

# Influencia de la venta de drogas en los cánones de arrendamiento de vivienda en Medellín en 2015: Una aplicación de regresión geográficamente ponderada en el contexto de precios hedónicos

## Influence of drug sales on housing lease rates in Medellin in 2015: A geographically weighted regression application in the context of hedonic prices

Jorge Enrique AGUDELO Torres [1](#); Diego Fernando MARTÍNEZ Montoya [2](#); Oscar Alonso OSPINA Espinoza [3](#); James Alberto ARBOLEDA Cardona [4](#)

Recibido: 24/02/2017 • Aprobado: 30/03/2017

### Contenido

- [1. Introducción](#)
  - [2. Metodología](#)
  - [3. Caso de estudio](#)
  - [4. Resultados](#)
  - [5. Conclusiones](#)
- [Referencias](#)

#### RESUMEN:

Durante décadas, el estudio del sector inmobiliario en el mundo ha atraído la atención de los investigadores, propiciando una gran cantidad de artículos al respecto, sin embargo, en Colombia es poco frecuente observarlos por la poca información que existe al respecto. En este artículo se utiliza la regresión geográficamente ponderada para estudiar la influencia de la venta de drogas en los cánones de arrendamiento de la vivienda. El principal hallazgo del estudio radica en que la venta de drogas en los barrios de Medellín tiende a reducir los cánones de arrendamiento toda vez que vuelven menos apetecibles las viviendas ubicadas en barrios con este tipo de problemas.

#### ABSTRACT:

For decades, the study of the real estate sector in the world has attracted the attention of the investigators, propitiando a great amount of articles in this respect, nevertheless, in Colombia is rare to observe them by the little information that exists in the respect. In this article, the geographically weighted regression is used to study the influence of the sale of drugs on housing lease rates. The main finding of the study is that the sale of drugs in the neighborhoods of Medellín tends to reduce leasing fees since it makes less attractive homes located in neighborhoods with such problems.  
**Key words:** Real state, GWR, Geographically Weighted Poisson Regression, Hedonic prices.

## 1. Introducción

Desde mediados de la década pasada, los trabajos pioneros de Dewey y Deturo (1950) y Beaty (1952) abrieron un amplio camino al análisis del mercado inmobiliario en el mundo, que fue refinado posteriormente gracias a la publicación a mediados de los sesenta de la "Nueva aproximación a la teoría del consumidor" de Lancaster (1966) y del trabajo pionero de Rosen (1974) en el que se comenzaron a asociar las características de los bienes con sus precios, lo que impulsó de manera importante el análisis del mercado inmobiliario, toda vez que los precios de los inmuebles comenzaron a explicarse en términos de sus características.

Algunas décadas más tarde, algunos autores como Can (1992), Basu y Thibodeau (1998) y Sheppard (1999) decidieron agrupar las características de los inmuebles para evitar sesgos de especificación derivados de la omisión de variables relevantes en las especificaciones econométricas. Sin embargo, el continuo empleo de la econometría tradicional para analizar datos espaciales, permitió a Anselin (1998) reconocer la existencia de dificultades asociadas a la heterogeneidad espacial y a la asociación espacial de los datos.

Algunos años más tarde Fotheringham, Brundson y Charlton (2002) desarrollaron la técnica de regresión geográficamente ponderada, que permite el desarrollo de una ecuación para cada dato, de forma tal, que cada una de las variables explicativas cuenta con un parámetro cuyo valor cambia dependiendo de su ubicación en el espacio. Es así como se minimizan los problemas de asociación espacial y heterogeneidad espacial de los datos, enunciados por Anselin (1998). Es así como gracias a esta técnica es posible obtener diferentes estimaciones de parámetros como el valor del lote o la construcción para una vivienda en distintas zonas de la ciudad, mientras que con la econometría tradicional sólo puede obtenerse un valor promedio para estos parámetros.

Los trabajos pioneros empleando la técnica GWR comenzaron a desarrollarse a principios de este siglo por autores como Yu (2004) quien analizó en Milwaukee el precio de las viviendas, y gracias a la técnica GWR encontró que mientras algunas viviendas reducen su valor con la edad, otras lo incrementan debido a que tienen un alto contenido histórico, lo que no habría podido detectarse empleando un modelo econométrico tradicional. Tres años más tarde, Bitter, Mulligan y Dall'Erba (2007) estudiaron los precios de las viviendas en Tucson, Arizona y lo compararon con los resultados obtenidos con un modelo econométrico tradicional, encontrando que GWR presenta un mayor poder predictivo frente a los modelos tradicionales. Cuatro años más adelante Lu, Charlton y Fotheringham (2011) analizaron los precios de la vivienda en Londres, realizando distintas estimaciones para distancias euclidianas y no euclidianas.

