboración propia en Arcgis Pro

Finalmente, las simulaciones para los parámetros de estrato muestran la relación negativa que guardan con el precio de la vivienda teniendo en cuenta que se ha escogido como variable dummy base el estrato alto, conformado a su vez por los polígonos barriales identificados con estrato 5 y 6, por este hecho se resalta que la calificación de estrato bajo para una vivienda afecta más su precio cuando esta se encuentra en los barrios Parcelaciones de Pance, Club Campestre, El refugio, Ciudad Nápoles y Ciudad Capri en el sur, y los barrios San Fernando Viejo, Cristales, Santa Isabel y Nueva Granada en el oeste, mientras que el efecto sobre el precio no es tan marcado en la zona sur-oriental, en los barrios Valle del Lili, El Caney, Ciudad 2000, El Morichal y Ciudad Córdoba, resultado que guarda coherencia con la mayor diferencia en niveles de estrato que existen en esos barrios con el estrato bajo.

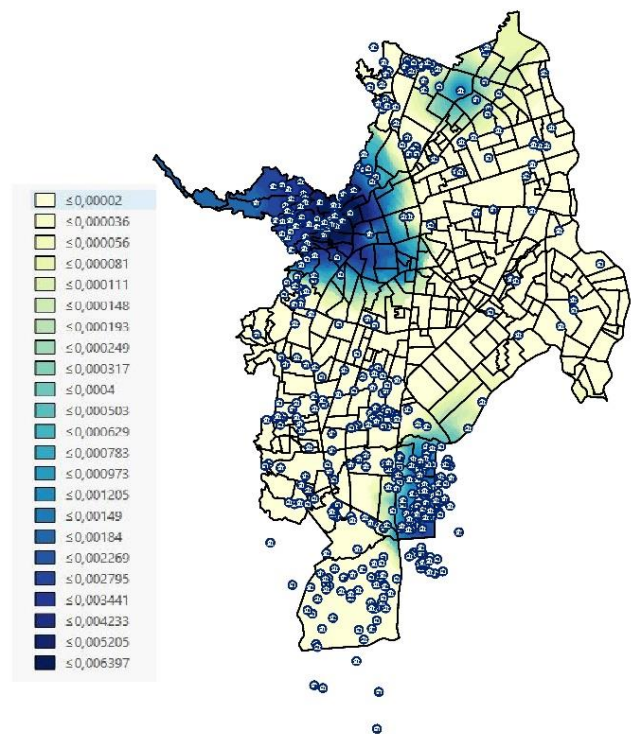
A diferencia de la variable de estrato bajo, La calificación de la vivienda como estrato medio, afecta en menor medida el precio de la misma, pero siempre negativamente en todo el área de estudio, en efecto ya que la variable base es el estrato alto, el patrón de dispersión de los parámetros es similar al de la variables de estrato bajo, pero difieren en que su espectro para los

parámetros más altos es más amplio en la zona sur, en otras palabras, más zonas del sur toleran en la variación del precio el hecho de ser calificadas como estrato medio ya que hay menor diferencia del nivel de estrato medio al alto a diferencia de del estrato bajo con el alto, por lo tanto las zonas que toleran la calificación de estrato bajo son menos. En lo que respecta a la zona oeste de la ciudad que es segundo gran foco de estudio en el presente trabajo, no se observa una diferencia notable en el espectro de tolerancia del precio a variaciones en el estrato de medio a bajo, sin embargo, existe mayor impacto negativo en el precio cuando se califica como estrato bajo, en las dos figuras siguientes se muestra el mapa de parámetros y su significancia estadística al largo de la ciudad. En ambos casos, cuando se clasifica el barrio como estrato bajo y medio, se tiene una influencia negativa sobre el precio, dejando como referencia la variable dummy de estrato alto el cual corresponde a los barrios de estrato 5 y 6.

