


¿El área verde o el humedal afectan el precio de la vivienda, en un sector de Bogotá? *

Carmen Rosa Montes-Pulido

Docente, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, Universidad Nacional Abierta y a Distancia -UNAD-, Bogotá, Colombia.
carmen.montes@unad.edu.co  <https://orcid.org/0000-0003-1560-3464>

R E S U M E N

PALABRAS CLAVE

Econometría espacial; espacios urbanos abiertos; infraestructura verde; precios hedónicos; servicios ecosistémicos urbanos

CLASIFICACIÓN JEL

Q58

Diferencias en las características de la infraestructura verde pueden variar la relación entre los espacios verdes urbanos y el precio de la vivienda (PV). El objetivo de este estudio es estimar el efecto de la proximidad de áreas verdes con diseño antrópico (AVDA) y de un humedal, sobre los valores del mercado de vivienda. Mediante uso de sistemas de información geográfica se determinó el tamaño de áreas verdes próximas al humedal y otros atributos de localización de las viviendas; los precios de los inmuebles se obtuvieron en el mercado de finca raíz en Bogotá. Con mínimos cuadrados ordinarios se relacionó el PV con atributos ambientales, de localización y socioeconómicos; el Índice de Moran, modelos de contigüidad y error espaciales permitieron analizar la dependencia espacial de los datos. El AVDA y no el humedal, estuvo significativamente asociada con el PV. Las regresiones realizadas mostraron la ausencia de dependencia espacial entre los datos, así como una asociación positiva del PV con las AVDA, el área del inmueble y el número de alcobas. Mientras que la edad de las viviendas y la distancia al Comando de Atención Inmediata (CAI) tuvieron una asociación negativa con el PV. Estos resultados muestran que los residentes locales pagan más por vivir cerca a áreas con AVDA y tienen implicaciones para la planificación urbana de estratos socioeconómicos altos. Los valores estimados en este trabajo pueden ser utilizados para alimentar un análisis costo-beneficio en evaluaciones para la construcción, ampliación y rehabilitación de espacios verdes urbanos. Se recomienda realizar un estudio semejante, en vecindarios de menores ingresos económicos que permitan definir también la tipología de AVDA factible de pagar y que al mismo tiempo proporcione servicios ecosistémicos culturales.

Recibido: 20/01/2022 Aceptado: 30/07/2022

Este es un artículo Open Access bajo la licencia BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>) Published by Universidad Libre - Cali, Colombia.

Cómo citar este artículo: MONTES-PULIDO, Carmen Rosa. ¿El área verde o el humedal afectan el precio de la vivienda, en un sector de Bogotá? En: Entramado. Enero - Junio, 2023. vol. 19, no. 1 e-7809 p. 1-20. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.7809>



Does green area or wetland affect the price of housing in a sector of Bogota?

ABSTRACT

KEYWORDS

Spatial econometrics; urban open spaces; green infrastructure; hedonic pricing; urban ecosystem services

JEL CLASSIFICATION

Q58

Differences in the characteristics of green infrastructure can vary the relationship between urban green spaces and housing prices. The objective of this study is to estimate the effect of the proximity of anthropically designed green areas and a wetland on housing market values. Using geographic information systems, the size of green areas near the wetland and other attributes of housing location were determined; property prices were obtained from the real estate market in Bogota. Ordinary least squares was used to relate the housing prices to environmental, location and socioeconomic attributes; the Moran Index, contiguity models and spatial error models were used to analyze the spatial dependence of the data. The anthropically designed green areas, and not the wetland, was significantly associated with the housing prices. The regressions performed showed the absence of spatial dependence among the data, as well as a positive association of housing prices with anthropically designed green areas, property area and number of alcoves. While the age of the dwellings and the distance to the Immediate Attention Command had a negative association with housing prices. These results show that local residents pay more to live near areas with anthropically designed green areas and have implications for urban planning for high socioeconomic strata. The values estimated in this work can be used to feed a cost-benefit analysis in evaluations for the construction, expansion, and rehabilitation of urban green spaces. It is recommended that a similar study be conducted in lower income neighborhoods to define the type of anthropically designed green areas that can be afforded and at the same time provide cultural ecosystem services.

A área verde ou zona úmida afeta o preço das casas, em um setor de Bogotá?

RESUMO

PALAVRAS-CHAVE

Econometria espacial; espaços abertos urbanos; infra-estrutura verde; preços hedônicos; serviços de ecossistemas urbanos

CLASSIFICAÇÃO JEL

Q58

As diferenças nas características da infra-estrutura verde podem variar a relação entre o espaço verde urbano e os preços da habitação (PH). O objetivo deste estudo é estimar o efeito da proximidade de áreas verdes antropogenicamente projetadas (AVAP) e de um pântano sobre os valores do mercado imobiliário. Usando sistemas de informação geográfica, foi determinado o tamanho das áreas verdes próximas ao pântano e outros atributos de localização habitacional; os preços dos imóveis foram obtidos do mercado imobiliário em Bogotá. Os mínimos quadrados comuns foram usados para relacionar a PV aos atributos ambientais, de localização e sócio-econômicos; os modelos do Índice Moran, contiguidade e erro espacial foram usados para analisar a dependência espacial dos dados. A AVAP, e não a zona úmida, foi significativamente associada à PV. As regressões mostraram a ausência de dependência espacial entre os dados, bem como uma associação positiva de PH com AVAP, área da propriedade e número de alcovas. Enquanto a idade das moradias e a distância até o Comando de Atenção Imediata (CAI) tinham uma associação negativa com o PV. Estes resultados mostram que os residentes locais pagam mais para viver perto de áreas com AVAP e têm implicações no planejamento urbano para altos estratos sócio-econômicos. Os valores estimados neste trabalho podem ser usados para alimentar uma análise de custo-benefício em avaliações para a construção, extensão e reabilitação de espaços verdes urbanos. Recomenda-se que seja realizado um estudo semelhante nos bairros de menor renda para também definir o tipo de AVAP que pode ser oferecido ao mesmo tempo em que fornece serviços culturais ecossistêmicos.

I. Introducción

Las reservas naturales como los humedales y las áreas verdes con diseño antrópico (AVDA) ([Belmeziti, Cherqui, Kaufman, 2018](#)) son bienes utilizados para la recreación e influyen en el precio de los inmuebles cercanos. La utilización de vegetación y procesos naturales para crear ambientes saludables y la gestión de servicios ecosistémicos en áreas urbanas se ha propuesto como elemento clave en la planificación de ciudades sostenibles ([Renaud, Sudmeier-Rieux, Estrella, 2013](#); [Valente de Macedo, Barda, Puppim, Shih, 2021](#)). Los espacios verdes incluyen parques urbanos, pero también zonas naturales no desarrolladas, como los humedales. Los beneficios que los espacios verdes urbanos aportan al público incluyen, además de la recreación, espacios para la regulación del flujo de agua, evitar inundaciones, y encontrar sombra para refugiarse en días muy soleados. Sin embargo, los espacios verdes urbanos también pueden traer inconvenientes como: accidentes por la caída de ramas en las vías y delincuencia, entre otros problemas ([Gómez-Baggethun, Barton, 2013](#)).

Los estudios han demostrado que los paisajes naturales abiertos (por ejemplo, los humedales) y artificiales (parques, zonas de ronda, plazas) contribuyen positivamente a valorar las viviendas ([Sander, Polasky, 2009](#); [Tajima, 2003](#); [Wu, Adams, Richard, Plantinga, 2004](#)). Tener un paisaje natural como vista, puede ser un factor positivo para su compra y para aumentar el valor económico de la vivienda ([Luttik, 2000](#); [Wang, Nassauer, Marans, Brown, 2012](#)). Además, los parques y espacios abiertos más grandes y naturales tienen mayor impacto en el valor de las viviendas respecto a los parques pequeños y artificiales ([Lutzenhiser, Netusil, 2001](#); [Fernández, Mukherjee, Scott, 2018](#)).

Las pruebas no son concluyentes en lo referente al impacto de las áreas naturales y AVDA en las transacciones del mercado de la vivienda. Algunos estudios han demostrado que el precio de la vivienda disminuye cuando se acerca a zonas naturales o bosques urbanos ([Tyrväinen, 1997](#); [Panduro, Lausted, 2013](#); [Krekel, Kolbe, Wüstemann, 2014](#)). Mientras que otros estudios muestran que los precios de las viviendas aumentan cuando están más cerca de humedales ([Mahan, Polasky, Adams, 2000](#); [Tapsuwan, Ingram, Burton, Brennan, 2009](#)) o vías verdes ([Cho, Bowker, Park, 2006](#)).