En Colombia, el uso de la técnica GWR en el mercado inmobiliario ha sido particularmente escaso, toda vez que la recolección de datos es difícil, dadas las condiciones de seguridad del país, lo que induce a los individuos a ocultar información que pueda revelar pistas sobre sus niveles de riqueza.

En este trabajo se emplea la técnica de regresiones geográficamente ponderadas, para encontrar evidencia de que la existencia de pandillas en los barrios de Medellín, afecta negativamente los cánones de arrendamiento pagados por los inquilinos, constituyéndose en una externalidad negativa para las viviendas.

A continuación, en este artículo se presenta la metodología de GWR, luego se desarrolla el caso de estudio y se exponen los datos utilizados, para finalmente presentar los resultados, su interpretación y conclusiones.

## 2. Metodología

En los modelos econométricos tradicionales se considera una regresión de la forma:

$$y_i = \beta_0 + \sum_k \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i$$

O en términos de matrices:

$$y = X\beta + U$$

Donde:

$y$ : Vector de dimensión de  $n$  observaciones de la variable endógena.

$X$ : Matriz de dimensión, donde  $k-1$  es la cantidad de variables exógenas del modelo.

$b$ : Vector de dimensión de parámetros de las variables exógenas.

$U$ : Vector de dimensión de perturbaciones aleatorias ruido blanco.

Empleando el método de mínimos cuadrados ordinarios o el método de máxima verosimilitud es posible obtener un estimador adecuado del vector de parámetros  $\beta$ :

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

Para variables que presentan el problema de dependencia espacial se utilizan otro tipo de modelos denominados modelos econométricos espaciales, entre los que se encuentran aquellos obtenidos a través de regresiones geográficamente ponderadas, que permiten estimar modelos locales para cada una de las observaciones:

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

Donde  $(u_i, v_i)$  son las coordenadas que describen la ubicación geográfica de cada observación.

Empleando métodos de estimación como el método de máxima verosimilitud (MV) o el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) es posible estimar el vector de parámetros:

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

Como se indica a continuación.

En el modelo lineal general  $Y = X\beta + U$ , multiplicando previamente por una matriz de ponderaciones  $T$  no singular, se obtiene que:

$$TY = TX\beta + TU$$

En donde la matriz de varianzas y covarianzas de  $TU$  es:

$$\sum_{TU} = E[(TU - E(TU))(TU - E(TU))]^T$$

Y como:

$$E(TU) = TE(U) = 0, \text{ Se tiene que:}$$

$$\sum_{TU} = E[TU(TU)^T]$$

$$\sum_{TU} = E[TUU^T T^T]$$

$$\sum_{TU} = TE[UU^T]T^T$$

En aquellos modelos donde se emplean datos con dependencia espacial se introduce naturalmente la heterocedasticidad (Chasco, 2003). Por tanto, asumiendo que este fenómeno se encuentra presente, se tiene:

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

Y entonces,

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

De donde se deduce que para que no exista heteroscedasticidad en el modelo es necesario que:

$$TW^{-1}T^T$$

Despejando la matriz W, se obtiene:

$$W = T^T T$$

Ahora, como el modelo lineal general considerado es  $TY = T\beta + TU$ , el estimador de  $\beta$  es:

$$\hat{\beta} = ((TX)^T TX)^{-1} (TX)^T (TY)$$

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

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

Por tanto, el estimador para el vector de parámetros  $\beta(u_i, v_i)$  es:

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

En donde  $W(u_i, v_i)$  es la matriz de pesos espaciales de dimensión  $(n \times n)$  de la observación correspondiente a las coordenadas  $(u_i, v_i)$ . Las componentes  $W_{i,j}$  de dicha matriz se obtienen a partir de una función kernel, que en este caso es la función gaussiana, que asigna una mayor ponderación a las observaciones más cercanas:

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

En donde  $d_{ij}$  es la distancia euclidiana entre el punto con coordenadas  $(u_i, v_i)$  y el punto de coordenadas  $(u_j, v_j)$ . El parámetro  $b$  se calcula a partir del criterio de validación cruzada:

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

---

### 3. Caso de estudio

### **3.1. Contexto**

Medellín, es la segunda ciudad más poblada de Colombia y se encuentra ubicada en el centro occidente del mismo. Según datos de la alcaldía de la ciudad para 2015 contaba con 808.135 viviendas, de las cuales el 46.6% se ubican en las zonas más pobres de la ciudad, el 40.7% en los estratos medios y el restante porcentaje en los estratos altos. Los datos más recientes indican que en la ciudad habitan 809.833 hogares, de los cuales el 35% habitan una vivienda en arriendo o subarriendo.

La estructura urbana de la ciudad es bastante heterogénea conformada principalmente por viviendas unifamiliares, bifamiliares y trifamiliares particularmente en los estratos más bajos, mientras que en los estratos medios y altos predominan hoy las viviendas multifamiliares. El municipio limita al norte con el municipio de Bello, al sur con los municipios de Envigado e Itagüí, al occidente con San Jerónimo, Ebéjico, Heliconia, Angelópolis y La Estrella, mientras al oriente limita con Copacabana, Guarne y Rionegro.

Medellín cuenta dentro de su entorno con la autopista Norte y Sur que atraviesa la ciudad de norte a sur y permite una buena movilidad, mientras que la ciudad es atravesada de occidente oriente por las calles 33, 44 y 50 principalmente lo que ayuda a que el tráfico fluya de buena manera. La ciudad cuenta con una buena dotación de servicios, entre los cuales se incluyen colegios privados y públicos, universidades, zonas verdes, zonas deportivas y comerciales, lo que favorece la compra y el alquiler de vivienda, de manera que Medellín es una de las ciudades en las que más rápidamente se vende y alquila una vivienda en el departamento en que se ubica la ciudad.

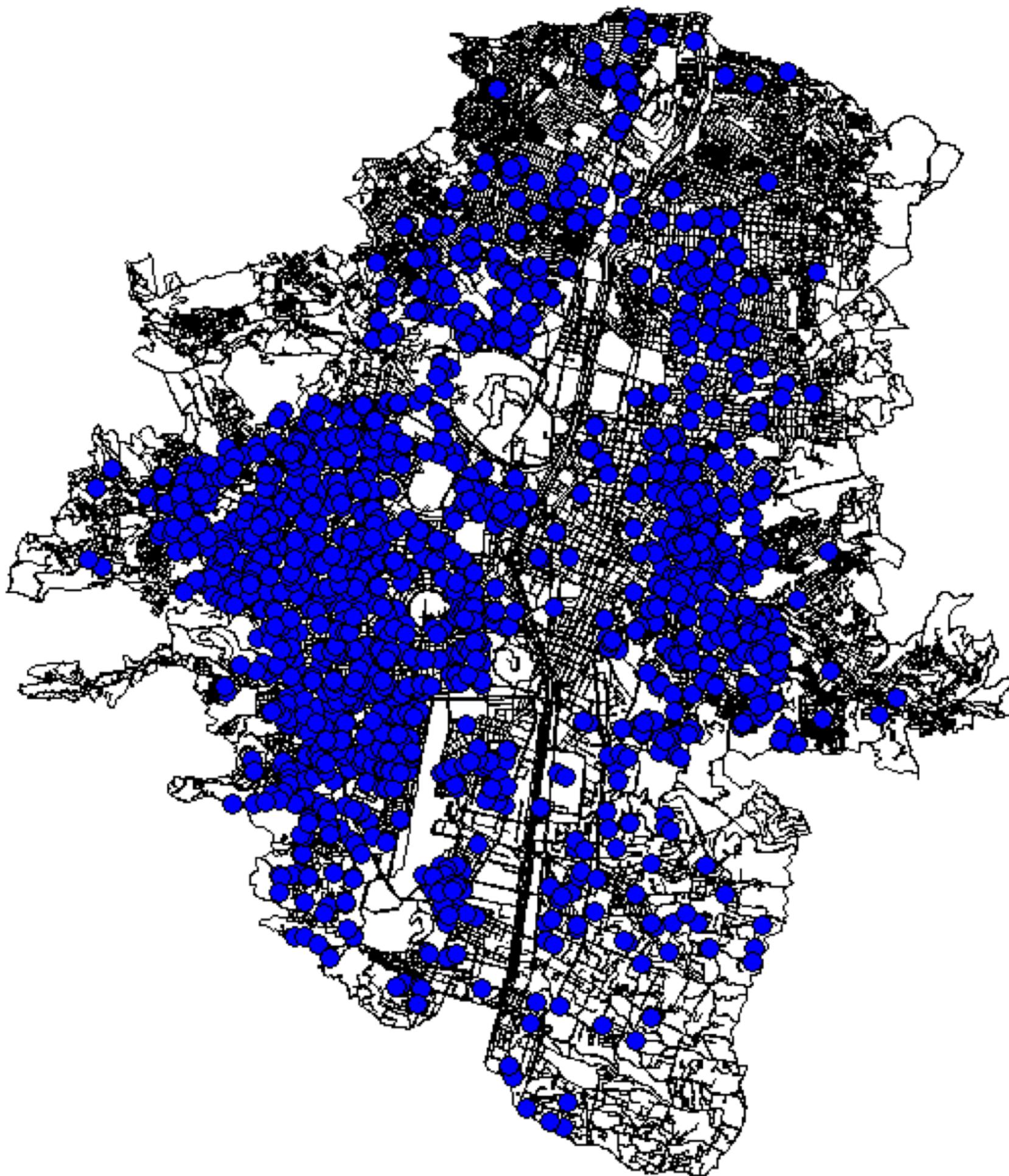
La motivación del trabajo consiste en presentar un modelo de regresión geográficamente ponderada para el mercado de arrendamientos en Medellín, que permita observar la influencia que tiene sobre el canon de arrendamiento de una vivienda la existencia de venta de drogas en el barrio, dadas las características básicas del inmueble como su área construida o edad.