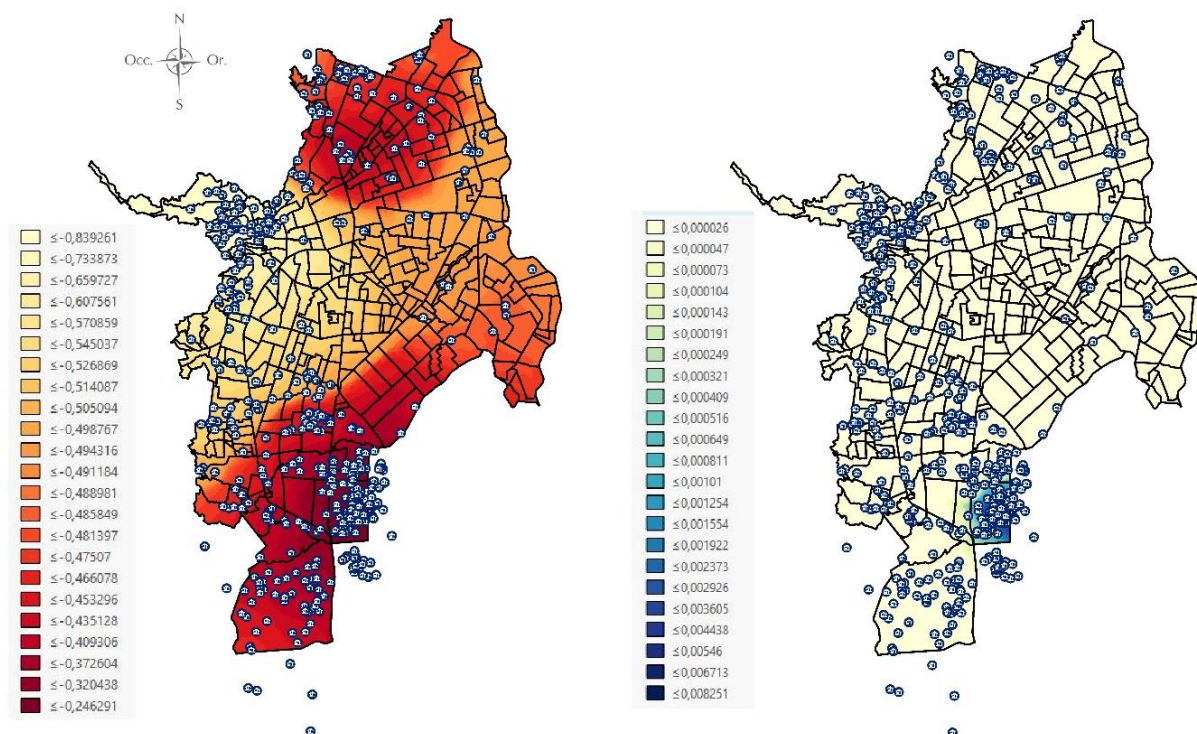


Mapa 6: Parámetros Estrato Bajo

Fuente: Elaboración propia en Arcgis Pro



Significancia Estrato Bajo



Mapa 7: Parámetros Estrato Medio

Significancia Estrato Medio

Fuente: Elaboración propia en Arcgis Pro

9. CONCLUSIONES

El mercado inmobiliario ha sido ampliamente estudiado en la literatura y abordado desde la modelación hedónica de precios, a pesar de esto los estudios dedicados al bien hipotecario son reducidos para la ciudad de Cali, en este sentido, el presente trabajo aporta al reconocimiento de la estructura urbanística contemporánea de la ciudad, y en su exposición permite comprobar la transición y el desarrollo de la ciudad que está cambiando su estructura urbana funcional a favor de la independencia y autosuficiencia comercial en la zona sur y la zona de expansión residencial en los linderos con Jamundí.