Sin embargo, a medida que la urbanización se intensifica y la densidad de las ciudades aumenta, los planificadores urbanos deben tomar decisiones de desarrollo que pueden disminuir la disponibilidad de espacios verdes. Los profesionales de la planificación y otras partes interesadas suelen enfocarse en comprender «dónde desarrollar» o «dónde construir», y piden soluciones espaciales, temporales y operativas ([Fürst, Opdam, Inostroza, Luque, 2014](#)). Comprender cómo la proximidad de los espacios verdes urbanos naturales y artificiales incide en el precio de los inmuebles, proporciona uno de los criterios para construir un espacio verde o permitir que áreas naturales sigan prestando sus servicios ecosistémicos de soporte, regulación y culturales ([Gómez-Baggethun, Barton, 2013](#)) puede ayudar a los diseñadores urbanos a definir la integración de las áreas verdes en la política de uso del suelo y en las prácticas de planificación de la ciudad ([Di Marino, Tiitu, Lapintie, Viinikka, Kopperoinen, 2019](#); [Korthals, 2019](#)).

Los análisis que relacionan áreas verdes con el precio de la vivienda en Bogotá, desde la perspectiva de los precios hedónicos y regresión espacial, son escasos. Con datos de condiciones socioeconómicas de hogares encuestados en Bogotá, procedentes de la encuesta de calidad de vida ([DANE, 2003](#)), [Morales y Arias \(2005\)](#) elaboraron un modelo de precios hedónicos. La variable dependiente fue el valor del arriendo de inmuebles y las independientes correspondieron a índices de condiciones de vida y características de los inmuebles. Al aplicar un modelo espacial, los autores encontraron resultados en la misma dirección de los precios hedónicos; es decir, un incremento en calidad de vivienda resultó en un incremento en el valor del arriendo; donde uno de los factores que influyó positivamente en el precio fue la cercanía del inmueble al área verde. Otro estudio en el que se utilizó precios hedónicos con efectos espaciales buscó determinar los precios de vivienda por sector. Allí se encontró que la cercanía de viviendas a zonas verdes incrementó el valor de las viviendas ([Revollo, 2009](#)). Estos modelos, en comparación con los tradicionales de regresión son más explicativos, y proporcionan información sobre la relación espacial entre las variables ([Fotheringham, Charlton, Brunsdon, 1998](#)).

Los estudios referidos tienden a generalizar el concepto de área verde, incluyendo allí áreas diseñadas por el hombre y otras naturales. Explorar las diferencias potenciales de estas dos características, sobre el precio de las viviendas vecinas en ciudades densamente pobladas como Bogotá, puede aportar nuevos criterios de planificación para alcanzar ciudades ambientalmente sostenibles. La diversidad estructural de la vegetación en áreas naturales es característica importante para relajarse, pasear y observar la naturaleza ([Dade, Mitchell, Brown, Rodes, 2020](#); [Schebella, Weber, Schultz, Weinstein, 2019](#)), mientras que las AVDA son importantes para el juego de niños y adultos ([King, Litt, Hale, Burniece, Ross, 2015](#)). Es decir, los dos tipos de área verde contribuyen al bienestar de la población. La función principal del humedal es amortiguar

inundaciones y dar refugio a la biodiversidad; mientras que el AVDA es vital para la recreación activa de población humana local. Identificar el efecto de cada tipo de área verde puede contribuir a tomar decisiones que vinculen a los constructores inmobiliarios en la mejora de la calidad de estos espacios, a cambio de obtener un mejor precio de sus viviendas.

El objetivo de este estudio es estimar el efecto de la proximidad de áreas verdes con diseño antrópico (AVDA) y de un humedal sobre los valores del mercado de vivienda. Una de las principales contribuciones de este trabajo es ilustrar la estimación de un modelo hedónico-espacial en un país en desarrollo, basado en datos del mercado inmobiliario. Además de regresión espacial, se utilizaron sistemas de información geográfica para medir con precisión la distancia a los diferentes servicios, incluidas las áreas verdes. En segundo lugar, se busca analizar diferencias en el precio entre áreas verdes naturales (humedal) y artificiales (AVDA). Este enfoque busca aportar a los profesionales de la planeación, herramientas para la identificación de los valores sociales y los intereses del uso de la tierra (Von Haaren, Albert, 2011). Aspecto ineludible ante un rápido crecimiento de la población urbana que se traduce en densificación para proporcionar viviendas a los nuevos habitantes, sin perder los beneficios provistos por cada tipo de zona verde (Di Marino, Tiitu, Lapintie, Viinikka, Kopperoinen, 2019) propuesta en este estudio.

El artículo además de la introducción, cuenta con 4 apartados. Presenta un marco teórico que comprende la revisión bibliográfica que justifica la investigación; un apartado metodológico que justifica el tipo de análisis seleccionado, de acuerdo con la naturaleza de los datos que se recolectaron y los objetivos; la discusión que presenta el análisis realizado de la asociación entre las áreas verdes antrópicas y el humedal Córdoba en un sector de Bogotá y al final las conclusiones.

2. Marco teórico

Se entiende como área verde con diseño antrópico, AVDA, (parque, plaza, zona de ronda de río), los espacios urbanos abiertos, diseñados por el ser humano y provistos con vegetación herbácea, arbustiva y/o arbórea; utilizada con fines de esparcimiento -apreciar el paisaje, sacar a pasear a los niños-, actividad física -trotar, montar en bicicleta o patinar- o proteger rondas hídricas (Francis, 1987; Thompson, 2002; Taylor, Hochuli, 2017). Mientras que el humedal es un espacio natural que se protege para conservar su biodiversidad y para la regulación hídrica. El humedal permite su uso para la recreación pasiva, investigación científica y educación (Alcaldía Mayor de Bogotá, Decreto 624 de 2007). Estos dos espacios, artificial y natural, forman parte de la infraestructura verde de la ciudad.

Los espacios verdes facilitan el contacto con la naturaleza, proveen a los ciudadanos lugares para recreación y reflexión (Elmqvist et al., 2015). Con el rápido crecimiento y densificación en las ciudades (Haaland, van den Bosch, 2015) las personas buscan viviendas con entornos de alta calidad ambiental y están dispuestas a pagar un precio por estos beneficios. Por ejemplo, sectores de la ciudad con humedales o parques urbanos proveen espacios recreativos (Wen, Xiao, Zhang, 2017; Panduro, Lausted, 2013). La provisión de beneficios por los espacios verdes, a menudo no sustituibles como los servicios ecosistémicos culturales (SEC), hacen que influyan en el contexto económico urbano (Hauru, Lehvävirta, Korpela, Kotze, 2012). Los ciudadanos buscan ubicarse cerca de los espacios naturales; además tienen preferencias por un tipo y tamaño de vivienda; y las personas adineradas generalmente superan a los demás en su localización cerca a áreas verdes (Brueckner, Thisse, Zenou, 1999). El resultado de este proceso se refleja en la morfología de los precios de la vivienda; los valores altos se asocian típicamente con localizaciones abundantes en infraestructura verde. Se determinan mediante la diferenciación en las transacciones realizadas en el mercado de la vivienda, estimando la sensibilidad de los precios de las propiedades hacia la cantidad, tipo y calidad de los beneficios ambientales (Vorsis, 2017).

El modelo hedónico se basa en la teoría de Lancaster (1966) sobre la demanda del consumidor. Los bienes están compuestos por unidades homogéneas, de modo que las utilidades no se basan en los bienes en sí, sino en las «características» individuales de los bienes, en sus atributos. Los consumidores toman su decisión de compra en función del número de características del bien, así como del costo unitario de cada característica. Aunque Lancaster fue el primero en hablar de la utilidad hedónica, no mencionó nada sobre modelos de precios. Rosen (1974) fue el primero en presentar una teoría de los precios hedónicos. Rosen sostuvo que un artículo puede ser valorado por sus características; el precio total de un artículo puede considerarse como la sumatoria de precio de cada uno de los atributos homogéneos; cada atributo tiene un único precio implícito en un mercado en equilibrio. Esto implica que el precio de un artículo puede conformarse a partir de una regresión en función de sus características para determinar la forma en que cada característica contribuye de forma única al precio unitario global compuesto. Como describen Rothenberg y otros colaboradores (1991), el enfoque hedónico tiene dos ventajas importantes sobre los métodos alternativos de medición en los mercados de la vivienda. En

primer lugar, la comprensión de muchas características de la vivienda en una sola dimensión permite el uso de un supuesto de mercancía homogénea y, por lo tanto, el método hedónico evita las complicaciones y la complejidad de los modelos de atributos múltiples. Además, el enfoque hedónico refleja las compensaciones marginales que tanto los proveedores como los demandantes realizan entre las características en los mercados, de modo que las diferencias en las cantidades de determinados componentes recibirán las ponderaciones implícitas que prevalecen en el mercado ([Xiao, 2017](#)).