### **3.2. Datos utilizados**

Para desarrollar el estudio se emplearon datos correspondientes a 2.039 cánones de arrendamiento de viviendas que se alquilaron durante 2015 en Medellín. La muestra representa el 0.71% del total de viviendas en alquiler de la ciudad que se estiman en 286.790, aunque no todas estas viviendas estaban en oferta de arrendamiento durante 2015.

Los datos empleados en este trabajo fueron entregados por la Lonja de Propiedad Raíz de Medellín y Antioquia y se obtuvieron a partir de un recorrido que realiza diariamente la empresa en los principales barrios de la ciudad, debido a que por la difícil situación de seguridad del país ni los propietarios ni los arrendatarios dan a conocer estas cifras. La metodología de recolección de los datos está basada en un recorrido de campo que se hace mensualmente por todos los barrios, detectando los anuncios de ofertas de venta y arrendamiento de vivienda. Una vez se tiene el dato, se contacta telefónicamente a la empresa o persona que ofrece el inmueble y se indaga por aspectos relacionados con el inmueble en oferta. Cada mes se verifica si el inmueble continúa en oferta o si ya ha sido comercializado. Esta metodología permite obtener datos primarios de buena calidad para realizar un seguimiento al mercado inmobiliario de la ciudad.

Grafico 1. Plano de la zona



Fuente: elaboración propia con base en el software Mapinfo.

En el Gráfico 1 se observa el plano de la ciudad de Medellín, en el cual cada punto representa un dato de un inmueble arrendado.

Las estadísticas descriptivas de la tabla 1 muestran la heterogeneidad de las viviendas en arrendamiento la ciudad, que tienen cánones que oscilan entre \$105.000 mensuales para los apartamentos más pequeños ubicados en las zonas menos favorecidas de la ciudad y \$4.800.000 mensuales para las viviendas más grandes en zonas más favorecidas.

Tabla 1. Descripción de la muestra de viviendas.

Variable	Promedio	Máximo	Mínimo
Canon	\$837.562	\$4.800.000	\$105.000
Inmueble	N.a.	1	0
Venta_droga	14,53%	0,75801912	0
Construcción	81	474	11
Lote	61	3.494	11
Edad	15	35	1

Fuente: elaboración propia.

### 3.3. Definición de variables

Las variables utilizadas en la modelación son las siguientes:

**Canon:** Es el valor del arrendamiento de la vivienda en pesos colombianos.

**Inmueble:** Esta variable hace referencia al tipo de inmueble que se arrendó. En el caso de que sea un apartamento la variable toma un valor de cero, si es una casa toma un valor de uno. Las casas tienen un mayor canon de arrendamiento en relación con los apartamentos.

