



Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión

ISSN: 0121-6805

ISSN: 1909-7719

Facultad de Ciencias Económicas Universidad Militar
Nueva Granada

Ospina Espinoza, Oscar Alonso; Martínez Montoya,
Diego Fernando; Agudelo Torres, Jorge Enrique
Influencia del crimen en los alquileres de las viviendas en Medellín entre 2009 y 2021*
Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y
Reflexión, vol. XXX, núm. 2, 2022, Julio-Diciembre, pp. 101-113
Facultad de Ciencias Económicas Universidad Militar Nueva Granada

DOI: <https://doi.org/10.18359/rfce.6245>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90975195007>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UDEM  redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto



Influencia del crimen en los alquileres de las viviendas en Medellín entre 2009 y 2021*

Oscar Alonso Ospina Espinoza^a ■ Diego Fernando Martínez Montoya^b
■ Jorge Enrique Agudelo Torres^c

Resumen: El influjo de los crímenes contra la vida y salud de las personas y contra sus activos en el arrendamiento de bienes inmuebles ha sido poco estudiado en Colombia, como resultado de la escasez de información sobre el sector inmobiliario y del poco interés de los investigadores. Por tal motivo, este análisis trata de establecer, en términos porcentuales, la incidencia del crimen en los alquileres de las viviendas en Medellín y mostrar su influencia negativa, no solo en términos de bienestar social, sino también en términos monetarios para los propietarios de los inmuebles. La metodología utilizada fue la de regresión ponderada geográficamente (GWR), la cual permite obtener mejores resultados que las metodologías tradicionales, además de que permite generar superficies de coeficientes, lo que no sucede con la metodología econométrica tradicional. El hallazgo más importante, resultado de este análisis, está relacionado con el hecho de que los delitos enunciados deterioran notoriamente el mercado de arrendamientos de la ciudad, al contraer los cánones que están dispuestos a pagar los futuros inquilinos.

Palabras clave: delitos contra la propiedad; delincuencia económica; delitos contra las personas; delitos contra el patrimonio social

Recibido: 03/05/2022 **Aceptado:** 10/10/2022

Disponible en línea: 17/02/2023

Cómo citar: Ospina-Espinoza, O. A., Martínez-Montoya, D. F., y Agudelo-Torres, J. E. (2022). Influencia del crimen en los alquileres de las viviendas en Medellín entre 2009 y 2021. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 30(2), 101-113. <https://doi.org/10.18359/rfce.6245>

* Uso opcional para explicar procedencia del artículo o tipología del artículo

- ^a Ingeniero de Sistemas de Información, especialista en Formulación y Evaluación de proyectos, Departamento de Finanzas, Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM. Medellín, Colombia. Correo electrónico: oscarospinaitm2014@gmail.com ORCID: 0000-0001-8356-0879
- ^b Ingeniero mecánico, especialista en Gerencia Financiera, Departamento de Finanzas, Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM. Medellín, Colombia. Correo electrónico: diegomartinez_2018@outlook.es ORCID: 0000-0001-6583-3167
- ^c Economista, Magíster en Economía, Institución Universitaria ESUMER. Correo electrónico: jorge.agudelo9@esumer.edu.co ORCID: 0000-0002-3280-072

Influence of crime on housing rents in Medellín between 2009 and 2021.

Abstract: The influence of crimes against people's life and health and their assets on real estate rentals has been little studied in Colombia, as a result of the scarcity of information on the real estate sector and the lack of interest of researchers. For this reason, this analysis attempts to establish in percentage terms the incidence of crime on housing rents in Medellín and to show its negative influence, not only in terms of social welfare but also in monetary terms for property owners. The methodology used was geographically weighted regression (GWR), which allows for obtaining better results than traditional methodologies, in addition to the fact that it allows the generation of coefficient surfaces, which is not the case with the traditional econometric methodology. The information used in the study was obtained from the Lonja de Propiedad Raíz de Medellín y Antioquia, while the data corresponding to crimes committed in the city was downloaded from the web page datosabiertos.gov.co. The most important finding resulting from this analysis is related to the fact that the crimes mentioned deteriorate notoriously the rental market in the city, by contracting the rents that future tenants are willing to pay.

Keywords: assaults; homicide; homicide; injuries; quarrel; property crime; economic crime; crimes against persons; crimes against social patrimony; economic crime.

Influência do crime no aluguel de residências em Medellín entre 2009 e 2021

Resumo: A influência dos crimes contra a vida e a saúde das pessoas e contra seus ativos no aluguel de imóveis tem sido pouco estudada na Colômbia, como resultado da escassez de informações sobre o setor imobiliário e da falta de interesse dos pesquisadores. Por essa razão, esta análise tenta estabelecer em termos percentuais a incidência do crime no aluguel de casas em Medellín e mostrar a influência negativa dela, não apenas em termos de bem-estar social, mas também em termos monetários para os proprietários de imóveis. A metodologia utilizada foi a regressão geograficamente ponderada (GWR, na sigla em inglês), que produz melhores resultados do que as metodologias tradicionais, além de permitir a geração de superfícies de coeficiente, o que não é possível com a metodologia econométrica tradicional. As informações utilizadas no estudo foram obtidas da Lonja de Propiedad Raíz de Medellín y Antioquia, enquanto os dados correspondentes aos crimes cometidos na cidade foram baixados do site datosabiertos.gov.co. A descoberta mais importante resultante dessa análise está relacionada ao fato de que os crimes acima mencionados deterioraram significativamente o mercado de arrendamento da cidade, reduzindo os valores que os futuros inquilinos estão dispostos a pagar.

Palavras-chave: agressões; homicídio; lesões; brigas; crimes contra a propriedade; crimes econômicos; crimes contra pessoas; crimes contra o patrimônio social; criminalidade econômica.