Mediante técnicas de modelación espacial, como el modelo GWR, se expone un escenario actual del mercado inmobiliario afectado por variables propias de la vivienda y de localización, permitiendo configurar una canasta de variables aceptables en la conformación del precio,

mostrando su relevancia y variabilidad en la participación dependiendo de la localización dentro de la ciudad.

En el desarrollo del estudio se confirma la existencia de clúster espacial en todas las variables involucradas, existen relaciones tipo Alto-Alto en el precio de las viviendas ubicadas al sur y oeste de la ciudad en las comunas 22 y 2, dichas agrupaciones están explicadas significativamente por el ICV propuesto en el presente trabajo, que al igual que la variable principal de estudio, presenta relaciones espaciales agrupadas tipo alto Alto-Alto en las comunas 22 y 2, por lo tanto los parámetros resultado son positivos para la variable ICV en toda la zona de estudio, sin embargo se resalta que el precio de las viviendas en la zona oeste son más sensibles ante cambios en el ICV que las viviendas del sur.

La distancia al CBD es significativa para las zonas extremo sur y norte de la ciudad, donde resultan parámetros que representan poca variabilidad en el precio, a pesar de esto se reconoce el tipo de relación que guardan respecto a la zona donde se ubique la vivienda, en el norte, ante disminuciones de distancia al CBD se presentan aumentos en el precio de la vivienda, es decir que se valora positivamente su cercanía, caso contrario sucede en la zona sur de estudio con significancia estadística al 0,3%. Las variables de distancia en el modelo son de espacial cuidado ya que no presentan un nivel de significancia general y suavizado a través de la ciudad como sucede con las otras variables, la distancia a vías principales es valorada en dos grandes focos residenciales de la ciudad, a saber, la comuna 2 y 22. En ambas zonas el precio de las viviendas varía aproximadamente en 0,2% cuando hay diferencias de un metro entre la vía principal más cercana al proyecto.

Finalmente, se concluye que para la zona oeste y sur de la ciudad existen variaciones negativas más fuertes en el precio cuando el polígono barrial posee calificación estrato bajo a un estrato medio, en otras palabras, los proyectos presentan disminución en sus precios aproximadamente del 10% cuando son calificados de estrato alto a estrato bajo, y en el caso de que sea calificado de estrato alto a estrato medio el precio disminuye aproximadamente en 8% para las zonas anteriormente mencionadas.

El estudio presenta resultados concluyentes en cuanto la importancia del análisis residencial en Cali mediante técnicas espaciales, entre ellas el reconocimiento de los diferentes valores de significancia para las variables de distancia al CBD y a vías principales que, de ser tratadas bajo

el modelamiento tradicional no presentarían en su globalidad para toda el área de estudio significancia estadística, al menos para la primera variable, lo cual podría resultar posteriormente en su exclusión del modelo y eventualmente en la omisión del reconocimiento de su participación teórica en la conformación de los precios de las viviendas nuevas para ciertas zonas de la ciudad. Un estudio más detallado sobre los diferentes centros de empleo y sus zonas de influencia dentro del casco urbano de Cali, podría hilar más fino en la investigación proporcionando información intra-urbana desagregada por polígonos de influencia según la localización del centro y sub-centros de empleo.