**Venta de Droga:** Esta variable hace referencia al porcentaje de personas dentro de un barrio que identifica la venta de droga como uno de los dos problemas más importantes dentro de su barrio. Se emplea esta variable toda vez que no existe información de parte de la alcaldía de la ciudad o de la policía nacional respecto a los barrios en los cuales existen este tipo de problemas.

**Construcción:** Se refiere al número de metros cuadrados con que cuenta la vivienda. Mientras mayor es el área de la vivienda mayor es el canon de arrendamiento.

**Lote:** Se refiere al número de metros cuadrados de lote con que cuenta la vivienda. Mientras mayor es el área del lote mayor es el canon de arrendamiento.

**Edad:** Hace referencia al número de años de construida que tiene la vivienda. Mientras más edad tiene la vivienda, menor es el canon de arrendamiento.

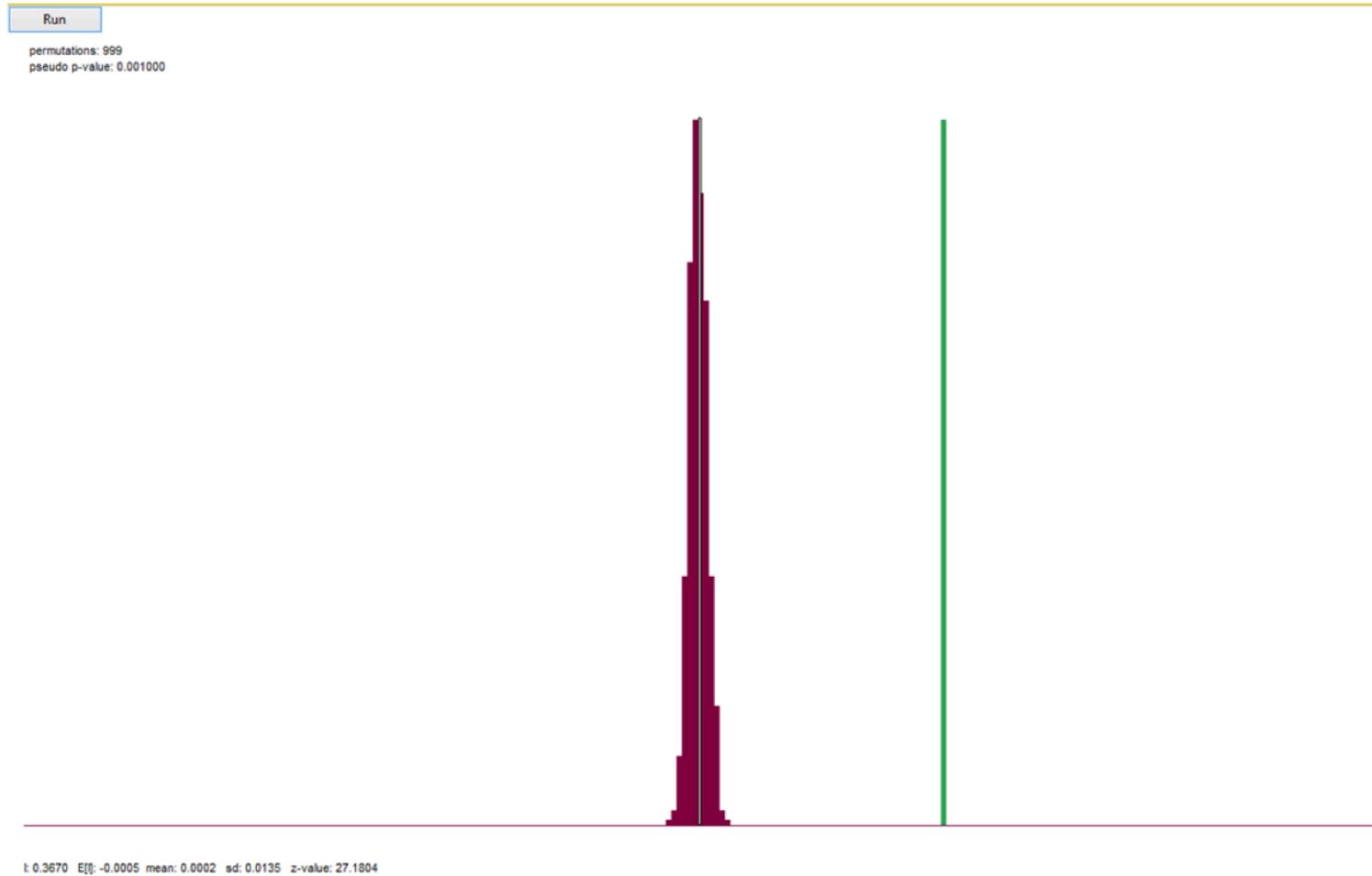
A continuación se presentan los resultados obtenidos empleando la metodología de regresiones ponderadas geográficamente, a partir de las cuales se realizan comparaciones y se obtienen las conclusiones.