Introducción

Desde la primera mitad del siglo pasado, el análisis del mercado inmobiliario ha suscitado todo tipo de estudios relacionados con el sector, particularmente a partir de los desarrollos llevados a cabo por Beaty (1952), en los que se vinculó la rentabilidad de los inmuebles con los valores comerciales de los mismos. Dieciséis años después, Lancaster (1966), en su análisis denominado “Nueva aproximación a la teoría del consumidor”, propone estudiar los activos como un grupo de rasgos por los que un comprador está dispuesto a costear, toda vez que incrementan sus niveles de satisfacción. Gracias a este trabajo precursor otros investigadores, como Rosen (1974), lograron establecer todo tipo de expresiones matemáticas que vincularon el precio de todo tipo de activos con sus características, dando origen a algunos quinquenios, y después a los modelos hedónicos utilizados ampliamente en los estudios del sector inmobiliario actual.

Casi cuatro décadas después, este tipo de modelos sufrieron un cambio notable, como consecuencia de las características de los datos ubicados en el espacio, que implican la existencia de heterogeneidad y correlación espacial, como lo indicó Anselin (1988). Gracias a ello, los modelos de retardo y rezago espacial ganaron relevancia en el análisis econométrico y muy especialmente en el estudio del mercado inmobiliario.

Quince años más tarde, una nueva forma de tratar los datos espaciales surgió del trabajo de Fotheringham *et al.* (2002), quienes a partir de la técnica denominada regresión ponderada geográficamente (GWR), lograron resolver los problemas enunciados anteriormente por Anselin (1988), generando una especificación matemática para los datos empleados en el análisis que hizo uso de distintos tipos de distribuciones para darle un peso específico a cada una de las observaciones, haciendo la técnica ideal para tratar temas relacionados con bienes inmuebles, cuyas características principales son la correlación y la heterogeneidad espacial.

Uno de los primeros trabajos realizados en los que se vincula el precio de los activos con hechos delictivos fue escrito por Rizzo (1979), quien utilizó datos de crímenes recopilados por el Departamento

de Policía de Chicago, los cuales fueron cruzados con el censo de vivienda de 1970, a fin de especificar modelos matemáticos en donde se observó que los delitos contra la vida y la salud de las personas, al igual que delitos en contra de sus propiedades, afectaron negativamente el valor de las residencias del lugar, como lo demostraron los coeficientes negativos de los modelos calculados, aunque el autor reconoce que los efectos negativos fueron inferiores a los esperados.

Tres años después, Hellman *et al.* (1980) utilizaron los datos del censo de población realizado en Boston, junto con estadísticas de crímenes cometidos en la ciudad, para especificar un modelo econométrico en el que los valores de las viviendas se consideraron especificaciones lineales de conjuntos de datos asociados a estas, sus habitantes y los niveles de crimen de la zona. El resultado principal obtenido se refiere al propósito de reducir en un 5 % del nivel de criminalidad en la ciudad, lo que permitiría incrementar el valor de los inmuebles de la zona, de tal manera que el recaudo de impuestos se incrementase en más de cuatro veces.

A finales de la década, Burnell (1988) estudió la influencia del crimen y la composición étnica en los valores de las viviendas de 71 zonas sub-urbanas en la ciudad de Chicago, utilizando especificaciones matemáticas, en las cuales las características intrínsecas de los inmuebles, la composición étnica de los vecindarios y los factores asociados a los crímenes de la zona se consideraron variables explicativas del valor de las viviendas, obteniendo como primordial hallazgo que un incremento del 10 % en la población negra del vecindario y en el número de crímenes provocó contracciones del 0,4 % y del 0,3 % en el valor de los inmuebles, lo que eventualmente podría implicar exclusión y discriminación de las personas de piel negra.

De manera más reciente, durante la segunda década del presente siglo, la relación mercado inmobiliario-valor de las viviendas fue estudiada por Buonanno *et al.* (2013), quienes a partir de las ventas de apartamentos en Barcelona entre los años 2004 y 2006 establecieron modelos de precios hedónicos para estudiar cómo el gasto público, las tasas de inmigración y la percepción de inseguridad influyeron sobre el valor de los inmuebles,

encontrando que los valores de estos se contrajeron entre 7,38 % y 11,6 %, en la medida en que se incrementó la percepción de inseguridad en una unidad de desviación estándar. Tres años más tarde, Agudelo *et al.* (2016) encontraron que el incremento en los niveles de crimen en la Loma de los Bernal en Medellín afectó negativamente los alquileres de las casas y apartamentos del lugar, en la medida en que redujo notoriamente el interés de pagar la renta de las viviendas de la zona.

Ulteriormente, Martínez y Ospina (2017) mostraron cómo la presencia de pandillas tiende a contraer los valores de los alquileres de vivienda en Medellín, para lo cual especificaron modelos econométricos en los cuales los valores de los inmuebles fueron modelados a partir de sus características intrínsecas y de una variable indicativa de la existencia de pandillas en el barrio.

En los últimos cinco años, ha existido un incremento importante en los estudios que relacionan el valor de las viviendas con conductas criminales, tal es el caso de los análisis realizados en Szczecin, Alemania, por Forýs y Putek-Szelag (2017), quienes utilizaron 17 805 datos de ventas de vivienda y modelos econométricos para encontrar que las zonas con altos índices de delincuencia son aquellas que presentan viviendas con valores más bajos. Esto es algo similar a lo hallado por Carroll y Goodman (2016) en Milwaukee, Estados Unidos, quienes emplearon modelos de precios hedónicos para tratar 46 mil datos de ventas de vivienda, llegando a la conclusión de que zonas con altos niveles de morosidad en el pago de impuesto predial y de delincuencia presentan menores valores de negociación. De igual manera, un estudio realizado dos años después por Iqbal y Wilhelmsson (2018) en Estocolmo, Suecia, observó la relación existente entre los parques públicos y los valores de las viviendas circundantes, encontrando que los compradores están dispuestos a pagar un mayor valor por una vivienda ubicada cerca de un parque público, aunque los delitos ubicados en las inmediaciones de los mismos tienden a reducir notoriamente el valor pagado por los inmuebles.