La propiedad de la vivienda no puede considerarse un bien homogéneo. Es poco probable que exista un mercado de la vivienda metropolitana. Es más probable que esté compuesto por submercados interrelacionados ([Tu, 1997](#); [Watkins, 2001](#)). El submercado de la vivienda suele definirse como un área geográfica en la que los precios unitarios para una determinada cantidad de viviendas son constantes ([Basu, Thibodeau 1998](#)). Los submercados de la vivienda existen ya que la vivienda puede generar un precio diferente debido a la interacción entre grupos de consumidores y grupos de productos. Es decir, los submercados de la vivienda pueden definirse por el tipo de vivienda (por ejemplo, casa o apartamento), por las características estructurales (número de habitaciones y baños); y por las características del vecindario (por ejemplo, la calidad del colegio). Por otra parte, los mercados de la vivienda pueden segmentarse por edad, tipo de ingresos ([Schnare, Struyk, 1976](#); [Allen, Springer, Waller, 1995](#)). En ese caso, los hogares con mayores ingresos tienden a pagar más por la vivienda (por unidad de servicios).

Otro aspecto a tener en cuenta en la aplicación de la modelización hedónica de los precios de vivienda es la dependencia espacial o autocorrelación espacial. Esta se refiere al grado en que los objetos o las actividades, en algún lugar de la superficie terrestre, son similares a otros objetos o actividades situados en lugares próximos (Goodchild, 1986). Por ejemplo, las casas que están cerca en el espacio geográfico tienen atributos similares. En general, si se ignora el efecto espacial, es muy probable que se subestime la varianza real de los datos y, por tanto, se produzca un sesgo en los resultados ([Gleditsch, Ward, 2008](#)).

En general, el análisis de autocorrelación espacial se aplica para comprobar si el valor observado de una variable es independiente de los valores de la variable en los vecinos. La función de un índice de autocorrelación espacial mide el grado de interdependencia entre las variables, la fuerza y la naturaleza de esa interdependencia. Puede clasificarse como positiva y negativa. Es positiva cuando los valores de la variable aleatoria tienden a agruparse en el espacio, mientras que la autocorrelación es negativa cuando los lugares tienden a estar rodeados de vecinos con características muy diferentes ([Xiao, 2017](#)).

La prueba I de Moran mide la dependencia espacial de los residuos de un modelo de regresión, y comprueba las similitudes entre los datos de precios y atributos de la vivienda respecto a las relaciones espaciales ([Bowen, Mikelbank, Prestegaard, 2001](#)) ausencia de autocorrelación en las muestras.

La hipótesis básica de los modelos hedónicos de vivienda es que el precio de la vivienda puede entenderse como la disposición a pagar por un conjunto de atributos. Estas características las han agrupado en cuatro subconjuntos:

Atributos estructurales que describen las características físicas de la vivienda (por ejemplo, el número de habitaciones, baños y garajes)

1. Atributos de ubicación que incluyen la distancia a servicios (por ejemplo, centros comerciales, colegios, transporte público)
2. Atributos del barrio que describen la calidad de las características económicas y sociales del barrio (por ejemplo, nivel de ingresos).
3. Atributos medioambientales que describen la calidad del medio ambiente como la contaminación del aire, el ruido, las vistas estéticas y la proximidad a lugares de esparcimiento.

En general, la teoría de los precios hedónicos sugiere que la vivienda es un producto compuesto. Al estimar el precio de mercado de las viviendas en función de sus atributos, es posible derivar un valor implícito para cada atributo ([Brueckner, 2011](#)).

La estimación de los coeficientes de los atributos se interpreta como sus valores marginales o efectos. Analizando la variación del tipo, cantidad y calidad de atributos hedónicos en relación con la correspondiente variación de precios de

la propiedad, se puede hacer inferencias sobre el valor implícito y la importancia relativa que los consumidores atribuyen a los SEC, así como la voluntad de pagar por ellos (Freeman, Herriges, King, 2014). A partir del análisis de los datos inmobiliarios, los precios hedónicos hacen posible detectar y medir las preferencias por atributos que no se pueden vender por separado y algunos de los cuales no se venden en el mercado, como cercanía a terrenos arbolados de esparcimiento, o de espacios naturales (Baranzini, Ramirez, Schaerer, Thalmann, 2008).

3. Metodología

3.1. Área de estudio y base de datos

Bogotá, con una superficie de 1 600 km² (Loret de Mola *et al.*, 2017) dispone de 13 humedales de variados tamaños, grados de transformación de ecosistema y calidad de agua variada. Dentro de ellos, el humedal Córdoba tiene biodiversidad importante, representada en 118 especies de aves, (Universidad Nacional-IDEA, 2007). Está localizado al noroccidente de la ciudad y se encuentra inmerso en la matriz urbana. Tiene una extensión de 42 ha y está fraccionado en tres sectores por dos avenidas (Cardona, 2007).

Desde la década de 1985, procesos de fuerte apropiación social por la defensa del humedal Córdoba permitieron su actual existencia y manejo ambiental. Vecinos de un sector del humedal se organizaron para hacer mantenimiento de la zona de ronda hidráulica; posteriormente actuaron mediante vías legales, negociaciones con gobierno local y sensibilización de vecinos, para proteger este ecosistema de desarrollos urbanos. (Universidad Nacional de Colombia y Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2007). Su infraestructura actual, que recorre el lugar en máximo 300 metros localizada entre avenida Suba y la carrera 55, está conformada por puentes y barandas en madera, para el descanso y la contemplación (Cuellar, 2021). En algunos sectores presenta vertimientos de aguas contaminadas procedentes de colectores de alcantarillado sanitario, depósitos de residuos sólidos (escombros y basuras) y especies vegetales invasoras (*Pennisetum clandestinum* y *Ulex europaeus*). En el sector de la calle 127 D con carrera 55 existe libre acceso de animales domésticos y personas, lo que genera problemas de inseguridad, depredación de fauna y afectación de flora. Para mitigar esta problemática la entidad local encargada de administrar el humedal (Secretaría Distrital de Ambiente) realiza periódicamente las siguientes acciones:

1. Controla los límites permisibles de calidad de agua en 11 puntos del humedal.
2. Retira y recolecta los residuos sólidos.
3. Repara el cerramiento perimetral existente (malla eslabonada).
4. Controla las especies vegetales invasivas.
5. Realiza jornadas de recuperación del espacio público.

También ejecuta mensualmente un programa de Educación Ambiental para generar conocimientos, valores, actitudes y comportamientos más responsables de las comunidades (colegios, universidades y vecinos de barrio) en los tres sectores del humedal (Secretaría Distrital de Ambiente, 2021).

El modelo tradicional de precios hedónicos ignora la naturaleza espacial de la vivienda, mientras que el análisis espacial puede ajustar el efecto de viviendas vecinas desconocido por el análisis de regresión tradicional (Anselin, 1988). El área de estudio considera las viviendas vecinas al humedal Córdoba y área verde con diseño antrópico -AVDA- (parque, plaza, zona de ronda de río), en un perímetro de 1 200 metros de distancia del borde del humedal (Figura 1). Este sector está delimitado por tres vías principales: avenida Boyacá, avenida Suba y autopista Norte. Los precios de vivienda y sus características como valor del inmueble, área, estrato, edad, número de baños, alcobas y garajes se obtuvieron de la base de datos de mercado inmobiliario en Bogotá. La muestra de 272 viviendas correspondientes a apartamentos y casas se obtuvo durante el periodo abril a junio de 2019. Se eliminaron los inmuebles que presentaron datos incompletos, por lo que la muestra final fue de 264. Utilizando el software ArcGis, las coordenadas geográficas de las viviendas, sistemas de información geográfica del mapa de Bogotá y las coberturas vegetales de humedales de la ciudad, se calculó la distancia euclidiana al Comando de Atención Inmediata (CAI), al humedal, al parque y a la avenida próxima. Para estimar la superficie de área verde se utilizaron imágenes satelitales de alta resolución y el software ArcGis. La distancia a las avenidas principales y superficie de área verde se obtuvo en un diámetro de 500 metros respecto a la ubicación de la vivienda. El área del humedal se excluyó de la denominación AVDA para identificar el posible efecto de un área natural protegida sobre el precio de la vivienda. Los datos de estrato socioeconómico se obtuvieron del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística).