Reconocer la naturaleza de los datos espaciales y permitir que se expresen a través de una modelación que capte sus variantes, facilita la comprensión de fenómenos locales y regionales que no aceptan como única explicación parámetros inamovibles en la geografía, lo que conlleva a formular políticas y adelantos económicos que hagan frente a zonas específicas de la región que poseen sus propias características y condiciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Becerra, L. (2014). *Transformación urbana del área de expansión de Cali. estudio de caso: corredor Cali – Jamundí, 2000 – 2013*. Bogotá, Colombia: Universidad del Rosario.
- Baumann, T. (2009). *Cómo se formulan los estándares de calidad de vivienda*. En revista El Foro parte 16 número 2. Estados Unidos: Hábitat para la Humanidad.
- Duque, C, Velásquez, H y Agudelo, J. (2011). *Infraestructura pública y precios de vivienda: una aplicación de regresión geográficamente ponderada en el contexto de precios hedónicos*. Medellín, Colombia: Universidad EAFIT. P10.
- Hernández, G y Velásquez, S. (2014). *Vivienda y Calidad de Vida, Medición del hábitat Social en el México Occidental*. Guadalajara, México: Bitácora Urbano territorial Volumen 1. Número 24, p. 142-158.
- Ipia, J. (2016). *Estructura y precios del suelo: una aplicación desde la econometría espacial*. Cali, Colombia: Universidad del Valle.
- Ipia, J. (2011). *Identificación de subcentros de empleo a través de la función cubic spline: el caso de Cali*. Cali, Colombia: Universidad del valle.
- Kleinbaum, D, Kupper, L y Muller, K. (1998). *Applied Regression Analysis and Multivariable Methods*. Mishawaka, Estados Unidos: Duxbury press.
- Morales, Z y Arias, F. (2012). *La calidad de la vivienda en Bogotá: Enfoque de precios hedónicos de hogares y agregados espaciales*. Bogotá, Colombia: Revista Sociedad y Economía. PP 47-80.
- Richardson, H. (1986). *Economía regional y urbana*. Madrid, España: Alianza Editorial.
- Ridker, R y Henning, J. (1967). *The determinants of residential property values with special reference to air pollution*. En Lever, G. (1992). *El modelo de precios hedónicos*. P 2.
- Rosen, S. (1974). *Hedonic Prices and implicit markets product differentiation in pure competition*. Massachusetts, Estados Unidos: Universidad de Harvard. En Lever, G. (1992). *El modelo de precios hedónicos*. PP 2-4.
- Salas-Bourgoin, M. (2012). *Propuesta de índice de calidad de vida en la vivienda*. Caracas, Venezuela: Universidad Central de Venezuela.

- Salazar, N, Steiner, R, Becerra, A y Ramírez, J. (2013). *Los efectos del precio del suelo sobre el precio de la vivienda para Colombia*. Bogotá, Colombia: Fedesarrollo.
- Santos, L y Ganges. (2002). *Las nociones de paisaje y sus implicaciones en la ordenación*. Valladolid, España: Universidad de Valladolid.
- Vásquez, E. (1990). *Historia del desarrollo económico y urbano en Cali*. Cali, Colombia: CIDSE.
- Vivas, H. (2012). *Persistencia de la segregación residencial y composición del capital humano por barrios en la ciudad de Cali*. Cali, Colombia: Revista Ensayos sobre política económica, Banrep. vol. 31, núm. 70, Edición especial sobre economía de las ciudades.
- Thünen, J. (1826). *Der isolierte staat in beziehung auf landwirtschaft und nationaleconomie*, Hamburgo. En Brown, N. (2005) *La teoría de la localización*. Barcelona, España: Universidad de Barcelona. PP 6-10.

REFERENCIAS

- Hincapié, O. (2013). *Análisis de la habitabilidad de las comunas de la ciudad de Cali, Colombia. Periodo 2000 – 2010*. Cali, Colombia: Universidad del Valle.
- Urrea, F. (2011). *Transformaciones sociodemográficas y grupos socio-raciales en Cali a lo largo del siglo XX y comienzos del siglo XXI*. Bogotá, Colombia: Universidad del Rosario.
- Boletín técnico DANE. (2015). *Cuentas Trimestrales – Colombia, Producto Interno Bruto por sectores económicos (PIB)*. Bogotá, Colombia.

ANEXOS

Anexo 1: Modelo OLS

Resumen de resultados OLS - Variables del modelo

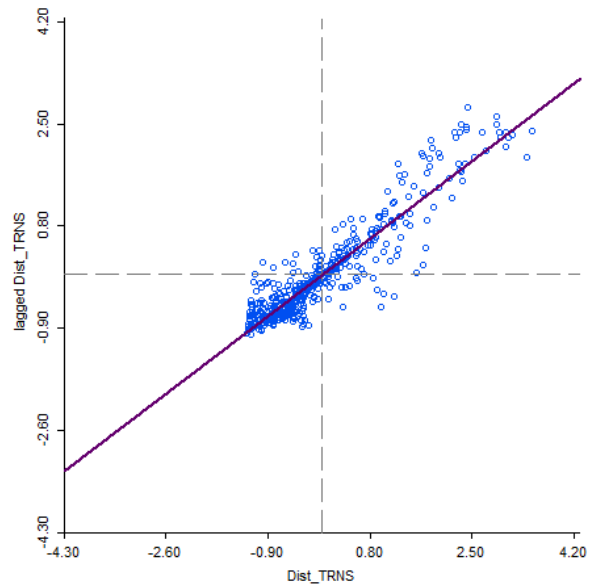
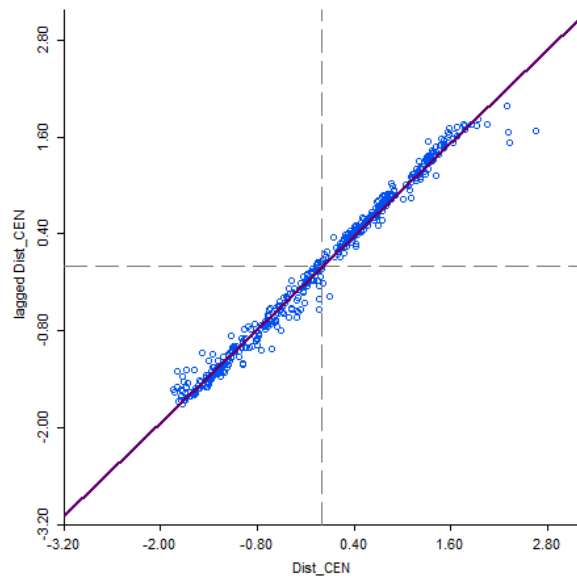
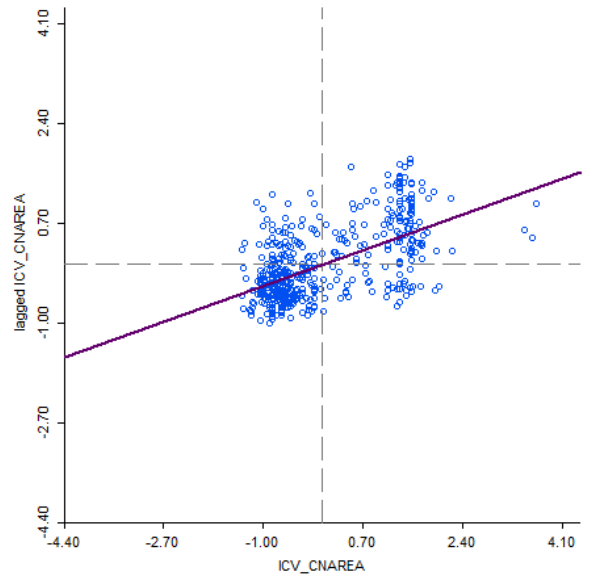
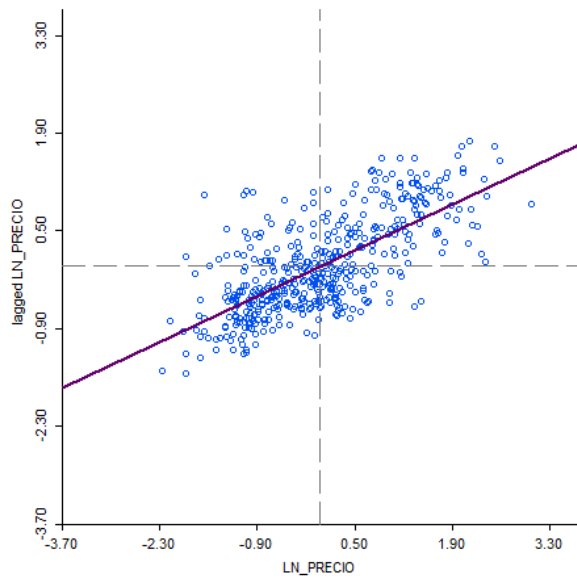
Variable	Coefficiente [a]	StdError	Estadística t	Probabilidad [b]	Robust_SE	Robust_t	Robust_Pr [b]	VIF [c]
Interceptar	16,914943	0,131798	128,340125	0,000000*	0,136460	123,954882	0,000000*	-----
DIST_CEN	0,000008	0,000006	1,413119	0,158327	0,000006	1,396612	0,163233	1,127095
ICV_CNAREA	4,297898	0,236619	18,163783	0,000000*	0,254877	16,862622	0,000000*	1,580405
DIST_TRNS	0,000075	0,000020	3,830384	0,000156*	0,000019	3,906137	0,000117*	1,121505
BAJO	-1,080190	0,090983	-11,872422	0,000000*	0,073699	-14,656749	0,000000*	1,203291
MEDIO	-0,499764	0,047696	-10,478098	0,000000*	0,045306	-11,030783	0,000000*	1,554215