Algunos estudios relacionados con el valor de los inmuebles y su cercanía a lugares no aptos para menores de edad fueron realizados por autores como Brooks *et al.* (2020) y Tyndall (2019), quienes estudiaron el impacto en los valores de las viviendas de su cercanía con locales de *strip-tease* y de venta de marihuana, respectivamente, encontrando en ambos casos contracciones en el valor de las viviendas como consecuencia de las actividades llevadas a cabo en los inmuebles y de crímenes cometidos en las inmediaciones de los locales. Un año después, De Graaff y Zietz (2020) analizaron la influencia del crimen en los valores de los inmuebles en Hamburgo, Alemania, utilizando en un primer caso un panel de datos y en el segundo un modelo de precios hedónicos, para estudiar este tipo de externalidades negativas, hallando en ambas pruebas evidencia de que altos niveles de crimen provocan bajos precios de las viviendas. Finalmente, Wilhelmsson *et al.* (2022) analizaron la influencia de los crímenes con armas de fuego en el valor de los inmuebles residenciales en Estocolmo, Suecia, utilizando 57 369 datos de ventas de inmuebles en la ciudad. El principal hallazgo radicó en que efectivamente los tiroteos exhiben una influencia negativa en los valores de los inmuebles, influencia que no desaparece antes de doscientos días, e incluso, el efecto es más pronunciado en la medida en que la vivienda se ubica en las inmediaciones del centro de Estocolmo.

En el mismo sentido, este estudio buscó analizar la influencia que tienen los delitos contra la vida y la salud de las personas, así como contra sus propiedades en los cánones de arrendamiento en Medellín, además de cuantificar la pérdida de valor en los alquileres fruto de estas externalidades. Este estudio se presenta interesante, debido a que, hasta donde sabemos, no se había analizado el impacto de este tipo de delitos en los alquileres de vivienda de la ciudad de Medellín. Luego de esta breve introducción al tema, procederemos a presentar la metodología utilizada en el análisis, describiremos la zona y los datos utilizados en el estudio, y por último mostraremos los resultados del estudio.

Metodología

La ciudad de Medellín, se encuentra entre las ciudades más grandes de Colombia, superada en tamaño solo por la capital Bogotá; según los datos más recientes obtenidos del censo nacional de 2018, la ciudad cuenta con 892 151 hogares que agrupan a 2 372 330 habitantes, lo que equivale al 5,4 % de la población del país. Medellín cuenta con una superficie de 380 km², se encuentra dividido en 5 corregimientos, ubicados en las zonas más alejadas de la ciudad, y 16 comunas; así mismo, limita con otros 11 municipios, aunque es difícil para un observador conocer los límites físicos de la ciudad, puesto que el valle en el que se ubica presenta una evidente conurbación espacial.

Físicamente, la ciudad está fraccionada en dos partes por el río Medellín, que fluye de sur a norte dividiendo la ciudad en zona occidental y oriental, lo que hizo que históricamente gran parte de la industria se ubicara en zonas planas en las inmediaciones del río y la vivienda en los lugares más alejados y pendientes en las zonas más alejadas del mismo, inicialmente en forma de viviendas unifamiliares, bifamiliares o trifamiliares, las cuales posteriormente, con el crecimiento de la población, se convirtieron en grandes multifamiliares. Al contrario de lo observado en grandes ciudades del continente, los habitantes con ingresos más altos se ubican al sur de la ciudad en comunas como El Poblado, mientras aquellos con menores ingresos se encuentran en la zona central y norte de Medellín en comunas como Buenos Aires, Villa Hermosa, San Javier, Doce de Octubre, Castilla, Popular, Aranjuez, Manrique y Santa Cruz.

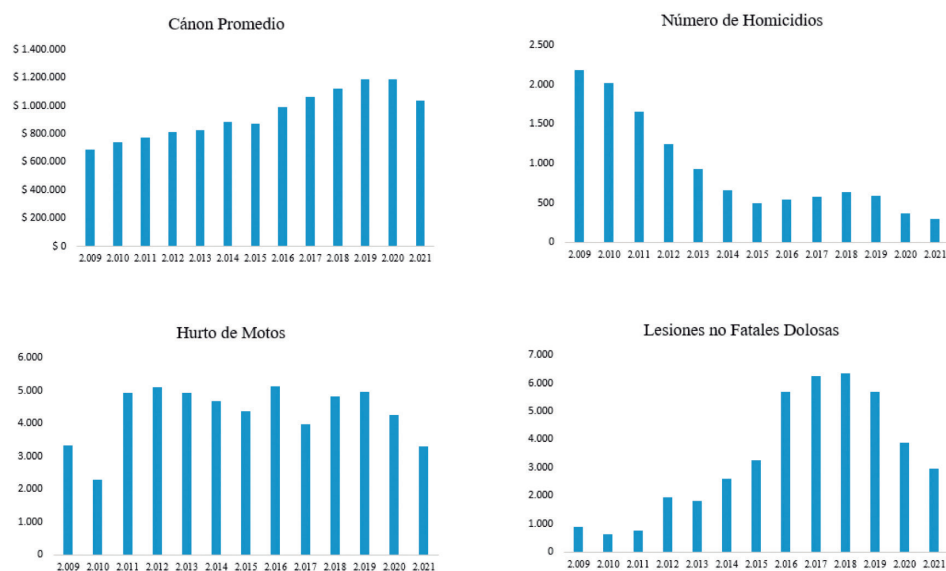
De manera similar a otras grandes ciudades, Medellín tiene una cantidad suficiente de colegios y universidades privadas y públicas, así como todo

tipo de zonas verdes y centros comerciales, con vías de buenas especificaciones como las calles Colombia, San Juan, Autopistas Norte y Sur, Avenida 33 o la avenida El Poblado, entre otras. Además, cuenta con un adecuado servicio de transporte masivo conformado por un conjunto de teleféricos adheridos al metro de la ciudad, que permiten reducir los tiempos de desplazamiento a lo largo de la urbe.