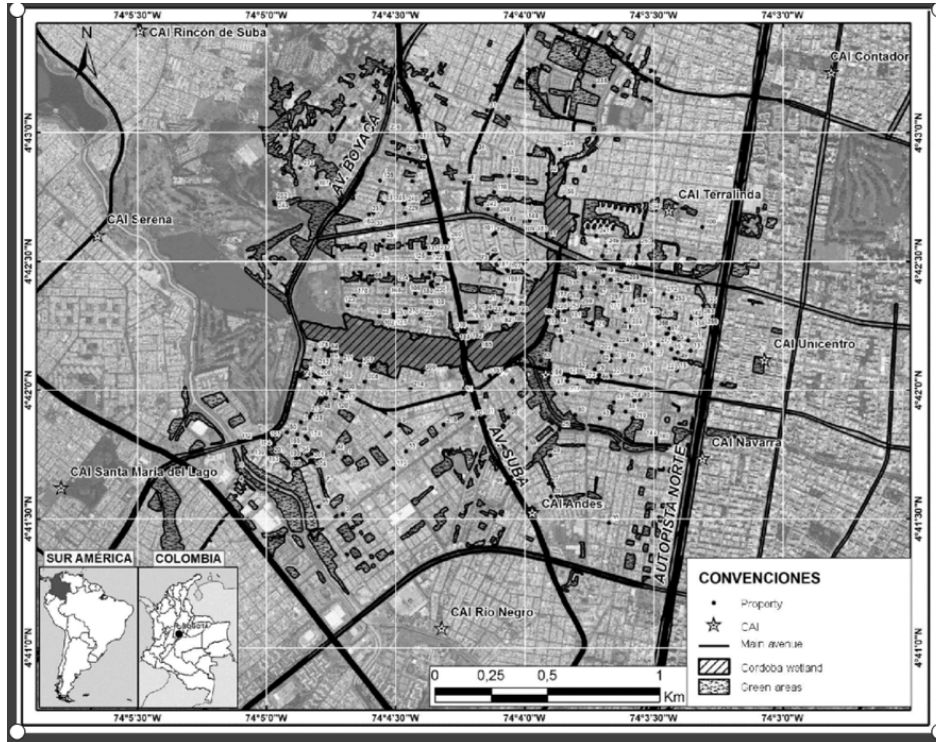


Figura 1. Localización de inmuebles analizados, Comando de Atención Inmediata (CAI), vías principales, humedal Córdoba, áreas verdes urbanas con diseño antropico: parques, plazas, ronda de río.

Fuente: La autora

3.2. Análisis estadístico

A través del método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), se estimó una regresión. Para seleccionar la mejor regresión se transformó la variable precio aplicando logaritmo natural (Kong, Yin, Nakagoshi, 2007; Tyrväinen, Miettinen, 2000), después de probar con función lineal, cuadrática y doble log. Al modelo obtenido, se le aplicaron las pruebas para verificar el cumplimiento de los supuestos de regresión lineal (linealidad, independencia de los errores, homocedasticidad, multicolinealidad y distribución normal de los errores) (ver Anexos A hasta I).

A fin de proporcionar la información sobre la presencia de la dependencia espacial de la variable precio se utilizó el índice (I) de Moran en el área de estudio. La autocorrelación espacial mide si los patrones de precio están agrupados/dispersos o al azar (Anselin, 1995). Todas las estadísticas espaciales se estimaron después de la transformación logarítmica de la variable dependiente para cumplir con los criterios de análisis espacial, porque la variable precio no presentó distribución normal. Generamos una matriz de pesos espaciales, que es necesaria para el cálculo de las estadísticas de autocorrelación espacial (Kelejian y Robinson, 1995). Los pesos espaciales se construyeron con base a la contigüidad para conocer la interdependencia espacial entre la variable de resultado y el conjunto de variables independientes.

Para explorar la relación entre el precio de vivienda y atributos estructurales, servicios ecosistémicos culturales, de localización y socioeconómico, se realizó un análisis de regresión espacial. Los modelos de regresión tradicionales asumen que la observación es mutuamente independiente, lo cual no es válido debido a la estructura espacial de los datos; por lo tanto, los efectos espaciales se han involucrado para explicar el impacto potencial causado por la correlación espacial (Anselin, 2005).

Después de conocer la presencia o ausencia de dependencia espacial en el modelo resultante (MCO), se estimaron el Modelo de Contigüidad Espacial (MCE) y el Modelo de Error Espacial (MES). Finalmente, se compararon los tres modelos para inspeccionar la relación entre la variable de resultado con el conjunto de variables predictoras.

Los métodos de regresión espacial estiman la dependencia espacial en el análisis de la regresión, evitando problemas como pruebas de significancia poco fiables, y proporcionan información sobre relaciones espaciales entre los parámetros involucrados en el modelo ([Anselin, 2005](#)).

El modelo de regresión de OLS toma la siguiente forma:

$$y = \alpha + \beta x + \varepsilon \quad (1)$$

La forma del modelo de contigüidad espacial (modelo espacial autorregresivo) utilizado es:

$$y = \alpha + \rho W\gamma + \beta x + \varepsilon \quad (2)$$

Y luego, la forma del modelo de error espacial:

$$y = \alpha + \rho W\gamma + \beta x + \varepsilon \quad (3)$$

Con

$$\varepsilon = \lambda W\varepsilon + \beta x + \zeta \quad (4)$$

Donde y denota el precio de la vivienda, α es el intercepto, β es el vector de los parámetros de regresión, x es la matriz de variables explicativas exógenas, ε es el vector del término de error aleatorio, $W\gamma$ es el término de contigüidad espacial, ρ es el parámetro espacial autorregresivo de $W\gamma$ (que se estima para el modelo en su conjunto), λ es el coeficiente de errores autorregresivos espacialmente identificados, $W\varepsilon$. Los errores en ζ son distribuidos independientemente, y W es el peso espacial ([Anselin, 2005](#)).

De forma específica el modelo de regresión de OLS para relacionar los precios de vivienda con sus atributos toma la siguiente forma:

$$P = \alpha E + \beta A + \gamma L + \delta S + \varepsilon \quad (5)$$

Donde P es el vector de precio total de venta del inmueble en el mercado y E , A , L y S son los vectores de atributos estructurales, servicios ecosistémicos culturales, de localización y socioeconómico, respectivamente, de las viviendas analizadas y α , β , γ y δ son los vectores de los coeficientes de regresión estimados; mientras que ε es el vector de error aleatorio. Las variables estructurales contienen información de área, número de alcobas, número de baños, número de garajes y edad de la construcción del inmueble. Los servicios ecosistémicos culturales son distancia euclidiana al humedal, distancia a AVDA y número de áreas verdes a 500 m del inmueble. Las de localización son la distancia a la avenida principal y la distancia a las unidades policiales, denominadas en Bogotá como CAI (por sus siglas, Comando de Atención Inmediata); esta última busca capturar la seguridad de la vivienda. La variable socioeconómica es el estrato ([Tabla 1](#)).

Tabla 1.
Descripción de variables del estudio

| VARIABLES | Tipo de variable | Descripción | Metodología de recolección |
|--------------------|------------------|---|----------------------------|
| Precio de vivienda | Dependiente | Precio de las viviendas | Plataformas inmobiliarias |
| Área | Explicativa | Área de las viviendas | Plataformas inmobiliarias |
| Baños | Explicativa | Número de baños de las viviendas | Plataformas inmobiliarias |
| Habitaciones | Explicativa | Número de habitaciones de las viviendas | Plataformas inmobiliarias |
| Estrato | Explicativa | Estrato de la vivienda entre 3 a 6 | Plataformas inmobiliarias |

| VARIABLES | Tipo de variable | Descripción | Metodología de recolección |
|-----------------------|------------------|--|--|
| Tipo de vivienda | Explicativa | Tipo de vivienda: casa o apartamento | Plataformas inmobiliarias |
| Edad vivienda | Explicativa | Edad de vivienda | Plataformas inmobiliarias |
| Garajes | Explicativa | Número de garajes | Plataformas inmobiliarias |
| Distancia CAI | Explicativa | Distancia al Comando de Atención inmediata (CAI) | Cálculos propios usando sistemas de información geográfica, coordenadas de las viviendas y del CAI. |
| Distancia humedal | Explicativa | Distancia al humedal (m) | Cálculos propios usando sistemas de información geográfica, coordenadas de las viviendas y borde del humedal. |
| Distancia avenida | Explicativa | Distancia a avenida (m) | Cálculos propios usando las coordenadas de las viviendas y del borde de la avenida. |
| Distancia área verde | Explicativa | Distancia a área verde con diseño antrópico -AVDA- (parque, plaza, zona de ronda de río) | Cálculos propios usando sistemas de información geográfica, coordenadas de las viviendas y del borde del AVDA. |
| Superficie área verde | Explicativa | Superficie de área verde con diseño antrópico -AVDA-, en hectáreas. | Cálculos propios usando sistemas de información geográfica para cálculo de superficie de AVDA. |

Fuente: La autora

4. Resultados

4.1. Características de las viviendas

Los inmuebles localizados en torno al humedal Córdoba presentan variaciones en sus atributos y precio (Tabla 2). El precio promedio de las viviendas con área media de 197 m² fue de 769 millones de pesos. El estrato socioeconómico preponderante es el 5 y la edad media es de 23 años. Respecto a las alcobas, baños y garajes, el número promedio de estos atributos es 3, 3 y 2, respectivamente. Las distancias al CAI, al humedal y al área verde son en promedio 937 m, 478 m y 76 m, respectivamente. Mientras que la distancia media a las avenidas varía entre 817 y 1 557 m. El número de AVDA (parques, plazas, ronda de río) próximas a las viviendas tiene una media de 18 y su superficie es de 11 ha en promedio.

Tabla 2.

Estadísticas descriptivas de las variables analizadas

| Variable | Unidad | Mínimo | Máximo | Media | Desviación estándar |
|--------------------|-----------------|--------|--------|--------|---------------------|
| Estrato | | 3 | 6 | 4.85 | .436 |
| Área | m ² | 44 | 510 | 196.92 | 98.365 |
| Precio de vivienda | pesos (\$) | 203 | 1600 | 769.38 | 325.817 |
| Edad vivienda | Años | 1 | 65 | 22.63 | 13.205 |
| Alcobas | número unidades | 1 | 11 | 3.51 | 1.032 |
| Baños | número unidades | 1 | 7 | 3.22 | .974 |
| Garajes | número unidades | 0 | 6 | 2.10 | 1.027 |
| Distancia CAI | m | 34 | 1916 | 937.16 | 473.242 |
| Distancia humedal | m | 1 | 1359 | 478.00 | 325.177 |

Continúa en la siguiente página

| Variable | Unidad | Mínimo | Máximo | Media | Desviación estándar |
|-----------------------------|-----------------|--------|--------|---------|---------------------|
| Distancia a área verde | m | 1 | 239 | 75.83 | 53.672 |
| Distancia autopista | m | 48 | 3233 | 1556.75 | 895.841 |
| Distancia avenida Suba | m | 10 | 1807 | 816.94 | 468.578 |
| Distancia avenida Boyacá | m | 2 | 2664 | 1262.12 | 828.777 |
| Número áreas verdes a 500 m | número unidades | 8 | 35 | 17.58 | 4.463 |
| Superficie área verde | ha | 3 | 26 | 11.53 | 5.335 |

Fuente: La autora

4.2. Análisis de regresión

En la [Tabla 3](#) se presentan los modelos resultantes estimados con Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), Modelo de Contigüidad Espacial y Modelo de Error Espacial que muestra la asociación entre AVDA, el humedal Córdoba y el precio de las viviendas. El modelo MCO evidencia que el área, la edad del inmueble, el número de alcobas, la distancia al CAI y el AVDA son estadísticamente significativas a un nivel de confianza superior del 90%. La edad del inmueble y la distancia al CAI presentaron signos negativos, lo que indica que en la medida en que incrementa la edad de la vivienda su precio disminuye; la proximidad al CAI afecta negativamente el precio de los inmuebles. El R^2 indica que las variables independientes explican el 75% de la variación del precio.

Tabla 3.

Resultados de modelo estimado con Mínimos Cuadrados Ordinarios, Modelo de Contigüidad Espacial, Modelo de Error Espacial que muestra asociación entre área verde con diseño antrópico (Superficie área verde) y el precio de la vivienda

| Variables | Modelo Mínimos Cuadrados Ordinarios | | | | Modelo de Contigüidad Espacial | | | | Modelo de Error Espacial | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|---------|---------|--------------------------------|----------------|---------|---------|--------------------------|----------------|---------|---------|
| | Parámetro | Error estándar | T | p-value | Parámetro | Error estándar | z value | p-value | Parámetro | Error estándar | z value | p-value |
| Área de vivienda | 0,002 | 0,000 | 20,55 | 0,000 | 0,00407 | 0,00020 | 20,02 | 0,000 | 0,00410 | 0,00020 | 20,53 | 0,000 |
| Edad de vivienda | (-)0,002 | 0,001 | (-)3,17 | 0,002 | (-)0,0039 | 0,001221 | (-)3,28 | 0,001 | (-)0,0038 | 0,001220 | (-)3,13 | 0,002 |
| Alcobas | 0,021 | 0,008 | 2,78 | 0,006 | 0,04845 | 0,01718 | 2,82 | 0,005 | 0,04854 | 0,01725 | 2,81 | 0,005 |
| Distancia CAI | (-)5,631E-5 | 0,000 | (-)4,13 | 0,000 | (-)0,00012 | 0,00003 | (-)3,99 | 0,000 | (-)0,00012 | 0,00003 | (-)3,58 | 0,000 |
| Superficie área verde | 0,003 | 0,001 | 2,199 | 0,029 | 0,00678 | 0,00292 | 2,32 | 0,020 | 0,00650 | 0,00304 | 2,14 | 0,033 |
| Constante | 2,476 | 0,032 | 78,175 | 0,000 | 4,93057 | 1,05389 | 4,68 | 0,000 | 5,6965 | 0,07629 | 74,67 | 0,000 |
| Variable dependiente: Log_precio | | | | | | | | | | | | |
| Observaciones: | 264 | | | | | | | | | | | |
| Error residual standard | 0,1024 | | | | | | | | | | | |
| df: | 258 | | | | | | | | | | | |
| Estadístico F (5,258) | 154,8 | | | | | | | | | | | |
| Suma de cuadrados de los residuales | 2,70 | | | | | | | | | | | |
| Lambda (λ) | | | | | | | | | 0,23804 | 0,30773 | 0,77 | 0,439 |
| Rho(ρ) | | | | | 0,11785 | 0,16079 | 0,73 | 0,464 | | | | |
| R-cuadrado | 0,750 | | | | 0,751 | | | | 0,750 | | | |
| AIC | (-) 7,926 | | | | (-) 4,460 | | | | (-) 4,498 | | | |

AIC: Criterio de información Akaike

Significancia: ***p<0,0001, ** p>0,001; * p>0,01

Fuente: La autora

A partir de los coeficientes obtenidos se encuentra que: un metro cuadrado adicional genera un incremento del precio de las viviendas de 0,4%; un año de edad adicional genera una caída en el precio en 0,4%; el incremento en una unidad de alcobas genera un incremento en el precio de 5%; Un metro más de distancia al CAI genera un aumento en el precio en 0,01%; y una hectárea más de superficie de áreas verdes, en un radio de 500 metros, genera un incremento del precio en 0,6%.

El modelo MCO mostró gráficamente una tendencia lineal ([Anexo A](#)), los errores de los términos no están correlacionados ([Anexo B](#)); la prueba de multicolinealidad del modelo resultante mostró que no hay autocorrelación porque el valor Durbin-Watson (2,00) estuvo entre 1,5 y 2,5 ([Anexo C](#)); el modelo es homocedástico en los datos (Prueba Breusch-Pagan: 5,1088; $df=5$, $p\text{-value}=0,4027$) ([Anexo D](#)); hay ausencia de multicolinealidad entre variables independientes (el valor de la tolerancia es alto, $>0,2$, y el factor de inflación de la varianza $<1,8$) ([Anexo E](#)) y los residuales tienen distribución normal (prueba Shapiro Wilk aplicada a los residuos: significancia de 0,136 para $p\text{-value} >0,05$) ([Anexo F](#)).

4.3. Análisis espacial

El Índice de Morán mostró la ausencia de autocorrelación espacial en el modelo debido a que el $p\text{-value}$ resultó no significativo (I Morán = 1.417; $p\text{-value} = 0.157$) ([Anexo G](#)).

El parámetro Rho ($Rho=0,11785$; $p\text{-value}=0,464$) ([Anexo H](#)), revela que no hay dependencia espacial en los datos de la muestra, por lo que no hay influencia de los inmuebles contiguos en el precio. Como indicador adicional, el parámetro del error espacialmente correlacionado ($Lambda=0,23804$; $p\text{-value}=0,439$), ([Anexo I](#)), tampoco fue significativo.

Al comparar los valores de los tres modelos en R^2 y AIC se observa que el modelo de contigüidad espacial presentó mejor ajuste respecto al tradicional MCO, es decir, mayor valor de R^2 y menor AIC ([Tabla 3](#)).

5. Discusión de los resultados

El estudio analizó la asociación entre las áreas verdes antrópicas y el humedal Córdoba en un sector de Bogotá. Se identificó que el área, la edad de la vivienda, el número de alcobas, la distancia al CAI y el área verde con diseño antrópico están significativamente asociadas con el precio de mercado del inmueble. Solo las áreas verdes antrópicas tuvieron un efecto positivo en el incremento del precio. Estos resultados muestran la importancia de estos espacios para los residentes locales quienes pagan más para tener la posibilidad de acceder a parques, rondas hídricas y plazas.