Diagnóstico de OLS

Entidades de entrada:	Proyectos	Variable dependiente:	LN_PRECIO
Número de observaciones:	454	Criterio de información de Akaike (AICc) [d]:	454,219046
R cuadrado múltiple [d]:	0,738177	R cuadrado ajustado [d]:	0,735254
Estadística F conjunta [e]:	252,615349	Prob(>F), (5,448) grados de libertad:	0,000000*
Estadística de Wald conjunta [e]:	1250,512471	Prob(>chi-squared), (5) grados de libertad:	0,000000*
Estadística de Koenker (BP) [f]:	12,498607	Prob(>chi-squared), (5) grados de libertad:	0,028559*
Estadística de Jarque-Bera [g]:	8,732055	Prob(>chi-squared), (2) grados de libertad:	0,012702*

Fuente: Elaboración propia en Arcgis pro

Anexo 2: Diagrama de dispersión de Moran



Fuente: Elaboración propia en Geoda

Anexo 3: Modelo GWR

```
*****
<< Geographically varying (Local) coefficients >>
*****
```

Summary statistics for varying (Local) coefficients

Variable	Mean	STD
Intercept	16.997228	0.345966
Dist_CEN	0.000037	0.000049
ICV_CNAREA	3.483860	0.720088
Dist_TRNS	0.000025	0.000115
BAJO	-0.923502	0.244022
MEDIO	-0.470256	0.165536

Variable	Min	Max	Range
Intercept	16.304947	17.671844	1.366897
Dist_CEN	-0.000069	0.000115	0.000184
ICV_CNAREA	2.037175	5.012671	2.975497
Dist_TRNS	-0.000223	0.000208	0.000431
BAJO	-1.315835	-0.539416	0.776419
MEDIO	-0.989680	-0.244967	0.744713

Variable	Lwr Quartile	Median	Upr Quartile
Intercept	16.741370	17.028296	17.319839
Dist_CEN	-0.000003	0.000053	0.000075
ICV_CNAREA	2.940703	3.511546	4.079094
Dist_TRNS	-0.000057	0.000027	0.000133
BAJO	-1.150764	-0.951838	-0.650349
MEDIO	-0.511488	-0.454951	-0.346716

Variable	Interquartile R	Robust STD
Intercept	0.578468	0.428813
Dist_CEN	0.000077	0.000057
ICV_CNAREA	1.138390	0.843877
Dist_TRNS	0.000190	0.000141
BAJO	0.500416	0.370953
MEDIO	0.164772	0.122144

Fuente: Elaboración propia en GWR4