Desgraciadamente, el crecimiento de la ciudad trajo un incremento de los delitos contra la vida y la salud de las personas, así como en contra de sus propiedades, lo que desmejora la calidad de vida de la ciudad y lleva a evitar algunos barrios o zonas en los cuales la inseguridad es alta, de tal manera que el mercado inmobiliario residencial es afectado por este tipo de situaciones y, por consiguiente, los habitantes de la ciudad muestran menor interés en pagar por la renta de viviendas ubicadas en zonas afectadas por estas situaciones. En tal sentido, este trabajo busca presentar evidencia científica de que las viviendas afectadas por los delitos enunciados anteriormente presentan cánones de arrendamiento inferiores a aquellas que no son afectadas por este tipo de fenómenos.

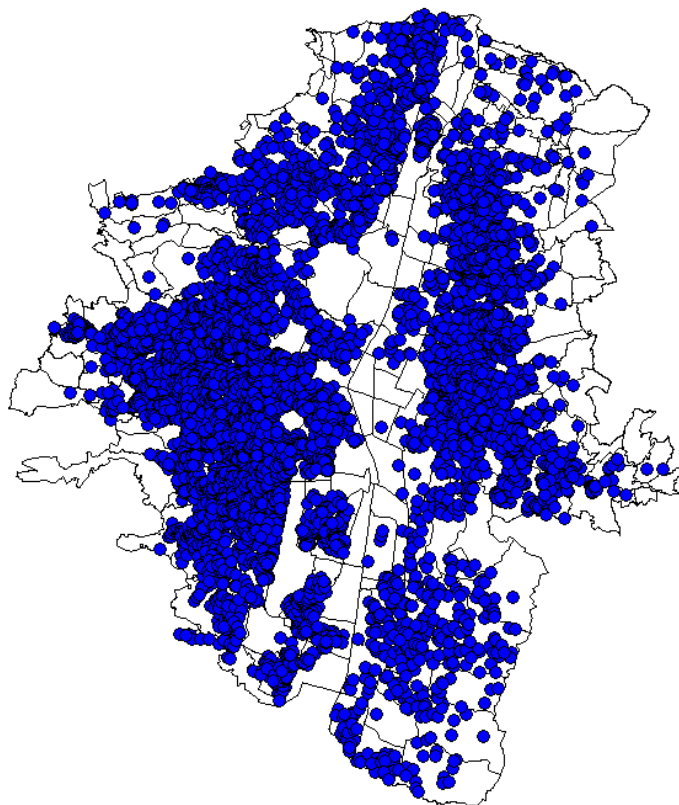
Con el fin de llevar a cabo este trabajo, se emplearon 35 187 reportes de alquiler de vivienda en la ciudad de Medellín entre 2009 y 2021. Esta información fue entregada por la Lonja de Propiedad Raíz de Medellín y Antioquia, teniendo en cuenta que los datos no fueron seleccionados aleatoriamente, sino que más bien corresponden a un conjunto de inmuebles alquilados durante el periodo de estudio en la zona especificada, datos que fueron recolectados por la institución directamente, puesto que en Colombia no existe obligación legal por parte de instituciones públicas o privadas de recolectar estos datos de manera sistemática.

Figura 1. Comportamiento anual de los cánones promedio y los crímenes



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Mapa de Medellín



Fuente: elaboración propia.

En las figuras 1 y 2 se exhiben las características de los datos utilizados en el análisis: en promedio los cánones de arrendamiento tuvieron un valor de \$894 399 durante el periodo de estudio, para inmuebles con áreas promedio de 80 m² y edades medias de 12 años.

De igual manera, los datos muestran máximos de 9 homicidios mensuales por barrio, 22 hurtos de motos por barrio y 121 lesiones no dolosas por barrio en Medellín.

En la figura 2 se registra el mapa de Medellín con cada uno de sus barrios; los puntos azules corresponden a cada una de las 35 187 viviendas en arriendo durante el periodo de estudio.

En la tabla 2 se observan los barrios con mayores y menores tasas de criminalidad durante el periodo estudiado.

En la tabla 3 se resumen los valores promedio de las variables empleadas en el estudio, con el fin de que puedan cotejarse con los resultados del próximo apartado del estudio.