5.1. Asociación entre áreas verdes con diseño antrópico y el precio de vivienda

Como se esperaba, la calidad ambiental del entorno que rodea las viviendas afecta su precio. El tamaño de espacios verdes ubicados en un radio de 500 m de las casas impactó significativamente el precio de las viviendas. En la medida en que la superficie de AVDA próximos a las viviendas se incrementó el precio de los inmuebles se elevó. Una posible explicación a este resultado es que las familias con ingresos altos son más exigentes en calidad y tamaño del entorno urbano y pueden pagar mayor precio por acceder a los SEC provistos por estos espacios abiertos ([Fernández, 2009](#)). Otra posibilidad es que los predios arbolados de uso público comúnmente son dotados de juegos infantiles y canchas polideportivas por el gobierno local, por lo que se utiliza para recreación y los habitantes los perciben como lugares seguros ([Escobedo et al., 2018](#)). Estos resultados son coherentes con los hallados en una urbanización de Bogotá, donde un aumento en un metro cuadrado de zona verde por habitante aumenta en promedio en 2,24% el precio de un apartamento localizado en un edificio o conjunto cerrado ([Romero, Vargas, 2016](#)). También con los encontrados en cinco capitales de países latinoamericanos, en donde los espacios verdes explicaron el 52% de la variabilidad de los precios de los bienes raíces ([Loret de Mola, Ladd, Duarte, Borchard, Anaya la Rosa, Zutta, 2017](#)). Así mismo, una mayor presencia de árboles es atractiva para la gente en la medida en que los paisajes arbóreos y los espacios verdes son utilizados con mayor frecuencia por los ciudadanos urbanos para caminar, relajarse y pasar tiempo con la familia ([Morales, Arbeláez, 2005](#); [Konijnendijk Annerstedt, Nielsen, Maruthaveeran, 2013](#); [Scopelliti et al., 2016](#)). En ciudades europeas como Nancy (Francia) los residentes expresaron su disponibilidad a pagar para evitar vivir lejos de los parques ([Tu, Abildtrup, García, 2016](#)). En Castellón, España, se encontró que cada 100 metros más lejos de una zona verde conduce a una caída en el precio de la vivienda de USD 1768, donde la proximidad al área verde es más importante que su tamaño ([Morancho, 2003](#)). Mientras que, en Praga, un incremento de 1% en el área de parques urbanos incrementó en promedio los precios de venta en USD 491,55 ([Melichar, Kaprová,](#)

2013). En Loadz, Polonia, en un radio de 500m, el incremento en 1% en áreas verdes aumentó el precio de las viviendas, de en promedio USD 1,06 por metro cuadrado (Czembrowski, Kronenberg, 2016). Los resultados indican que las personas prefieren vivir cerca de espacios verdes de calidad y que en la medida en que tengan mejores ingresos, buscarán beneficios brindados por la naturaleza.

5.2. Ausencia de asociación entre Humedal Córdoba y precio de vivienda

Contrario a lo que se esperaba, en el modelo resultante, la distancia de las viviendas al humedal no fue significativa. Probablemente porque cerca de una tercera parte de cuerpo de agua está aislada por una malla para proteger su biodiversidad. Aunque es de libre acceso y dispone de infraestructura para realizar recorridos y avistar aves, hay un horario de visitas y se ingresa solo por un sitio. La parte restante, sin aislamiento, presenta diferentes grados de cobertura vegetal y calidad del agua. Estos resultados coinciden con los hallados por otros estudios que han observado efectos intrascendentes del humedal sobre el precio de las viviendas. En Bogotá se encontró que la relación entre la distancia al humedal Córdoba y el valor catastral de los predios analizados no fue significativa (González, 2011); así mismo, en Ohio, Estados Unidos, la proximidad del humedal a las casas tuvo un efecto insignificante sobre el valor de las viviendas (Mei, Sohngen, Babb, 2018).

También se han encontrado efectos positivos de los humedales sobre el precio de las viviendas. En Colonia, Alemania, la presencia de espejos de agua influyó positivamente en los precios de las viviendas; un aumento del 1% en la superficie de agua resultó en cambios positivos de precio del 0,16% o USD 274,53 (Kolbe, Wüstemann, 2014). En Perth, Western Australia, la distancia del humedal influye en el precio de venta dentro de una zona de 1,7 km del borde de un humedal. Para una propiedad que se encuentra a 943 m del humedal reducir la distancia al humedal en 1 m. aumentará el precio de la propiedad por USD 27,62 (Tapsuwan, Ingram, Burton, Brennan, 2009). En el humedal urbano de Hangzhou, China, el valor de proximidad es significativo dentro de los 5 km adyacentes al humedal. Estar 1 000 m más cerca de un humedal urbano incrementó en promedio un precio del inmueble 27,56 USD/m² (Du y Huang, 2018).

A pesar de los beneficios que produce la cercanía de una vivienda al humedal, como paisaje, vegetación, hábitat para avifauna, en algunas ocasiones se pueden presentar efectos contrarios por su cercanía. Por ejemplo, la alta densidad de vegetación puede producir miedo a los habitantes debido a la probable ocurrencia de crímenes (Sreetheran, Van Den Bosch, 2014; Maruthaveeran, Konijnendijk, 2015). También, el estado de contaminación del espejo de agua podría afectar el precio de las viviendas. Los olores que expide el agua estancada, la falta de transparencia y la presencia de plaga de zancudos (*Anopheles sp*) en periodos de alta precipitación, puede desmotivar el gusto por vivir próximo al humedal. Resultados similares se presentaron en Portland (Oregón, U.S.A.) donde las residencias cercanas al espejo de agua fueron afectadas por un menor precio de venta; posiblemente pudo deberse al estado de deterioro del cuerpo de agua (Netusil, 2005).

Basado en los resultados de este estudio se destaca la importancia de incluir AVDA dentro de los planes de construcción de vivienda. Estas zonas son importantes porque mejoran la calidad de vida de los ciudadanos, en la medida en que allí tienen la posibilidad de tomar el sol, practicar deportes, disfrutar del paisaje y hacer uso de parques infantiles. Valdría la pena explorar los efectos de humedales y AVDA en otras zonas de Bogotá para comparar los resultados e identificar diferencias y similitudes.

Finalmente, aunque los datos del modelo no presentaron dependencia espacial, por lo que se podría utilizar solo el modelo MCO, la contigüidad espacial mejoró el ajuste del modelo.

6. Conclusión

El estudio exploró la incidencia de las áreas verdes antrópicas y humedal en el precio de las viviendas próximas al humedal Córdoba. Los resultados tienen implicaciones para la planificación urbana de estratos socioeconómicos altos, donde el aumento del tamaño de las AVDA puede ser capitalizado positivamente en el mercado de la vivienda. Allí el patrón de mayor abundancia, diversidad de árboles y área de copa, predominan (Brown, 2012; Escobedo *et al.*, 2018; Rubiano, 2019). También puede ayudar a informar sobre dónde desarrollar nuevos parques. Los valores estimados en este trabajo pueden ser utilizados para alimentar un análisis costo-beneficio en evaluaciones para la construcción, ampliación y rehabilitación de espacios verdes urbanos.

Aunque el humedal no resultó significativamente asociado al precio de las viviendas, probablemente por el estado de contaminación e inseguridad en algunos de sus sectores, esta área natural está prestando varias funciones a las viviendas

aledañas y a la ciudad, como refugio para la biodiversidad, regulación hídrica y térmica, por lo cual es un reto para los planificadores urbanos y constructores, considerar dentro de sus criterios inversiones para el mejor mantenimiento del humedal y buscar su conectividad con las AVDA.

Futuras investigaciones que relacionen AVDA con el precio del inmueble pueden responder a preguntas como:

- ¿La riqueza de especies vegetales de un AVDA influye en la decisión de compra de vivienda?
- ¿El porcentaje de apreciación estética desde la vivienda afecta el precio de los inmuebles?
- ¿Cuáles diseños de AVDA con alto número de árboles y riqueza de especies son factibles de ejecutar en vecindarios con menores ingresos económicos, para mejorar su espacios recreativos y regulación térmica? ☰

Agradecimientos

La autora agradece el tiempo otorgado por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia para el desarrollo de este estudio.

Conflicto de intereses

La autora declara no tener conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

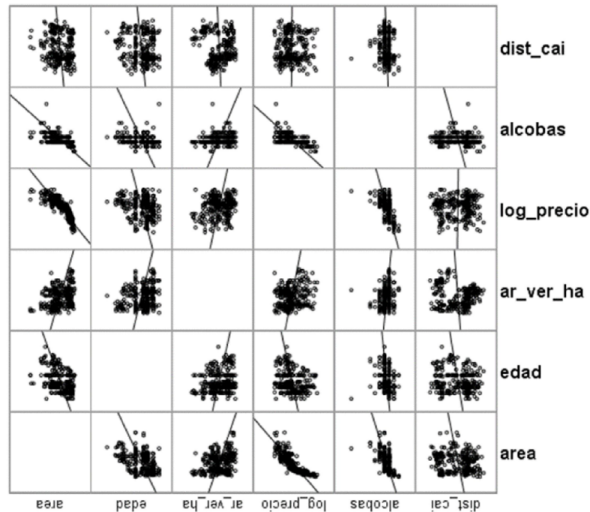
1. ALLEN, Marcus T.; SPRINGER, Thomas M.; WALLER, Neil G. Implicit pricing across residential rental submarkets. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 1995, vol. 11, no 2, p. 137-151. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF01098658.pdf>
2. ANSELIN Luc. *Spatial Econometrics: Methods and models*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1988, 278 p.
3. ANSELIN Luc. Local indicators of spatial association—LISA. In: *Geographical analysis*. 1995. Vol. 27, no.2, p 93-115. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
4. ANSELIN Luc. Exploring Spatial Data with GeoDaTM: A Workbook; In: Center for Spatially Integrated Social Science. 2005, 224 p. <https://www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/fspat/geodaworkbook.pdf>
5. BARANZINI Andrea; RAMIREZ José; SCHAEERER Caroline; THALMANN Philippe; (Eds.). Hedonic methods in housing markets: Pricing environmental amenities and segregation. *Springer Science y Business Media*. 2008, p.271. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10901-009-9176-7>
6. BASU, Sabyasachi; THIBODEAU, Thomas G. Analysis of spatial autocorrelation in house prices. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 1998, vol. 17, no 1, p. 61-85. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1023/A:1007703229507.pdf>
7. BELMEZITI, Ali; CHERQUI, Frédéric; KAUFMANN, Bernard. Improving the multi-functionality of urban green spaces: Relations between components of green spaces and urban services. In: *Sustainable cities and society*, 2018, vol. 43, p. 1-10. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670717315792?casa_token=RGAZXex65p8AAAAA:R8dhGAeUJC2GIZjnvY8K7oFGjNDb295EyT0MJWtXpCQeIH40NLf_bUEiMkrVWJ3KFTG_QxTxlh6eE
8. BOWEN, William M.; MIKELBANK, Brian A.; PRESTEGAARD, Dean M. Theoretical and empirical considerations regarding space in hedonic housing price model applications. In: *Growth and change*, 2001, vol. 32, no. 4, p. 466-490. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/0017-4815.00171?casa_token=M5_mtxG5cboAAAAA:GLlrcCaCnz3efGrWF30ZGN76fjPTSUbjQf9AXr0VWqh6cpa3U5RSdpYi_z4CwAEfBVVPE4VVMKtbBDR-
9. BROWN, Mark. The Bogotá Green Divide: Inequality in Street Tree Coverage Across Estratos. 2012, *CitiNature*, p 1-16 https://www.citnature.org/uploads/4/7/4/0/4740372/citnature_report_bogota_green_divide.pdf
10. BRUECKNER Jan; THISSE Jacques-Francois; ZENOU Yves. Why is central Paris rich and downtown Detroit poor? An amenity-based theory. In: *European economic review*, 1999, vol. 43, no.1, p. 91-107. [https://doi.org/10.1016/S0014-2921\(98\)00019-1](https://doi.org/10.1016/S0014-2921(98)00019-1)
11. BRUECKNER Jan. *Lectures in Urban Economics*. The MIT Press, Cambridge, MA. 2011, 281 p.
12. CARDONA Nicolás. Construcción del hábitat urbano en el ámbito público: el caso del conflicto del humedal de Córdoba. En: *Bitácora Urbano Territorial*. 2007, vol. 1, no. 11, p. 8-19. <https://www.redalyc.org/pdf/748/74811102.pdf>
13. CZEMBROWSKI Piotr; KRONENBERG Jakob. Hedonic pricing and different urban green space types and sizes: Insights into the discussion on valuing ecosystem services. In: *Landscape and Urban Planning*. 2016, vol. 146, p. 11-19. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.10.005>
14. CHO, Seong-Hoon; BOWKER, J. Michael; PARK, William M. Measuring the contribution of water and green space amenities to housing values: An application and comparison of spatially weighted hedonic models. *Journal of agricultural and resource economics*, 2006, p. 485-507. <https://core.ac.uk/download/pdf/6671484.pdf>
15. CUELLAR ROA, Sara Milextza. *Infraestructura: reconociendo el humedal Córdoba*. Proyecto de grado. Facultad de Arquitectura y diseño, departamento de arquitectura, Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. 2021, 113 p.
16. DADE, Marie; Mitchell, Matthew, Brown, Greg; Rodes, Jonathan. The effects of urban greenspace characteristics and socio-demographics vary among cultural ecosystem services. *Urban Forestry y Urban Greening*, 2020, vol. 49, p. 126641. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866719304856?casa_token=zz-7e2fzUUgAAAAA:QCFSMQslhF-2kn-C2amaMEBY-8NmiQhFeQJKGINbLytl2CRYzjRfSagWJkLnZKYWKinhlhkfdU_2

63. SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE, Informe de gestión de parques ecológicos distritales de humedales -PDEH Córdoba- Semestre I -.Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría Distrital de Ambiente, Subdirección de Ecosistemas y ruralidad, grupo humedales. 2021. 81 p.
64. SREETHERAN, Maruthaveeran; VAN DEN BOSCH, Cecil C. Konijnendijk. A socio-ecological exploration of fear of crime in urban green spaces—A systematic review. In: *Urban Forestry & Urban Greening*. 2014, vol. 13, no. 1, p. 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.11.006>
65. TAJIMA, Kayo. New estimates of the demand for urban green space: Implications for valuing the environmental benefits of Boston's big dig project. In: *Journal of Urban Affairs*, 2003, vol. 25, no. 5, p. 641-655. https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1111/j.1467-9906.2003.00006.x?casa_token=QyF_ac-sahrUAAAAA:DftFrBw08R7_S6x-lagMwskWVSO2QI3WQuLgZe2xL8UhamkuQkzU4z7in_u9dB99T7N5zITbRIMkhQ
66. TAPSUWAN, Sorda; INGRAM, Gordon; BURTON, Michael; BRENNAN, Donna. Capitalized amenity value of urban wetlands: a hedonic property price approach to urban wetlands in Perth, Western Australia. In: *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*. 2009. vol. 53, no. 4, p. 527-545. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.2009.00464.x>
67. TAYLOR, Lucy; HOCHULI Dieter. Defining greenspace: Multiple uses across multiple disciplines. In: *Landscape and Urban Planning*. 2017. vol. 158, p. 25-38. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.09.024>
68. THOMPSON, Catharine Ward. Urban open space in the 21st century. In: *Landscape and urban planning*, 2002, vol. 60, no 2, p. 59-72. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00059-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00059-2)
69. TU, Yong. The local housing sub-market structure and its properties. In: *Urban Studies*, 1997, vol. 34, no. 2, p. 337-353. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1080/0042098976203>
70. TU, Gengyang; ABILDTRUP, Jens; GARCÍA, Serge. Preferences for urban green spaces and peri-urban forests: An analysis of stated residential choices. In: *Landscape and Urban Planning*, 2016, vol. 148, p. 120-131. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.013>
71. TYRÄINEN, Liisa. The amenity value of the urban forest: an application of the hedonic pricing method. In: *Landscape and Urban planning*, 1997, vol. 37, no. 3-4, p. 211-222. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(97\)80005-9](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(97)80005-9)
72. TYRÄINEN, Liisa; MIETTINEN, Antti. Property prices and urban forest amenities. In: *Journal of Environmental Economics and Management*, 2000. vol. 39, p. 205-223 <https://doi.org/10.1006/jjeem.1999.1097>
73. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA- INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES -IDEA- y EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ. Plan de manejo ambiental Humedal Córdoba. 2007. 446p. <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/6436a3c7-4207-4c40-ad48-91b479107a1f>
74. VALENTE DE MACEDO, Laura Silvia; BARDA PICAVET, Marc Eric; PUPPIM DE OLIVEIRA, José Antonio; SHIH, Whan-Yu. Urban green, and blue infrastructure: A critical analysis of research on developing countries. In: *Journal of Cleaner Production*, 2021, vol. 313, p. 127-898. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621021168?casa_token=sp9EomOWg4wAAAAA:WfvQssCUMvrUHSaTiTSuG39XjwrISYMDzWX-ehHNHR69n0yV-xqsu47b-m0gqzhILVIASMBXhFyXL
75. VON HAAREN, Christina; ALBERT, Christian. Integrating ecosystem services and environmental planning: limitations and synergies. In: *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 2011, vol. 7, no. 3, p. 150-167. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/21513732.2011.616534>
76. VOTSIS Athanasios. Planning for green infrastructure: The spatial effects of parks, forests, and fields on Helsinki's apartment prices. In: *Ecological Economics*. 2017. vol. 132, p. 279-289. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.09.029>
77. WANG, Zhifan; NASSAUER, Joan; MARANS, Robert; BROWN, Daniel. Different types of open spaces and their importance to exurban homeowners. *Society y Natural Resources*, 2012, vol. 25, no. 4, p. 368-383. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/08941920.2011.571231>
78. WATKINS, Craig A. The definition and identification of housing submarkets. In: *Environment and Planning A*, 2001, vol. 33, no. 12, p. 2235-2253. https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1068/a34162?casa_token=8pjLUr29x18AAAAA:fSMJuyMgAP7gbV6BbVFEUem9rfjgaQGyxXbly_O2nEXI5B-DIRZdA8LDCh94n57NCEj0SwB1k3lqj07zn
79. WEN Haizhen; XIAO, Yue; ZHANG Ling. Spatial effect of river landscape on housing price: An empirical study on the Grand Canal in Hangzhou, China. *En: Habitat International*. vol. 63, p. 34-44. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2017.03.007>
80. WU, Junjie; ADAMS, RICHARD M.; PLANTINGA, Andrew J. Amenities in an urban equilibrium model: Residential development in Portland, Oregon. In: *Land Economics*, 2004, vol. 80, no. 1, p. 19-32. https://www.researchgate.net/profile/Andrew-Plantinga/publication/23505036_Amenities_in_an_Urban_Equilibrium_Model_Residential_Development_in_Portland_Oregon/links/00b495209a331b7a8c000000/Amenities-in-an-Urban-Equilibrium-Model-Residential-Development-in-Portland-Oregon.pdf
81. XIAO, Yang. Hedonic housing price theory review. In: *Urban morphology and housing market*. 2017. pp. 11-40. Springer, Singapore. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-2762-8_2

Anexos

Anexo A. Prueba de linealidad en variables del modelo predictivo

La gráfica muestra tendencia lineal en el modelo estimado entre la variable dependiente log_precio y las variables independientes: área, habitaciones, superficie de area verde con diseño antrópico (ar_ver_ha), alcobas y distancia a CAI



Fuente: La autora

Anexo B. Prueba de independencia de los errores

Tabla 4.
Prueba de independencia de los errores: Correlaciones del modelo resultante

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------|----------|----------|----------|--------|----------|
| 1 Área | | | | | |
| 2 Alcobas | 0,586** | | | | |
| 3 Edad | 0,413** | 0,216** | | | |
| 4 Dist_cai | 0,141* | .100 | | | |
| 5 Area_ver_ha) | -0,320** | -0,203** | -0,236** | 0,057 | |
| 6 log_precio | 0,842** | 0,563** | 0,237** | -0,009 | -0,207** |

**-. La correlación es significativa al nivel de 0,01 (2-colas).

*. La correlación es significativa al nivel de 0,05 (2-colas).

Fuente: La autora

En la Tabla se observa que los errores de los términos no están correlacionados

Anexo C. Prueba de multicolinealidad

En la Tabla 5 se observa que no hay autocorrelación porque el valor Durbin-Watson está entre 1,5 y 2,5

Tabla 5.
Prueba de multicolinealidad de Durbin-Watson del modelo resultante

| R | R2 | R2 ajustado | Error standard de la estimacion | Durbin-Watson |
|--------|-------|-------------|---------------------------------|---------------|
| 0,866a | 0,750 | 0,745 | 0,10236 | 2,000 |

a. Predictores: (constante), ar_ver_ha, dist_cai, alcobas, edad, área

b. Variable dependiente: log_precio

Fuente: La autora

Anexo D. Prueba de homocedasticidad

Se aplicó la prueba de Breusch-Pagan para verificar matemáticamente la homocedasticidad en los datos del modelo predictivo. En la Tabla 6 se observa que el p- value es 0,4027. Este valor es mayor que 0,005 por lo que se acepta que el modelo es homocedástico en los datos.

Tabla 6.
Resultados prueba homocedasticidad del modelo

| Prueba Breusch-Pagan | df | p-value |
|----------------------|----|---------|
| 5,1088 | 5 | 0,4027 |

Fuente: La autora

Anexo E. Ausencia de multicolinealidad entre variables independientes

El supuesto que en la regresión múltiple las variables independientes no están fuertemente correlacionadas entre ellas, fue probado con los valores del factor de inflación de la varianza (FIV); donde valores de $FIV > 10$ indican presencia de multicolinealidad. Como se observa en Tabla 6 el modelo predictivo, el valor de la tolerancia es alto (mayor que 0.2) (Menard, 1995) y el factor de inflación de la varianza no es sustancialmente más grande de 1 (Myers, 1990), lo que indica que no hay multicolinealidad (Tabla 7)

Tabla 7.
Estadísticos de colinealidad del modelo de regresión (coeficientes de prueba de tolerancia y factor de inflación de la varianza ((FIV) ^a)

| Modelo | Estadísticos de colinealidad | |
|--------------|------------------------------|-------|
| | Tolerancia | FIV |
| Edad | .808 | 1.237 |
| Habitaciones | .655 | 1.526 |
| Área | .544 | 1.837 |
| Dist_CAI | .959 | 1.043 |
| Ar_ver_ha | .871 | 1.147 |

a. Variable dependiente: log_precio

Fuente: La autora

Anexo F. Prueba de normalidad de los residuos

Como se observa en el histograma, los errores o residuales tienen alta tendencia a seguir una distribución normal. Matemáticamente, este resultado se confirma cuando la prueba Shapiro Wilk aplicada a los residuos muestran una significancia de 0,136 (p- value $> 0,05$), con lo que se ratifica los errores tienen distribución normal.

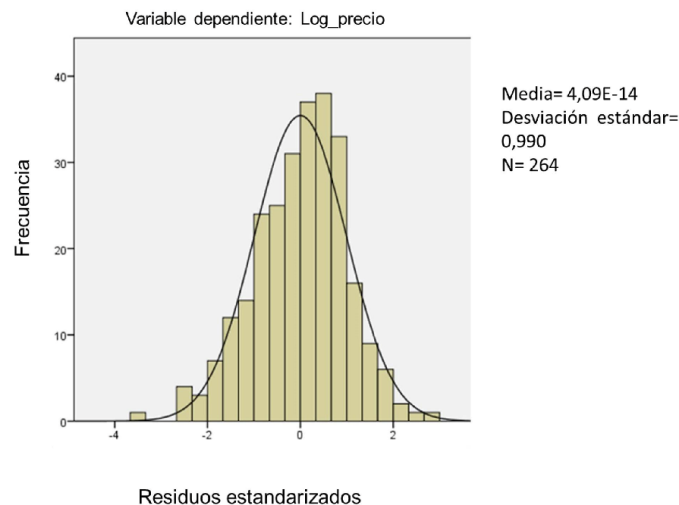


Tabla 8.
Prueba Shapiro-Wilk para normalidad de los residuos del modelo resultante

| | Estadístico | df | Significancia |
|---------------------------|-------------|-----|---------------|
| Residuos sin estandarizar | 0,992 | 264 | 0,136 |
| Residuos estandarizados | 0,992 | 264 | 0,136 |

Fuente: La autora

Anexo G. Diagnóstico espacial obtenido con Stata v 14.

```

.
.           //Spatial diagnostics
.           spatdiag, weights (W)

Diagnostic tests for spatial dependence in OLS regression

Fitted model
-----
lnprecio = area + edad + alcobas + dist_cai + ar_w

Weights matrix
-----
Name: W
Type: Distance-based (inverse distance)
Distance band: 0.0 < d <= 1.0
Row-standardized: Yes

Diagnostics
-----

```

| Test | Statistic | df |
|----------------------------|-----------|----|
| Spatial error: | | |
| Moran's I | 1.417 | 1 |
| Lagrange multiplier | 0.463 | 1 |
| Robust Lagrange multiplier | 0.093 | 1 |

Anexo H. Modelo de contigüidad espacial

```

Spatial lag model
-----
Log likelihood = 10.230104
Number of obs =
Variance ratio =
Squared corr. =
Sigma =

-----

```

| lnprecio | Coef. | Std. Err. | z | P> z | [95% Conf. In |
|-----------|-----------|-----------|-------|-------|---------------|
| lnprecio | | | | | |
| area | .0040791 | .0002038 | 20.02 | 0.000 | .0036797 . |
| edad | -.0039922 | .0012179 | -3.28 | 0.001 | -.0063792 -. |
| alcobas | .0484508 | .0171809 | 2.82 | 0.005 | .0147768 . |
| dist_cai | -.0001255 | .0000315 | -3.99 | 0.000 | -.0001872 -. |
| ar_ver_ha | .0067877 | .0029255 | 2.32 | 0.020 | .0010538 . |
| _cons | 4.930573 | 1.053897 | 4.68 | 0.000 | 2.864972 6 |
| rho | .1178554 | .1607929 | 0.73 | 0.464 | -.197293 . |

```

Wald test of rho=0: chi2(1) = 0.537 (0.464)
Likelihood ratio test of rho=0: chi2(1) = 0.534 (0.465)
Lagrange multiplier test of rho=0: chi2(1) = 0.562 (0.454)

Acceptable range for rho: -1.680 < rho < 1.000

```