## 4. Resultados

Al trabajar con datos espaciales es importante verificar la existencia de autocorrelación espacial, para lo que usualmente se utiliza el estadístico conocido como I de Moran. En el Gráfico 2 se presenta el estadístico, con un valor p de 0.001, es posible afirmar con un 95% de confianza, que no existe evidencia de la existencia de no autocorrelación espacial de los datos; es decir, deben tenerse en cuenta los efectos espaciales de los datos para realizar el análisis. Para ellos se emplea una matriz de pesos espaciales  $W$ , generada con el método *K-Nearest neighborhood* igual a 4, ya que se asume que cada vivienda considerada tiene cuatro viviendas

vecinas, en la muestra, con características similares a ella.

Gráfico 2. Valor p y función de densidad de probabilidad



Fuente: elaboración propia con base en el software *GeoDa*.

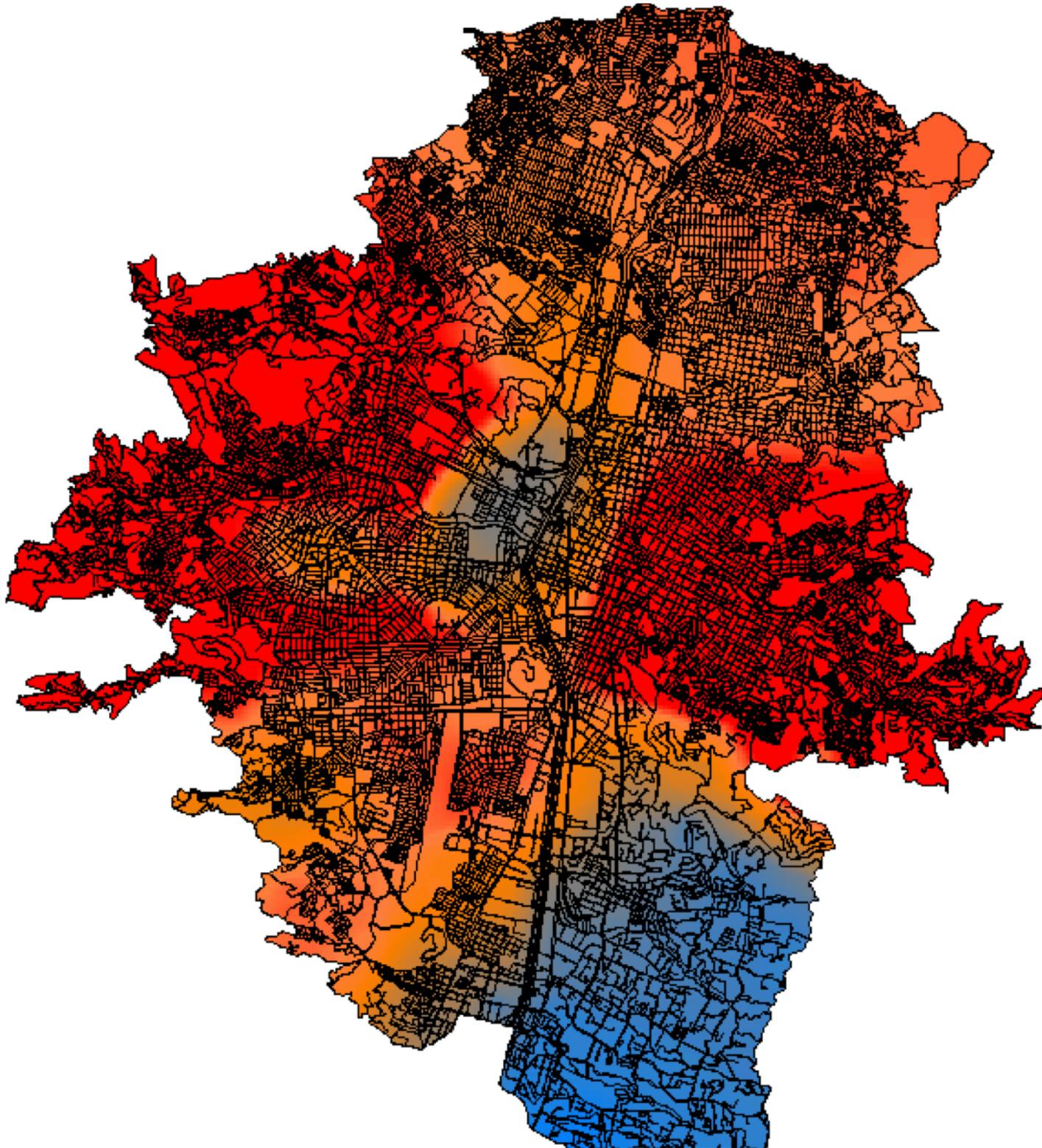
Una vez verificada la existencia relaciones espaciales entre las variables utilizadas, se empleó el programa GWR3 para estimar una regresión ponderada geográficamente. Luego de diez iteraciones, se obtuvo el siguiente criterio de minimización de Akaike:

Tabla 2. Ancho de Banda

<b>Bandwidth</b>	<b>AICc</b>
699,8749363	56945,82012
1070,00000	57075,87267
471,1250664	56858,36517
329,7498716	56856,00525
242,3751958	56925,39035
383,7503907	56843,88858
417,1245469	56844,66222
363,1240279	56846,00091
396,498184	56843,74697

A partir del modelo de regresión geográficamente ponderada se especificaron 2.039 ecuaciones, todas con coeficientes de determinación que oscilan entre el 55% y el 89%.

Grafico 3. Resultados



Fuente: elaboración propia con base en el software Mapinfo.

En el gráfico 3, se observa el plano de la ciudad de Medellín con colores que representan los coeficientes de la variable venta de drogas, que en todos los casos resultaron ser negativos para la ciudad, mostrando que la venta de drogas afectó negativamente los cánones de arrendamiento de vivienda durante 2015 en Medellín. En el gráfico se representa en color rojo más intenso aquellas zonas en las cuales el problema de venta de drogas afecta en mayor medida los cánones de arrendamiento, lo que se observa particularmente en las zonas periféricas del norte y centro de la ciudad. Por el contrario, con tonos azules se representan aquellas zonas en las cuales la venta de drogas es un fenómeno menos extendido o inexistente, como es el caso de la zona sur de la ciudad y en el centro occidente de la misma las cuales coinciden con las zonas de niveles económicos más altos en los cuales es poco patente la venta

## 5. Conclusiones

En este trabajo se utilizaron regresiones geográficamente ponderadas para analizar la influencia que tiene la venta de drogas en los cánones de arrendamiento la ciudad de Medellín. Este tipo particular de modelos se consolidan como los más adecuados para estudiar la influencia que tienen sobre los cánones arrendamiento de las viviendas externalidades positivas asociadas a la construcción de nueva infraestructura pública, como por ejemplo sistemas de transporte, parques o escenarios deportivos, pero también para analizar externalidades negativas, como aquellas generadas por homicidios, extorsiones o venta de drogas.

La variable venta de drogas resultó ser significativa y presentó en todos los casos coeficientes negativos, lo que muestra la influencia negativa en los cánones de arrendamiento de Medellín, con una mayor influencia en las zonas periféricas donde es más fuerte el fenómeno de venta de drogas y una menor influencia en la zona sur oriental en la comuna El Poblado y en la zona centro Occidental de la ciudad conocida como Laureles.

Futuros trabajos relacionados con el tema, se enfocarán en la influencia que tiene sobre los cánones de arrendamiento la existencia de pandillas o como se conocen en Colombia, bandas criminales las cuales tienden a deprimir los valores comerciales de venta y arrendamiento de las viviendas.