Tabla 1. Descripción de los datos empleados

Variable	Promedio	Mínimo	Máximo
Canon	\$894 399	\$85 000	\$6 000 000
LogCanon	5,898	4,929	6,778
Edad	12	1	50
Construcción	80	22	663
Parqueadero	N. A.	0	1
Cuarto útil	N. A.	0	1
Homicidio	0,256	0	9
Hurto moto	1,480	0	22
Lesión no fatal dolosa	0,677	0	121
Estación metro	N. A.	0	1
Centro comercial	N. A.	0	1
Espacio público (m ²)	32 994	0	1 039 891
Fecha	74	1	159

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Barrios con mayor y menor criminalidad

Barrio	Castilla	La Candelaria	Castilla	Altos del Poblado	El Tesoro
Año	2010	2010	2011	2020	2019
Mes	Mayo	Diciembre	Junio	Marzo	Octubre
Canon	\$330 000	\$373 333	\$386 000	\$1 893 667	\$4 025 000
LogCanon	5,52	5,57	5,59	6,28	6,60
Edad	18	17	18	4	7
Construcción	75	49	72	82	169
Parqueadero	0	0	0	0	1
Cuarto útil	0	0	0	0	1
Homicidio	9	7	7	0	0
Hurto moto	2	6	3	0	0
Lesión no fatal dolosa	0	0	1	0	0
Estación metro	0	1	0	0	0
Centro comercial	0	1	0	0	0
Espacio público (m ²)	39 277	30 587	39 277	42 335	73 522
Fecha	26	33	39	144	139

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Valores por comuna - barrio

Comuna	Canon	Edad	Construcción	Parqueadero	Cuarto útil	Homicidio	Hurto moto	Lesión no fatal dolosa	Estación metro	Centro comercial	Espacio público (m2)	Fecha
Comuna 1 – Popular	\$290 046	16	69	0	0	0	1	1	0	0	13 465	61
Comuna 2 – Santa Cruz	\$432 476	18	74	0	0	0	0	0	0	0	6537	60
Comuna 3 – Manrique	\$453 757	18	91	0	0	0	2	1	0	0	8991	68
Comuna 4 – Aranjuez	\$498 892	17	89	0	0	0	2	1	0	0	8574	65
Comuna 5 – Castilla	\$524 715	18	76	0	0	0	2	1	0	0	57 652	69
Comuna 6 – Doce de Octubre	\$434 135	11	67	0	0	1	2	1	0	0	202 074	74
Comuna 7 – Robledo	\$687 816	12	70	0	0	0	1	0	0	0	58 075	76
Comuna 8 – Villa Hermosa	\$580 671	15	80	0	0	0	3	1	0	0	22 266	74
Comuna 9 – Buenos Aires	\$685 815	12	70	0	0	0	1	0	0	0	46 794	72
Comuna 10 – La Candelaria	\$648 651	10	63	0	0	1	5	2	0	0	47 737	69
Comuna 11 – Laureles – Estadio	\$1 061 957	13	92	0	0	0	1	1	0	0	20 393	72
Comuna 12 – La América	\$809 649	13	77	0	0	0	1	1	0	0	22 702	75
Comuna 13 – San Javier	\$637 737	11	67	0	0	0	1	1	0	0	24 342	84
Comuna 14 – El Poblado	\$1 628 274	8	98	0	0	0	0	0	0	0	25 197	75
Comuna 15 – Guayabal	\$735 852	18	91	0	0	0	2	1	0	0	26 948	73
Comuna 16 – Belén	\$881 699	12	79	0	0	0	1	1	0	0	34 631	74

Fuente: elaboración propia.

Ahora, para desarrollar los modelos de precios hedónicos se utilizaron las variables listadas a continuación:

- *LogCanon*: Corresponde al logaritmo de la renta de la vivienda.
- *Edad*: Indica los años de construido que tiene un inmueble.
- *Construcción*: Son los metros cuadrados construidos del inmueble.
- *Parqueadero*: Expresa la presencia o no de un parqueadero.
- *Cuarto útil*: Expresa la presencia o no de un cuarto útil.
- *Homicidio*: Indica la cantidad de homicidios mensuales por barrio en el que se encuentra ubicado el inmueble.
- *Hurto moto*: Indica la cantidad de hurtos de moto mensuales por barrio en el que se encuentra ubicado el inmueble.
- *Lesión no fatal dolosa*: Indica la cantidad de lesiones no fatales dolosas mensuales por barrio en el que se encuentra ubicado el inmueble.

- *Estación del metro*: Es una variable dicotómica que expresa la existencia o no de una estación del metro en el barrio en que se ubica la vivienda.
- *Centro comercial*: Es una variable que indica la cantidad de centros comerciales que existen en el barrio en que se encuentra la vivienda.
- *Espacio público en m²*: Expresa la cantidad de metros cuadrados dedicados al espacio público en el barrio en que se encuentra la vivienda.
- *Fecha*: Esta variable muestra en qué mes se vendió la vivienda. Toma el valor de 1, si fue comercializada en enero de 2009, 2, si fue arrendada en febrero de 2009, y así sucesivamente, hasta llegar a junio de 2021.

Es importante indicar que los niveles de criminalidad empleados se especificaron en valores absolutos y no en tasas por número de habitante, por lo que los resultados pueden no ser comparables con los observados en la literatura. Con los datos obtenidos, se ejecutaron las ecuaciones basadas en GWR, que desarrollan modelos econométricos empleando el método de mínimos cuadrados y dan una ponderación a cada dato utilizado, empleando la distribución normal y tomando como referencia su ubicación basada en su longitud y latitud, como se define en el siguiente apartado.

Los modelos de mínimos cuadrados ordinarios (OLS) son representados en forma matricial:

$$y = X\beta + U$$

De tal manera que el estimador de los parámetros del modelo se define como:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

Por lo tanto, al incluir en el modelo tradicional las coordenadas de ubicación, este se convierte en:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) X_{ik} + \varepsilon_i$$

De tal forma que las coordenadas geográficas (u_i, v_i) son introducidas directamente en cada uno de los coeficientes, de esta manera:

$$\beta(u_i, v_i) = [\beta_0(u_i, v_i), \beta_1(u_i, v_i), \dots, \beta_k(u_i, v_i)]^T$$

Sin embargo, como indica Coro-Chasco (2004), los modelos con datos espaciales presentan problemas asociados a heteroscedasticidad espacial. Por este motivo, se tiene presente la matriz de pesos espaciales W en el modelo:

$$\sum_U E[UU^T] = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_2^2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sigma_n^2 \end{bmatrix} = \sigma^2 W^{-1},$$

con $W^{-1}I$

En general, en este tipo de matrices se emplea el concepto de *vecindad matemática* como una aproximación a la proximidad física de los datos, de manera que la matriz W se concibe como una matriz de contigüidad espacial, que es el origen de los antiguos modelos de retardo espacial y de error espacial.

De modo que, aplicando la matriz W a las ecuaciones, se obtiene:

$$\sum_{TU} = T\sigma^2 W^{-1}T^T$$

$$\sum_{TU} = \sigma^2 TW^{-1}T^T$$

Lo que, incorporado al modelo lineal obtenido inicialmente, permite obtener el estimador de parámetros beta:

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = (X^T W(u_i, v_i) X)^{-1} X^T W(u_i, v_i) Y$$

En donde $W(u_i, v_i)$ es la matriz de pesos espaciales de dimensión ($n \times n$) para cada una de las coordenadas, obtenidas a partir de la distribución normal, que asigna pesos proporcionales a cada observación dependiendo de su ubicación en el espacio:

$$W_{ij} = \begin{cases} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{b}\right)^2\right] & \text{si } d_{ij} < b \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Con distancias euclidianas representadas por d_{ij} y en donde el parámetro b se obtiene empleando el criterio de validación cruzada:

$$CV = \min_b \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_i(b)]^2$$

Con esta forma es posible obtener múltiples modelos de regresión, uno para cada dato y , por tanto, pueden generarse teóricamente superficies de coeficientes.

Resultados

Utilizando los 35 187 reportes de vivienda en arriendo, se desarrollaron los modelos de GWR, de los cuales se obtuvo un modelo econométrico general con los parámetros que se registran en la tabla 4.

La ecuación global especificada muestra resultados acordes a lo esperado: en promedio, cada

metro cuadrado construido incrementa en 0,264 % el alquiler del inmueble, mientras el parqueadero y el cuarto útil hacen lo propio en 5,57 % y 8,18 %. Por otra parte, por cada año adicional de vetustez del inmueble el canon de arrendamiento se reduce en 0,64 %. Con respecto a las variables que representan los crímenes que impactan los alquileres, los modelos muestran reducciones promedio del 2,83 %, 1,05 % y 0,526 % para los homicidios, hurto de motos y lesiones dolosas no fatales durante el periodo de análisis, respectivamente, mostrando cómo este tipo de crímenes reduce el interés de pagar la renta de los futuros arrendatarios para las viviendas situadas en barrios con este tipo de problemas de seguridad. En conjunto, estas dificultades reducen en promedio un 4,42 % los cánones de arrendamiento en la ciudad, exhibiéndolos como externalidades negativas en el mercado de arrendamiento de vivienda.

Tabla 4. *Parámetros del modelo OLS*

Parámetro	Estimado	Error estándar	T
Intercepto	5,639953	0,002763	2041,540771
Edad	-0,006400	0,000100	-64,313972
Construcción	0,002647	0,000020	132,287659
Parqueadero	0,055731	0,004413	12,630178
Cuarto útil	0,081855	0,003371	24,285252
Homicidio	-0,028381	0,001277	-22,229570
Hurto motos	-0,010508	0,000361	-29,140253
Lesión dolosa no fatal	-0,005266	0,000515	-10,232088
Estación metro	0,005396	0,002624	2,056470
Centro comercial	0,058013	0,002737	21,194275
Espacio público (m2)	0,0000003	0,0000000	16,602211
Fecha	0,001936	0,000023	85,616783

Fuente: elaboración propia.

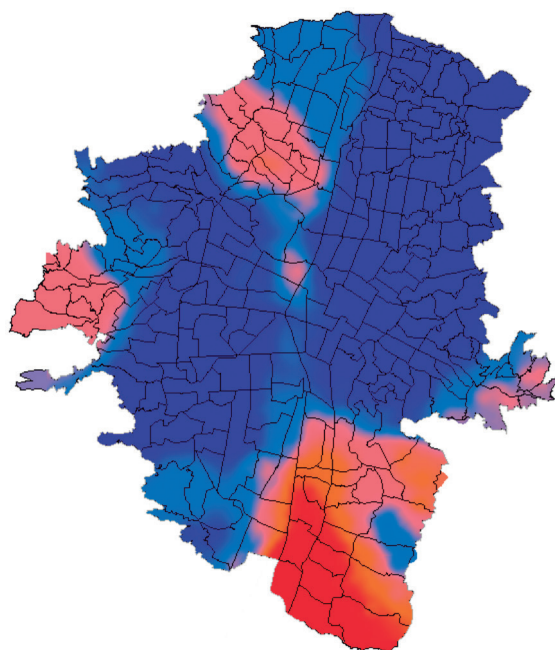
Desafortunadamente, los modelos tradicionales solo permiten captar valores promedio de las variables analizadas, mientras que predicen de manera deficiente los valores extremos, como se deduce del coeficiente de determinación obtenido, que muestra un nivel de ajuste del 49,14 %,

mientras los modelos de GWR alcanzan niveles de ajuste mucho más altos. De hecho, el 98 % de las ecuaciones provenientes de estos modelos tienen niveles de ajuste superiores al 95 %.

Específicamente, en la figura 3 se presentan los coeficientes de la variable “Homicidio” para cada

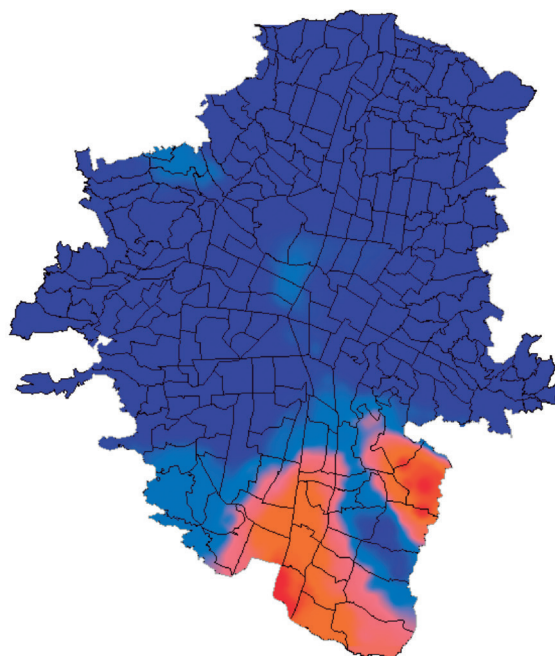
una de las 35 187 ecuaciones especificadas. El color rojo intenso muestra la mayor incidencia sobre los cánones de arrendamiento del delito, mientras el color azul oscuro muestra la menor influencia del crimen en el valor de los alquileres. Los resultados evidencian una fuerte influencia de este tipo de delito en la comuna El Poblado, que es aquella en la cual habitan las personas de mayor capacidad adquisitiva, al sur de Medellín, y de la cual hacen parte los barrios San Lucas, El Diamante, Santa María de Los Ángeles, El Castillo, La Aguacatala y Patio Bonito, con reducciones en los cánones de arrendamiento que oscilan entre 5,29 % y 6,62 %, mientras que en barrios como Los Balsos No. 1, Los Naranjos, Alejandría y El Tesoro, las afectaciones en el valor de los alquileres se ubican entre 3,9 % y 5,3 %.

Figura 3. *Coeficiente variable "Homicidio"*



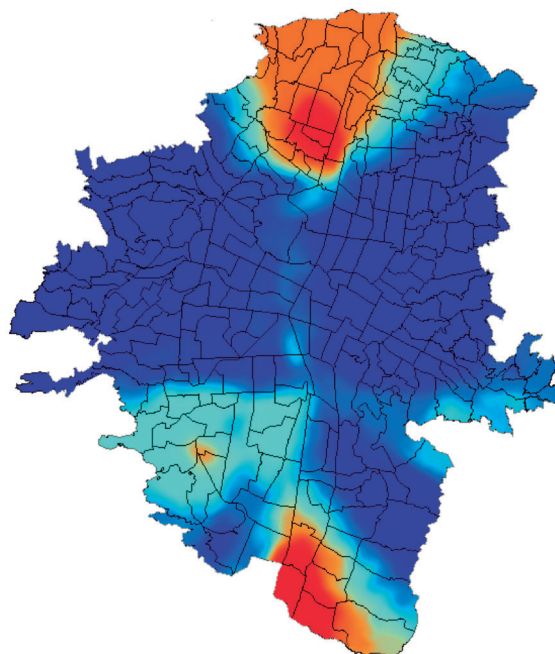
Fuente: elaboración propia.

Figura 4. *Coeficiente variable "Hurto de moto"*



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. *Coeficiente variable "Lesión no fatal dolosa"*



Fuente: elaboración propia.

De la misma manera, en otras zonas de la ciudad menos favorecidas, pero con niveles más elevados de criminalidad, las afectaciones son también importantes, como es el caso de los barrios Eduardo Santos, El Salado, Nuevos Conquistadores, El Corazón, Las Independencias y Veinte de Julio en la comuna 13, así como en gran parte de la comuna 7 (Robledo) los cánones se reducen en promedio entre un 2,6 % y un 3,97 %, representados en color rosado en el plano. En todas estas zonas, las reducciones en los cánones son superiores al promedio de 2,83 %.

En la figura 4 se observa la incidencia sobre los alquileres de la vivienda de los hurtos de motos en Medellín. Al igual que en el caso anterior, el color rojo intenso muestra las mayores afectaciones, mientras el azul oscuro las menores influencias sobre los cánones de arrendamiento. Así mismo, en el caso de los homicidios, la figura 4 muestra una influencia importante del hurto de motos sobre los cánones de arrendamiento en la comuna El Poblado, particularmente en los barrios Santa María de los Ángeles y Altos del Poblado, en donde las reducciones en los alquileres oscilan entre 3,1 % y 3,9 %, mientras en barrios como El Diamante, El Castillo, La Aguacatala, Patio Bonito y Astorga, las disminuciones se ubican entre 2,4 % y 3,1 %.

Se resalta también una franja en la cual los reajustes a la baja de los cánones se encuentran entre 1,6 % y 2,3 %, señalada con color azul claro. Mientras, en el resto de la ciudad impera el azul oscuro, que denota reducciones en los alquileres inferiores al 0,7 % por cuenta de este delito. En promedio, en Medellín los cánones se reducen en un 1,05 % por cada hurto de motos en el barrio donde se ubica la vivienda.

La incidencia de las lesiones no fatales dolosas, sobre los alquileres de vivienda en Medellín se registra en la figura 5, con reducciones de entre el 1,7 % y el 2,2 % en barrios como El Diamante, Santa María de Los Ángeles, El Castillo y La Aguacatala en la comuna El Poblado, y en Córdoba, Altamira y López de Mesa en la comuna Robledo. Mientras que en las comunas Castilla, Doce de Octubre y el resto de la comuna Robledo, las reducciones en los cánones de arrendamiento fluctúan entre el 1,3 % y el 1,7 %, en toda la ciudad, las disminuciones de los

cánones de arrendamiento son del orden de 0,52 % en promedio.

Conclusiones

En el desarrollo de este estudio se utilizaron modelos de precios hedónicos para analizar las afectaciones que sufren los alquileres residenciales urbanos en la ciudad de Medellín, como consecuencia de los homicidios, el hurto de motos y las lesiones no fatales dolosas, delitos que se consideran externalidades negativas que perturban la sociedad y la economía de los propietarios de los inmuebles.

Específicamente, este trabajo muestra que este tipo de crímenes conjuntamente contraen las rentas de las viviendas en un promedio de 4,42 %, e individualmente generan reducciones promedio del 2,83 %, 1,05 % y 0,526 %, respectivamente, durante el periodo de análisis; sin embargo, los modelos particulares desarrollados para cada uno de los datos muestran que la influencia negativa de este tipo de crímenes puede ser incluso superior a la media observada, y de acuerdo a lo determinado en el estudio, tiende a afectar más negativamente las zonas donde se ubican las familias más adineradas de la ciudad y a algunas de las zonas más deprimidas, como la comuna 13 o las comunas Robledo, Castilla o Doce de Octubre.

Próximos análisis estarán dedicados a aplicar metodologías que ayuden a modelar el impacto de delitos como la extorsión en inmuebles comerciales, y a aplicar metodologías que permitan conocer cómo afectan estos hechos puntuales de inseguridad la comercialización de los inmuebles nuevos en Medellín.

Referencias

- Agudelo Torres, G. A., Franco Arbeláez, L. C., Franco Ceballos, L. E., y Agudelo Torres, J. E. (2016). Impacto del barrio vecino en los cánones de arrendamiento mediante precios hedónicos y econometría espacial. *Revista Espacios*, 37(30), 22. <http://www.revistaespacios.com/a16v37n30/16373023.html>
- Anselin, L. (1988). *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Kluwer Academic Publishers.
- Beaty, J. (1952). Rental real estate often a good investment. *Journal of Medical Economics*, 5(6), 93-94.

- Brooks, T. J., Humphreys, B. R., y Nowak, A. (2020). Strip Clubs, “Secondary Effects” and Residential Property Prices. *Real Estate Economics*, 48(3), 850-885. <http://dx.doi.org/10.1111/1540-6229.12236>
- Buonanno, P., Montolio, D., y Raya-Vílchez, P. (2013). Housing prices and crime perception. *Empirical Economics*, 45(1), 305-321. <https://doi.org/10.1007/s00181-012-0624-y>
- Burnell, J. (1988). Crime and racial composition in contiguous communities as negative externalities: Prejudiced Household's Evaluation of Crime Rate and Segregation Nearby Reduces Housing Values and Tax Revenues. *American Journal of Economics and Sociology*, 47, 177-193. <https://doi.org/10.1111/j.1536-7150.1988.tb02025.x>
- Carroll, D. A., y Goodman, C. B. (2016). Assessing the Influence of Property Tax Delinquency and Foreclosures on Residential Property Sales. *Urban Affairs Review*, 53(5), 898-923. <https://doi.org/10.1177/1078087416678339>
- Coro-Chasco, M. (2004). Econometría espacial aplicada a la predicción-extrapolación de datos microterritoriales. *Estudios de Economía Aplicada*, 22(3), 1-6. <http://www.revista-eea.net/documentos/22326.pdf>
- De Graaff, J., y Zietz, J. (2020). The Impact of Crime on Apartment Prices in Hamburg, Germany. *Journal of European Real Estate Research*, 15(1), 58-87. <https://doi.org/10.1108/jerer-11-2019-0047>
- Foryś, I., y Putek-Szeląg, E. (2017). The impact of crime on residential property value – On the example of Szczecin. *Real Estate Management and Valuation*, 25(3), 51-61. <https://doi.org/10.1515/remav-2017-0022>
- Fotheringham, A., Brunsdon, C., y Charlton, M. (2002). *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationship*. John Wiley and Sons.
- Iqbal, A., y Wilhelmsson, M. (2018). Park proximity, crime and apartment prices. *International Journal of Housing Markets and Analysis*, 11(4), 669-686. <https://doi.org/10.1108/IJHMA-04-2017-0035>
- Lancaster, K. (1966). A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy*, 74(2), 132-157. <https://doi.org/10.1086/259131>
- Hellman, D., Naroff, J., y Skinner, D. (1980). The Boston experience: estimates of the impact of crime on property values. *Growth and Change*, 11, 24-30.
- Martínez Montoya, D. F., y Ospina Espinoza, O. A. (2017). Incidencia de las pandillas en los cánones de arrendamiento de vivienda en Medellín durante 2015. *Revista Espacios*, 39(13), 15. <https://es.revistaespacios.com/a18v39n13/18391315.html>
- Ospina Espinoza, O. A., Martínez Montoya, D. F., y Agudelo Torres, J. E. (2020). Incidencia del delito en los cánones de arrendamiento en la Loma de Los Bernal, Medellín - 2017. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 12(2). <https://doi.org/10.22335/rlct.v12i2.1165>
- Rizzo, M. (1979). The effect of crime on residential rents and property values. *The American Economist*, 23(1), 16-21. <https://doi.org/10.1177/056943457902300103>
- Rosen, S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: product differentiation and pure competition. *Journal of Political Economy*, 82, 34-55. <https://doi.org/10.1086/260169>
- Tyndall, J. (2019). Getting High and Low Prices: Marijuana Dispensaries and Home Values. *Real Estate Economics*, 49(4), 1093-1119. <https://doi.org/10.1111/1540-6229.12302>
- Wilhelmsson, M., Ceccato, V., y Gerell, M. (2022). What effect does gun-related violence have on the attractiveness of a residential area?: The case of Stockholm, Sweden. *Journal of European Real Estate Research*, 15(1), 39-57. <https://doi.org/10.1108/JERER-03-2021-0015>