---

## Referencias

- AGUDELO, J. E.; Agudelo, G. A.; Franco, L. C.; Franco, L. E. (2015). Efecto de un estadio deportivo en los precios de arrendamiento de viviendas: una aplicación de regresión ponderada geográficamente (GWR). *Ecos de Economía*, 19(40), 66-80.
- ALCALDÍA DE MEDELLÍN. (2010). Viviendas residenciales estratificadas por comuna y barrio, según estrato. Recuperado de: <https://www.medellin.gov.co>
- ANAS, A. (1990). Taste heterogeneity and urban spatial structure: The logit model and monocentric theory reconciled. *Journal of Urban Economics*, 28(3), 318-335.
- AUGUSTIN, N. H.; Cummins, R. P.; French, D. D. (2001). Exploring spatial vegetation dynamics using logistic regression and a multinomial logit model. *Journal of Applied Ecology*, 38(5), 991-1006.
- AUTANT-BERNARD, C. (2006). Where do firms choose to locate their R&D? A spatial conditional logit analysis on french data. *European Planning Studies*, 14(9), 1187-1208.
- BHAT, C. R.; Sener, I. N. (2009). A copula-based closed-form binary logit choice model for accommodating spatial correlation across observational units. *Journal of Geographical Systems*, 11(3), 243-272.
- BASU, S.; Thibodeau, TG. (1998). Analysis of spatial autocorrelation in house prices. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 17:61-85.
- BEATY, J. (1952). Rental real estate often a good investment. *Med Econ*. 5(6): 93 – 94.
- BITTER, C.; Mulligan, G.; Dall'erba, S. (2007). Incorporating spatial variation in housing attribute prices: a comparison of geographically weighted regression and the spatial expansion method. *Journal of Geographical Systems*, 9(1): 7-27.
- CARL, G., & Kühn, I. (2007). Analyzing spatial autocorrelation in species distributions using gaussian and logit models. *Ecological Modelling*, 207(2-4), 159-170.
- DEWEY, L.; DeTuro, P. (1950). Should I invest in real estate? *Med Econ*. 28(3): 85 – 93.
- LANCASTER, K. (1966). A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy*. 74(1):132 – 157.
- LEE, H. L.; Cohen, M. A. (1985). A multinomial logit model for the spatial distribution of

hospital utilization. *Journal of Business and Economic Statistics*, 3(2), 159-168.

LI, M.; Wu, J.; Deng, X. (2013). Identifying drivers of land use change in china: A spatial multinomial logit model analysis. *Land Economics*, 89(4), 632-654.

LU, B.; Charlton, M.; Fotheringham, A. S. (2011) Geographically Weighted Regression Using a Non-Euclidean Distance Metric with a Study on London House Price Data. *Procedia Environmental Sciences*, 7, 92-97.

ROSEN, S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: product differentiation and pure competition. *Journal of Political Economy*. 82: 34 – 55.

SELIM, H. (2009). Determinants of house prices in Turkey: Hedonic regression. *Expert Systems with Applications*, 36 (2), pp. 2843–2845.

SHEPPARD, S. (1999). Hedonic analysis of housing markets. En: P.C. Cheshire, E.S. Mills (Eds.), *Handbook of regional and Urban Economics*, vol. 3, pp. 1595–1635 North Holland, Amsterdam.

VENEGAS-MARTÍNEZ, F.; Agudelo, G.A.; Franco, L.C.; Franco, L.E. (2016). [Precio del dólar estadounidense en el mundo Procesos de Itô económicamente ponderados en un análisis espacial](#). *Economía y Sociedad*. 42 (20). 83-105. México.

YU, D. (2004). Modeling housing market dynamics in the city of Milwaukee: a geographically weighted regression approach. En internet:

<http://www.ucgis.org/ucgisfall2004/studentpapers/files/danlinyuu.pdf>

ZHOU, B.; Kockelman, K. M. (2008). Neighborhood impacts on land use change: A multinomial logit model of spatial relationships. *Annals of Regional Science*, 42(2), 321-340.

- 
1. Departamento de Finanzas, Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM. Correo electrónico: [agudelotorres@hotmail.com](mailto:agudelotorres@hotmail.com)
  2. Departamento de Finanzas, Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM.
  3. Departamento de Finanzas, Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM.
  4. Institución Universitaria Salazar y Herrera, grupo GIRE
- 

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 38 (Nº 36) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados