

VALORACIÓN AMBIENTAL DE LAS ZONAS VERDES DE UNA URBANIZACIÓN EN BOGOTÁ, COLOMBIA, CON EL MÉTODO DE PRECIOS HEDÓNICOS*

Recibido: 30 de septiembre de 2015 • Aprobado: 07 de enero de 2016

Juan Pablo Romero Rodríguez**

Juan José Vargas***

RESUMEN

Este trabajo estima el valor de las zonas verdes de la urbanización Antonio Nariño en la ciudad de Bogotá, Colombia, con la aplicación del método de precios hedónicos. Con información de la Encuesta Multipropósito para Bogotá de 2011 e indicadores sobre la densidad de zonas verdes por habitante, se construye la función de precios hedónicos utilizando una regresión de mínimos cuadrados para un modelo de elasticidad constante (Log-Lineal o Log-Log), lo cual permite evidenciar que un aumento de un metro cuadrado de zona verde por habitante en cualquier localidad de la ciudad de Bogotá aumentaría, en promedio, en 2,24 % el precio de mercado de un apartamento localizado en un edificio o conjunto cerrado. Esto significa que el valor de las zonas verdes del Centro Urbano Antonio Nariño equivaldría a \$102.776.833.449 pesos colombianos de 2011.

PALABRAS CLAVE

Valoración ambiental, precios hedónicos, externalidades positivas, uso de la tierra, bienes públicos

CLASIFICACIÓN JEL

Q59, H23, R52, H41

CONTENIDO

Introducción; 1. Antecedentes sobre la aplicación de la metodología de precios hedónicos 2. Metodología; 3. Resultados; 4. Conclusiones; Bibliografía; Anexos.

* El presente artículo hace parte del proyecto "Implementación de las metodologías de precios hedónicos y valoración contingente para la valoración ambiental en el centro urbano Antonio Nariño", desarrollado para la Facultad de Ingeniería Ambiental en el marco de la sexta convocatoria interna de proyectos de investigación, vigencia 2011 de la Universidad Santo Tomás sede Bogotá, ejecutado entre septiembre de 2011 y junio de 2012. Este trabajo está adscrito al grupo de investigación INAM-USTA, clasificado en categoría C por Colciencias.

** Ingeniero ambiental y sanitario de la Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia. MSc in Environmental Economics and Environmental Management de la Universidad de York, York, Reino Unido. Asesor técnico de Estudios y Asesorías Ambientales de Colombia (ESIMCO), Bogotá, Colombia. Dirección Postal: Calle 92 # 15-62 Oficina 406, Bogotá, Colombia. Teléfono: (57) (1) 6053887. Correo electrónico: economia.ambiental.u@gmail.com.

*** Ingeniero ambiental y sanitario de la Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia. Magíster en Economía del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales, Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia. Docente investigador del grupo INAM-USTA de la Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia. Dirección Postal: Carrera 9 # 51-11, Bogotá, Colombia. Teléfono: (57) (1) 5878797. Correo electrónico: juanvargas@usantotomas.edu.co.

ENVIRONMENTAL APPRAISAL OF GREEN ZONES FOR A RESIDENTIAL ESTATE IN BOGOTA, COLOMBIA USING THE HEDONISTIC PRICE METHOD

ABSTRACT

This paper tries to estimate the value of the green zones of the Antonio Nariño residential estate in Bogota, Colombia using the hedonistic price method. Using the information found at the Bogota Multipurpose Survey for 2011 and information on the density of green zones per inhabitant, a hedonistic price function is built using a minimum square regression by a constant elasticity model (Log-Linear or Log-Log). Which shows that if there is an increase of 1 square meter of green zones per inhabitant in any district of the city, the average housing price would increase on average a 2,24% at the market for apartments and houses at residential estates. This means that the green zones of the Antonio Nariño Urban Center equal \$102.776.833.449 Colombian pesos of 2011.

KEY WORDS

Environmental appraisal, hedonistic prices, positive externalities, land use, public goods.

JEL CLASSIFICATION

Q59, H23, R52, H41

CONTENT

Introduction; 1. Hedonistic price methodology application background; 3. Results; 4. Conclusions; Bibliography; Attachments.

VALORAÇÃO AMBIENTAL DAS ZONAS VERDES DE UM CONDOMÍNIO EM BOGOTÁ, COLÔMBIA, COM O MÉTODO DE PREÇOS HEDÔNICOS

RESUMO

Este trabalho estima o valor das zonas verdes do condomínio Antônio Nariño na cidade de Bogotá, Colômbia, com a aplicação do método de preços hedônicos. Com informação da Enquete Multi-propósito para Bogotá de 2011 e sobre a densidade de zonas verdes por habitante, se constrói a função de preços hedônicos utilizando uma regressão de mínimos quadrados para um modelo de elasticidade constante (Log-Linear o Log-Log). O qual permite evidenciar que um aumento de um metro quadrado de zona verde por habitante em qualquer localidade da cidade de Bogotá, aumentaria em média 2,24% o preço de mercado de um apartamento localizado num edifício ou condomínio fechado. Isto significa que o valor das zonas verdes do Centro Urbano Antônio Nariño equivaleria a \$102.776.833.449 pesos colombianos de 2011.

PALAVRAS CHAVE

Valorização ambiental, preços hedônicos, externalidades positivas, uso da terra, bens públicos.

CLASSIFICAÇÃO JEL

Q59, H23, R52, H41

CONTEÚDO

Introdução; 1. Antecedentes sobre a aplicação da metodologia de preços hedônicos 2. Metodología; 3. Resultados; 4. Conclusões; Bibliografía; Anexos.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la información suministrada por el DANE (2012a), Bogotá es una ciudad que en el año 2002 contaba con cerca 6.500.000 habitantes; para finales del año 2015 la ciudad tenía una población cercana a los 7.900.000 y se espera que para el año 2020, llegue a los 8.400.000 habitantes. De acuerdo con la SDP (2011), esta dinámica poblacional ha hecho que Bogotá se consolide como una de las ciudades con mayor densidad poblacional de América Latina (191 habitantes/hectárea).

Además de ser una ciudad con una densidad poblacional muy alta, se observa que Bogotá tiene una disponibilidad de espacios verdes muy baja. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) la densidad de zonas verdes promedio (DZV) aconsejable para una ciudad es por lo menos 15m²/hab., y de acuerdo con la CCB (2011), Bogotá tiene 4,41 m²/hab., lo que equivale al 29 % de lo recomendado por la OMS.

Lo anterior podría afectar el bienestar de los habitantes de Bogotá, y es importante que se desarrollen políticas públicas que apunten a aumentar la cantidad de zonas verdes¹ disponibles en la ciudad, y como las unidades monetarias son, por excelencia, el lenguaje de los tomadores de decisiones, se plantea que el objetivo del presente artículo es mostrar, en términos económicos, cómo las zonas verdes urbanas influyen en los precios de las viviendas.

Para lograr este objetivo se decidió utilizar la metodología de precios hedónicos ya que "*... esta metodología lo que hace es asociar el precio de un bien mercadeable con las características que este posee, dentro de las cuales están los atributos ambientales*", según lo afirma el MAVDT (2003, p. 22).

El desarrollo metodológico analizó diferentes fuentes de información para construir un conjunto básico de información sobre el que se aplicaron un análisis cuantitativo y un desarrollo econométrico, que permitieron formular una función de precios hedónicos sobre la cual se cuantificó la influencia de las zonas verdes en el precio de un edificio o unidad residencial en la ciudad de Bogotá; así se encontró que un aumento de un metro cuadrado de zona verde por habitante, en cualquier localidad de la ciudad de Bogotá, aumentaría en promedio 2,24 % el precio de mercado de un apartamento localizado en un edificio o urbanización. Esto significa que el valor de las zonas verdes de la Urbanización Antonio Nariño equivaldría a \$102.776.833.449 pesos colombianos de 2011.

1 En este artículo se entiende zona verde como parque.

El presente artículo, en su primera parte, muestra los antecedentes de aplicación de la metodología de precios hedónicos en Colombia, Latinoamérica y el resto del mundo; posteriormente se detalla el proceso metodológico seguido, y finalmente se muestran los resultados obtenidos y las conclusiones a las que se llegó.

1. ANTECEDENTES SOBRE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PRECIOS HEDÓNICOS

En términos de antecedentes de aplicación de la metodología de precios hedónicos en Colombia, se puede mencionar el trabajo de Carriazo (1999), citado por Revollo (2009, p. 4) "*que estudia la disponibilidad marginal a pagar que tienen los consumidores de vivienda en Bogotá por un aire más limpio, llegando a la conclusión de que un aumento del 1 % en las emisiones de partículas suspendidas ocasiona una disminución del 0,13 % del precio de las viviendas*". Por otro lado, se encuentra a Morales y Arias (2005), que con información de la Encuesta de Calidad de vida 2003 del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), construyen un modelo de precios hedónicos que toma como variable dependiente el valor del arriendo de inmuebles reportado por quienes responden la Encuesta de Calidad de Vida 2003, y como variables independientes utiliza índices de condiciones de vida y características de los inmuebles. Por otra parte, Mendieta y Perdomo (2007) desarrollan un modelo de precios hedónicos que utiliza, entre otros, la econometría espacial para determinar los efectos que tiene la cercanía a estaciones del sistema de transporte masivo Transmilenio sobre los precios de las viviendas en la ciudad de Bogotá. El trabajo de Revollo (2009), al igual que Morales y Arias (2005), toma como fuente de información para el desarrollo de modelos de precios hedónicos la Encuesta de Calidad de Vida 2003, complementándola con información de instituciones como el Departamento Administrativo del Medio Ambiente (ahora Secretaría Distrital de Ambiente) y de Metro Cuadrado (empresa especializada en finca raíz en la ciudad de Bogotá). Revollo (2009) concluye sobre la influencia de las zonas verdes en la ciudad de Bogotá como un fenómeno diferenciador entre localidades ricas y pobres; la presencia de zonas verdes en localidades ricas influye de forma positiva sobre el precio de los inmuebles y, en contraste, la presencia de zonas verdes en localidades pobres influye de forma negativa sobre el precio de los inmuebles, demostrando que la seguridad se encuentra relacionada con la presencia de zonas verdes urbanas.

En el ámbito latinoamericano, Núñez y Schuvelin (2002) desarrollaron modelos de precios hedónicos para identificar variables que influyen de forma positiva o negativa sobre los precios de lotes nuevos de vivienda en la intercomuna Concepción-Chiguayante-San Pedro-Talcahuano (Región del Biobío, en el centro sur de Chile). Este trabajo cuantifica la influencia de variables individuales de las

viviendas en los precios finales de las mismas (p. e. número de baños, presencia de estacionamientos), así como características zonales o grupales (distancia al centro de la ciudad, densidad de construcción del sector); es importante observar que ninguna de las variables analizadas incluye calidad ambiental o presencia de zonas verdes. En esta misma línea temática se encuentra el trabajo de Quiroga (2005) que tiene un enfoque metodológico similar al tomado por Morales y Arias (2005); este estudio desarrolla un modelo de precios hedónicos con base en la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional de Chile de 2002 que, tras ser depurada, utilizó 14.171 registros y tomó como variable dependiente un valor hipotético de arriendo que pagarían quienes responden la encuesta. Uno de los hallazgos más relevantes de este estudio tiene que ver con que los modelos de precios hedónicos desarrollados concluyen que la presencia de zonas verdes en un radio de hasta 500 metros puede aumentar el precio de una vivienda en 7,7 %. En la consulta de experiencias latinoamericanas se encontró también el trabajo de Mardones (2006). Este estudio construyó el modelo de precios hedónicos con base en 158 registros de compraventas de casas de las ciudades de Concepción y Talcahuano, en Chile, e incluyó variables estructurales, de localización, ambientales y de seguridad. Es importante mencionar que dentro de las variables ambientales analizadas en este estudio se encuentra la presencia de zonas verdes, que para todos los modelos analizados reporta un efecto positivo sobre los precios de las viviendas de entre el 2 % y el 4 %.

Al analizar los antecedentes de aplicación de la metodología de precios hedónicos en países ubicados fuera de Latinoamérica, se encontró el trabajo de Poudyal, Hodges y Merret (2009) desarrollado para la ciudad de Roanoke, Virginia (Estados Unidos de América) tomando en cuenta 11.125 registros de ventas de casas para desarrollar un modelo de precios hedónicos que incluyó variables estructurales y de área. Los resultados de este ejercicio permiten a Poudyal, Hodges y Merret (2009, p. 980) concluir que "... un incremento de un 1% del área de parques urbanos en los barrios incrementaba el precio comercial de una casa en 0,03%". En esta misma línea, Sander, Polasky y Haight (2010) desarrolla modelos de precios hedónicos que analizan cómo la variación de la distancia de una vivienda a un parque influye en su precio, y concluyen que, si una vivienda se encuentra entre 100 y 250 metros de un parque, su precio de venta aumenta hasta en un 0,48 %. El estudio muestra también que, si se aumenta en un 10 % la cobertura de los árboles en un radio de 100 metros de una vivienda, esta incrementa su precio en 0,47 %.

Por otro lado, se encuentra el estudio desarrollado por Jim y Chen (2010), que analiza el efecto que tienen los parques urbanos en el precio de unidades residenciales privadas de entre 20 y 71 pisos en Hong Kong (China). El modelo de precios

hedónicos fue desarrollado incluyendo variables estructurales, de vista y de área, y concluye que los propietarios están dispuestos a pagar el equivalente a 14,9 % adicional del precio de venta del inmueble por tener un parque cerca de su vivienda. En los Ángeles-California (Estados Unidos de América), Saphores y Li (2012) desarrollaron dos modelos de precios hedónicos con base en 20.660 transacciones de casas. Los modelos permiten analizar el efecto que tienen tres tipos de amenidades ambientales; árboles urbanos, pasto con riego y pasto sin riego. El estudio concluye que la presencia de pastos con riego influye de forma positiva sobre el precio de las viviendas, contrastando con los pastos sin riego (espacios verdes públicos) que, en la gran mayoría de los barrios analizados, influyen de forma negativa sobre el precio de las viviendas. Para el caso de los árboles urbanos, se concluye que los habitantes de Los Ángeles no están dispuestos a pagar por el mantenimiento de árboles localizados en espacios públicos. El trabajo de Troy y Grove (2008) se desarrolla en Baltimore, Maryland (Estados Unidos de América) y encuentra una relación positiva entre la presencia de parques públicos y el precio de las viviendas; sin embargo, cuando los niveles de criminalidad (robos y violaciones) de un barrio se encuentran por encima del 406 % del promedio nacional, la presencia de parques públicos tiene una correlación negativa con los precios de venta de los inmuebles. Este hallazgo es consistente con el observado para la ciudad de Bogotá por Revollo (2009).

2. METODOLOGÍA

Sobre la Urbanización Antonio Nariño

Se escoge la Urbanización Antonio Nariño (UAN) porque no es común encontrar en la ciudad conjuntos residenciales con zonas verdes tan amplias y tan bien conservadas; adicionalmente, es necesario tener en cuenta que de acuerdo con el DANE (2012b), desde el segundo trimestre de 2003 no se han observado reducciones en los precios de las viviendas nuevas en Bogotá. Este fenómeno de apreciación de la tierra influye de forma negativa sobre la disponibilidad de espacios verdes en conjuntos familiares, de forma especial en los conformados por edificios, gracias a que el costo de oportunidad de tener áreas sin construir para los constructores es muy alto.

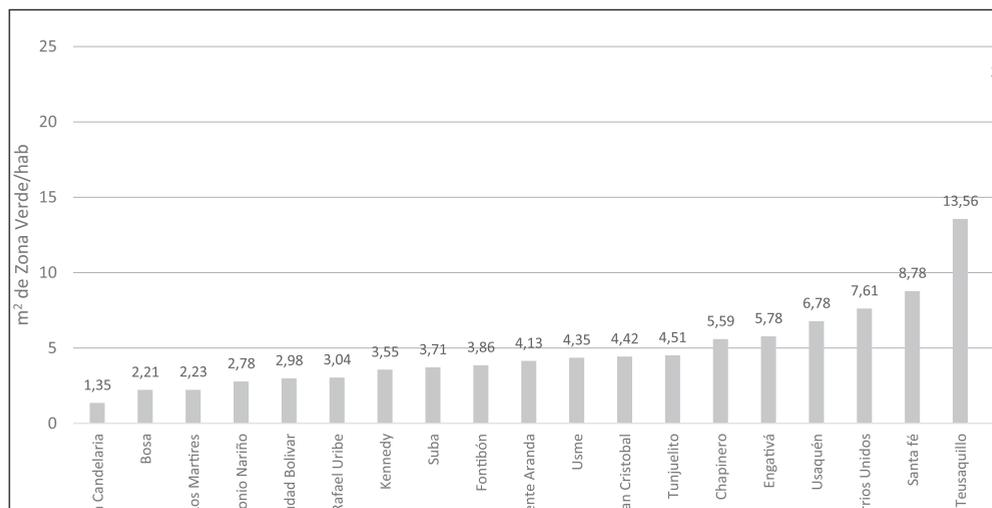
La UAN es uno de los conjuntos residenciales más antiguos de Bogotá, vecino de la localidad² de Teusaquillo y construido en 1958 con una capacidad de albergar a cerca de 6.000 personas; de acuerdo con Montoya (2005, p. 133) "*El multifamiliar de 960 viviendas se construyó en un terreno de 150.815 m² del cual solo un 11 % fue ocupado*"; esto quiere decir que la UAN cuenta con 132.718 m² de zonas verdes al que solo tienen

² Una localidad es una unidad de planeación urbana que agrupa barrios, Bogotá está compuesta por 20 localidades.

acceso los habitantes de la urbanización; por lo tanto, la UAN tiene una densidad de zonas verdes promedio (DZV) de 22,12 m²/hab.

La tabla 1 y el gráfico 1 presentan las DZV de referencia; allí se observa que el UAN tiene una DZV por encima de la de su localidad (Teusaquillo); de hecho, su DZV es mayor que la de cualquier localidad de la ciudad (ver gráfico 1) y es 402 % superior a la DZV bogotana.

Gráfico 1. Densidades de zonas verdes por localidad en Bogotá



Fuente: elaboración propia con información de CCB (2011, p. 16) y Montoya (2005, p. 133)

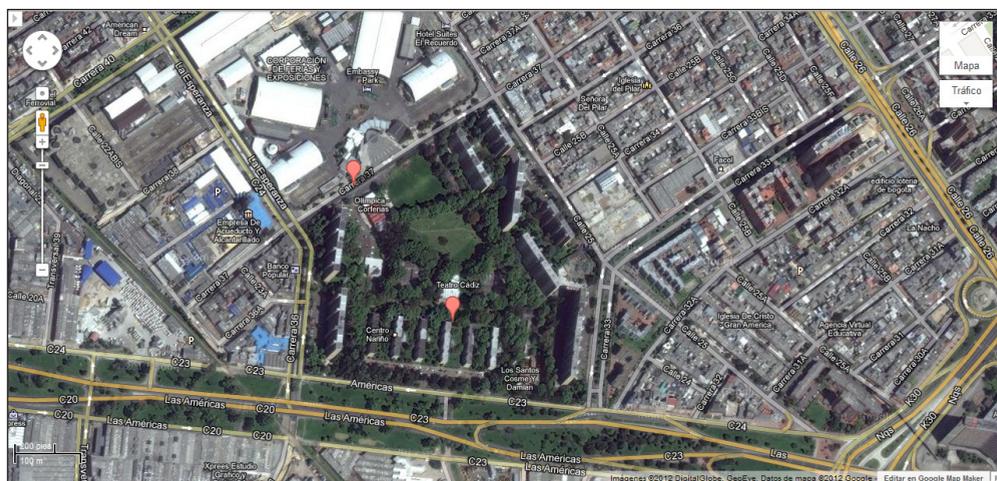
Tabla 1. Densidades de zonas verdes de referencia

Unidad Territorial	Nombre	(m ² /hab)
Localidades de Bogotá	Teusaquillo	13,56
	Puente Aranda	4,13
	La Candelaria	1,35
Ciudades	Bogotá	4,41
	Chicago	99,00
	Nueva York	9,00
	Lima	2,60
Conjunto residencial	UAN	22,12

Fuente: elaboración propia con información de CCB (2011, p. 16), Revista Semana (2012, p. 66) y Montoya (2005, p. 133)

De acuerdo con la información de la tabla 1 y el gráfico 1, se puede concluir que la UAN es un espacio que contrasta con el urbanismo de la ciudad de Bogotá; esto se debe, en esencia, a que, como lo menciona Montoya (2005), este conjunto residencial es coincidente con la construcción de la Avenida de las Américas, situación que le permite tener acceso a amplios terrenos para desarrollar un espacio urbanístico pensado desde el modernismo arquitectónico; según Montoya (2005, p. 126) esta tendencia arquitectónica tenía claro que "El problema de la vivienda ... es un problema urbanístico que... dio como resultado propuestas urbanas que se preocuparon por valorar lo comunitario". Esto se evidencia en el hecho de que los habitantes de la UAN disfrutaran de zonas verdes únicas, en términos de abundancia, seguridad y buen estado (ver figura 1).

Figura 1. Panorámica de la UAN, Bogotá, Colombia



Fuente: tomado de Google Maps 2012

Desarrollo del proceso metodológico

El proceso metodológico seguido buscó, como primera medida, construir una función de precios hedónicos que reflejara el valor de las zonas verdes dentro del precio de un inmueble; para esto se analizaron diferentes fuentes posibles de información con distintas coberturas espaciales y de información reportada. Al final se seleccionó la Encuesta Multipropósito de Bogotá de 2011 del DANE (2011) como fuente de información principal y esta, a su vez, se complementó con información de DZV para todas las localidades de Bogotá.

Una vez seleccionada la información base, se organizó y consolidó, se crearon variables que agruparan características específicas de los inmuebles y se depuraron

las variables para desarrollar la función de precios hedónicos; dicha función se trabajó a través de mínimos cuadrados, y con base en la transformación Box-Cox se escogió la mejor forma funcional que podía estimar la misma.

La implementación de la metodología de precios hedónicos parte del principio rector de que a partir de un bien mercadeable que derive su precio con base en las características del mismo, es posible aislar y cuantificar la influencia que tiene cada característica sobre el precio del bien. Tras analizar los trabajos de Poudyal, Hodges y Merret (2009), Jim y Chen (2010), Mardones (2006), Mendieta y Perdomo (2007), Morales y Arias (2005), Nuñez y Schovelin (2002), Quiroga (2005), Revollo (2009), Sander, Polashy y Haight (2010), Saphores y Li (2012) y Troy (2008), se encontró que la práctica común en la aplicación de la metodología de precios hedónicos muestra que el bien mercadeable por excelencia a ser utilizado para generar una función hedónica es la vivienda. En este orden de ideas, y con base en la teoría de la metodología del MAVDT (2003), se plantea que el precio de una vivienda tiene tres determinantes principales (ver ecuación 1):

$$P_q = P_q(Z, A, N) \quad [1]$$

Donde:

P_q : Precio de mercado de la vivienda

Z: Vector de las características estructurales del inmueble,

A: Vector de atributos ambientales del entorno

N: Vector de características del vecindario

La información presentada en la ecuación 1 fue el punto de partida del presente estudio, toda vez que dio la pauta sobre los requerimientos de información para elaborar la función de precios hedónicos. Era claro que se buscaba generar una función de precios hedónicos con la cual se pudiera obtener el precio de las zonas verdes de la UAN, razón por la cual el primer proceso realizado fue obtener la información de las variables de la ecuación 1 de la UAN, es decir, levantar características estructurales del inmueble, atributos ambientales del entorno y características del vecindario. Lo anterior, aunque posible, suponía un problema esencial consistente en la homogeneidad de los registros que fueran levantados, es decir, muchos registros con las mismas características (p. e., igual número de baños, cuartos, cercanía muy similar a zonas verdes y las mismas características de vecindario para todos los registros. Adicional a lo anterior, es importante observar que la DZV de la UAN supera en más de cuatro veces el promedio de todo Bogotá, razón por la cual era necesario tener en cuenta esta realidad analizando inmuebles por fuera de la UAN.

El paso a seguir fue analizar fuentes potenciales de información tomando como base las experiencias de implementación de la metodología de precios hedónicos en Bogotá por parte de Revollo (2009), Mendieta y Perdomo (2007), y Morales y Arias (2005). Dichos estudios fueron hechos con base en³ información inmobiliaria suministrada por la empresa Metrocuadrado (empresa del sector inmobiliario bogotano), información catastral e información socioeconómica del DANE. Las fuentes identificadas fueron consultadas y se encontró que solo se podía tener acceso a la información socioeconómica de la encuesta multipropósito para Bogotá (EMB) de 2011.

De acuerdo con Bustamante (2011, p. 2), la EMB 2011 es una herramienta que permite "... realizar el seguimiento, evaluación y formulación de políticas en la ciudad". Dicha herramienta de tipo de *Living Standards Measurement Study*, según el DANE (2011), consiste en 16.508 encuestas de cerca de 170 preguntas que incluyen temas como "educación, salud, empleo (caracterización y satisfacción), uso y cobertura de tecnologías de información, victimización y percepción de seguridad, uso del tiempo, movilidad urbana, participación en redes sociales y de satisfacción en la calidad de vida urbana". Tras analizar las variables contenidas en la EMB 2011, se observó que contaba con la información necesaria para implementar la metodología de precios hedónicos en la ciudad de Bogotá. El único problema que suponía el uso de esta fuente de información era que no había forma de saber qué registros de las misma correspondían a la UAN; sin embargo, las preguntas de la encuesta incluyen un nivel de detalle de localización del registro, hasta localidad; esto significaba que era posible saber que se estaban tomando en cuenta viviendas en la localidad de Teusaquillo con características similares a las de la UAN. Adicional a esto, se observó la posibilidad de complementar la información contenida en la EMB de 2011 con hallazgos de otros estudios realizados en Bogotá que referencien resultados por localidad.

Como variables dependientes del modelo se analizaron variables que capturan información como la cantidad de dinero que gasta un hogar al mes en arriendo, el costo de su vivienda en el momento de la adquisición y una pregunta hipotética sobre el valor en el que vendería la vivienda. De estas tres opciones se decidió tomar la respuesta de la pregunta ¿Cuál fue el valor de compra? y llevar todos los valores a valor presente de 2011. Sobre la variable dependiente es importante observar que la misma es una afirmación hecha por el individuo que responde la pregunta, y no un registro de compra y venta; sin embargo, la encuesta genera, por lo menos, dos registros que pueden ser utilizados como controles de la veracidad de la información (estrato y potencial valor de venta del inmueble); gracias a esto,

3 No todos los estudios utilizan las mismas fuentes.

se decidió que la variable dependiente era confiable y apta para ser utilizada dentro del presente estudio.

Las variables independientes a ser incluidas en el modelo de precios hedónicos debían reportar características estructurales del inmueble, atributos ambientales del entorno y características del vecindario. Como parte de las características de los atributos ambientales del entorno se creó un índice de desamenidad⁴ ambiental zonal (IDAZ) que tenía como objetivo identificar la presencia de características no amenas o no agradables del componente ambiental de la zona, como botaderos de basura y aeropuertos, entre otros. Dentro del análisis cuantitativo, el IDAZ fue manejado como una variable categórica. Para el caso de las características de propiedades del vecindario se creó un índice de desamenidad social (IDS); dicho índice evaluaba presencia de características no amenas o no agradables del componente social, como bares o prostíbulos y expendios de drogas, entre otros. Dentro del análisis cuantitativo el IDS fue manejado como una variable categórica. Las características estructurales del inmueble fueron analizadas de forma individual dentro del modelo para encontrar cuáles de las reportadas tenían mayor influencia dentro del precio.

Para cuantificar el peso de amenidades ambientales dentro del modelo, en específico de las zonas verdes, se decidió analizar dos variables de la EMB de 2011; la primera una variable dummy ¿Este hogar dispone de zonas verdes o zonas de propiedad común?; la segunda fue una variable categórica ¿Cuánto tiempo gastan caminado las personas de este hogar para llegar a los siguientes servicios o establecimientos más cercanos a la vivienda? Parque o zonas verdes. Sobre esta variable es importante observar que refleja presencia de zonas verdes y cercanía a las mismas, y se resalta porque las zonas verdes de la UAN son grandes en comparación con el resto de la ciudad. Para incluir este componente se consultaron varias fuentes, y se encontró que la mejor fuente de información era un estudio del DAPD (2004) de la Alcaldía de Bogotá que reportaba la DZV de Bogotá por localidad; dicha información fue incluida en la base por localidad. Tras la inclusión de esta variable, se contaba con una base que mostraba las variables requeridas para generar el modelo de precios hedónicos. Previo al desarrollo de los modelos, se depuró el número de registros a ser utilizados tomando en cuenta solo apartamentos localizados en edificios y/o conjuntos residenciales cerrados; esto con el fin de mantener las características de los registros lo más parecidas posible a las que tendría la UAN. En total, el modelo final fue creado con registros de 755 apartamentos localizados en la ciudad de Bogotá.

4 En este contexto, una desamenidad es una característica no amena o no agradable

Una vez consolidada la base⁵, se procedió a generar el modelo de precios hedónicos que tomó como variable dependiente el valor presente de la venta del inmueble, y como variables dependientes tomó los índices desarrollados, las variables estructurales individuales y las tres características ambientales evaluadas. A través de la transformación Box Cox se encontró que el mejor ajuste del modelo se lograba al tener una estructura *log* lineal. Al final se corrió una regresión *stepwise en Stata* y se construyó el modelo final del estudio.

3. RESULTADOS

La tabla 2 muestra el listado de variables que fueron incluidas en el modelo final junto con una descripción de cada variable y el signo esperado de la misma.

Tabla 2. Descripción de variables finales empleadas en este estudio

<i>Símbolo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Signo esperado</i>
MP	Material de los pisos. Variable categórica que toma el material más costoso en la primera categoría y el menos costoso en la última categoría.	Negativo
NC	Número de cuartos. Variable escalar	Positivo
AT	Presencia de azotea o terraza. Variable dummy.	Positivo
G	Presencia de garaje. Variable dummy	Positivo
JP	Presencia de jardín o patio. Variable dummy	Positivo
DZV	Densidad de zonas verdes. Variable escalar reportada en m2 de zona verde y parque por habitante.	Positivo
E	Estrato. Variable categórica que según Uribe (2008, p. 141) muestra el "... sistema de clasificación de las viviendas de las ciudades colombianas en categorías definidas por la calidad del entorno y de los materiales empleados". La menor categoría significa menores ingresos económicos y más altas necesidades básicas insatisfechas (NBI).	Positivo
NB	Número de baños. Variable escalar.	Positivo
LogVPN	Logaritmo natural del VPN del precio de compra del inmueble. Variable escalar presentada en pesos de 2011.	Variable dependiente

Fuente: elaboración propia

Es importante observar que el análisis inicial incluyó los índices elaborados (IDAZ, IDS); sin embargo, ninguno de los dos fue encontrado significativo dentro

5 Esta base de datos se puede compartir tras solicitud de un investigador al correo: economia.ambiental.u@gmail.com

del modelo, razón por la cual no fueron tenidos en cuenta en el modelo de precios hedónicos final. Dentro del IDS se analizaban variables asociadas a seguridad, con el objetivo de observar si se confirmaba el comportamiento observado por Troy y Grove (2008) sobre la influencia negativa que tenía la presencia de altos niveles de criminalidad sobre el precio de un inmueble cuando este se encontraba cerca de una zona verde; se analizó la influencia individual que tenían las variables de percepción de seguridad y se encontró que, aunque los signos de los coeficientes se estaban dentro de las expectativas, ninguna de las variables que expresaban índices de criminalidad o estado de seguridad fue considerada como significativa.

La tabla 3 presenta el modelo de precios hedónicos final que tuvo un ajuste general (R^2) de 0,72. El modelo fue sometido a la prueba de heterocedasticidad Breusch-Pagan / Cook-Weisberg que permite inferir que, aunque presente, la heterocedasticidad no generaba problemas cuantitativos significativos, razón por la cual se confirmó que el modelo presentado en la ecuación 2 es el modelo final del presente estudio⁶. Dicho modelo muestra que todos los signos esperados de los coeficientes correspondieron con los mostrados en la tabla 3; adicional a esto, el modelo tiene una significancia general muy buena (significativo al 5 %) y todas las variables del mismo son significativas al 5 %, razón por la cual se puede afirmar que el modelo es sólido y tiene la capacidad de generar resultados confiables.

Tabla 3. Coeficientes y significancias variables finales

<i>Variable</i>	<i>Coefficiente</i>	$P > t $
MP	-0,03	0,0060
NC	0,04	0,0150
AT	0,17	0,0000
G	0,14	0,0000
JP	0,07	0,0390
NB	0,23	0,0000
DZV	0,02	0,0000
E	0,36	0,0000
Constante	16,32	0,0000

Fuente: elaboración propia

6 En el Anexo A se presentan las pruebas de robustez y significancia del modelo estimado de precios hedónicos.

Con base en la ecuación 2 se concluye que un aumento de un metro cuadrado de zona verde por habitante, en cualquier localidad de la ciudad, aumentará en promedio 2,24 % el precio de un apartamento localizado en un edificio o conjunto cerrado.

$$\begin{aligned} \text{LogVPN} = & 0,03\text{MP} + 0,04\text{NC} + 0,17\text{AT} + 0,14\text{G} + 0,07\text{JP} \\ & + 0,23\text{NB} + 0,02\text{DZV} + 0,36\text{E} + 16,32 \end{aligned} \quad [2]$$

Con base en lo anterior, se puede concluir que el valor de las zonas verdes de la UAN se puede estimar de la siguiente forma;

1. Como primera medida se calcula el precio total de los 960 apartamentos que conforman la unidad habitacional (PTA).

$$\text{PTA} = (960 * \$220.000.000) = \$211.200.000.000 \quad [3]$$

2. En segundo lugar, se aplica el 2,24 % al precio total de los inmuebles obteniendo de esta forma la fracción del precio que se perdería si hay una disminución de una unidad de la DZV de la UAN (FPDDZV).

$$\text{FPDDZV} = \$211.200.000.000 * 2,24\% = \$4.646.400.000 \quad [4]$$

3. El paso a seguir consiste en calcular la cantidad de área que debería sustraerse del área de zonas verdes actual para obtener una reducción de la DZV de una unidad. Para hacer esto es necesario recordar que la DZV de la UAN fue calculada tomando el área de la zona verde y dividiéndola por la capacidad instalada del conjunto. De esta forma se concluye que, si se mantiene constante la población, 6.000m² de zona verde equivaldrán a un aumento o disminución de una unidad de la DZV de la UAN.
4. Al final se toma la FPDDZV y se divide en el área necesaria para disminuir le DZV de la UAN. De esta forma se obtiene el valor promedio de un metro cuadrado de zona verde de la UAN. De manera que si se quiere obtener el valor total de las zonas verdes, solo es necesario multiplicarlo por el área de las zonas verdes.

$$\text{VZV} = \frac{\$4.646.400.000}{6.000\text{m}^2} = 774.400 \frac{\$}{\text{m}^2} * 132.718\text{m}^2 \quad [5]$$

De acuerdo con los cálculos, el valor de las zonas verdes de la UAN equivaldría a \$102.776.833.449 pesos constantes colombianos de 2011 (US\$ 57.098.241⁷).

⁷ Se asume una Tasa de conversión de 1800 pesos por dólar americano (TRM a septiembre de 2011, serie histórica del Banco de la República).

4. CONCLUSIONES

La EMB de 2011 es una importante fuente para el desarrollo de estudios relacionados con la economía ambiental; sin embargo, su utilización debe ser hecha teniendo claridad en que la información contenida en la misma tiene un alto grado de subjetividad, que es una clara debilidad del presente estudio, gracias a que la fuente de toda la información son los individuos que responden la encuesta; de manera que información relacionada con el precio de compra de la vivienda o con la proximidad a amenidades y/o características no amenas o no agradables puede distar de forma significativa de la realidad. A pesar de esta condición, los cálculos presentados en este artículo son aproximaciones técnicas válidas de fenómenos económicos ambientales de la ciudad de Bogotá.

En términos de mejoras potenciales sobre la información utilizada sobre la presencia, cercanía, y abundancia de zonas verdes, se observa que los datos de DZV podrían utilizarse a un mayor nivel de detalle que simplemente la localidad, los datos de proximidad a zonas verdes podrían ser trabajados a través de econometría espacial. Adicional a la econometría espacial, los análisis econométricos podrían ser refinados incluyendo diferentes categorías de espacios verdes para poder determinar los efectos individuales que cada categoría tendría sobre los precios de los inmuebles.

El principal logro del estudio se concentra en la cuantificación del efecto que tiene la DZV en los precios de apartamentos localizados en edificios o conjuntos cerrados de la ciudad de Bogotá; sobre esto se concluye que un aumento de un metro cuadrado de zona verde por habitante en cualquier localidad de la ciudad aumentará en promedio 2,24 % el precio de un apartamento localizado en un edificio o conjunto cerrado, y con base en este hallazgo se concluye que, a la luz de la aplicación de la metodología de precios hedónicos, el valor de las zonas verdes de la UAN equivaldría a \$102.776.833.449 pesos constantes colombianos de 2011.

Con base en lo anterior, se plantea que es recomendable que la Alcaldía de Bogotá trabaje de forma más decidida en programas de aumento de los espacios verdes urbanos, toda vez que estos generan un bienestar tangible. En este orden de ideas, se recomienda aumentar el espectro de cobertura de estudios económico ambientales en la ciudad de Bogotá, para, de esta forma, mejorar los criterios de toma de decisión sobre asignación de recursos y asignación de uso del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Bustamante, J. (2011). Lanzamiento Primera Encuesta Multipropósito para Bogotá 2011. DANE. [En línea] Bogotá, 4p.
- CCB -Cámara de Comercio de Bogotá- (2011). Observatorio de la Gestión Urbana: avaces y retos de la gestión pública, ordenamiento territorial, renovación urbana y espacio público. [En línea] Cámara de Comercio de Bogotá, 60p.
- Carriazo, F. (1999). Impactos de la contaminación del aire en el precio de la vivienda: una valoración económica para Santa Fe de Bogotá. Tesis de grado para Maestría en el programa de Economía del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad de los Andes, Bogotá, 59p.
- DANE -Departamento Administrativo Nacional de Estadística- (2011). Descripción de la Encuesta Multipropósito para Bogotá Distrito Capital - EMB - 2011. [En línea], Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Bogotá, Departamento Administrativo de Planeación Distrital.
- DANE -Departamento Administrativo Nacional de Estadística- (2012a). Estimaciones de población 1985 – 2005. [En línea] DANE, Bogotá.
- DANE -Departamento Administrativo Nacional de Estadística- (2012b). Índice de precios de vivienda nueva - IPVN. [En línea] DANE, Bogotá.
- DAPD -Departamento Administrativo de Planeación Distrital- (2004). Recorriendo Bogotá.D.C. Una aproximación desde las localidades del Distrito. [En línea], Departamento Administrativo de Planeación Distrital. Bogotá, Departamento Administrativo de Planeación Distrital, Alcaldía de Bogotá, 99p.
- Jim, C., y Chen, W. (2010). External effects of neighbourhood parks and landscape elements on high - rise residential value. En: Land Use Policy, Vol. 27, N.º 2, pp. 662-670.
- Mardones, C. (2006). Impacto de la percepción de la calidad del aire sobre el precio de las viviendas en Concepción-Talcahuano, Chile. En: Cuadernos de Economía, Vol. 43, N.º 128, pp. 301-329.
- MAVDT -Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial- (2003). Guía Metodológica para la Valoración Económica de Bienes, Servicios Ambientales y Recursos Naturales. [En línea], Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá.
- Mendieta, J. C., y Perdomo, J. A. (2007). Especificación y estimación de un modelo de precios hedónicos espacial para evaluar el impacto de transmilenio sobre el valor de la propiedad en Bogotá. Universidad de los Andes, Centro de Estudios Económicos. Bogotá: Universidad de los Andes, 44p.
- Montoya, A. P. (2005). El Centro Urbano Antonio Nariño, un nuevo concepto de vivienda y vida urbana. En: Revista Urbanismos, núm. 2, pp. 125-137.
- Morales Zurita, L., y Arías Arbeláez, F. A. (2005). La Calidad de la Vivienda a través de enfoques hedónicos individuales y agregados espaciales. En: Revista Sociedad y Economía, N.º 9, pp. 47-80.

- Núñez Cerda, F., y Schovelin Surhoff, R. (2002). Estimación de un modelo Hedónico para conjuntos de viviendas nuevas. *Revista Ingeniería Industrial*, N.º 1, pp. 15-25.
- Poudyal C., N., G. Hodges, D., y Merrett, C. (2009). A hedonic analysis of the demand for and benefits of urban recreation parks. *En: Land Use Policy*, Vol. 26, N.º 4, pp. 975-983.
- Quiroga, B. (2005). Precios hedónicos para valoración de atributos de viviendas sociales en la región metropolitana de Santiago. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Instituto de Economía, 26p.
- Revista Semana (2012). El Centro Unido: Bogotá y Cundinamarca deben trabajar de la mano para enderezar el rumbo. *Publicaciones Semana*, Bogotá, *Revista Semana*, No 1577, p. 66-67.
- Revollo, D. A. (2009). Calidad de la vivienda a partir de la metodología de precios hedónicos para la ciudad de Bogotá-Colombia. *En: Revista Digital Universitaria*, N.º 7, pp. 2-17.
- Sander, H., Polasky, S., y Haight, R. (2010). The value of urban tree cover: A hedonic property price model in Ramsey and Dakota Counties. *En: Ecological Economics*, núm. 69, pp. 1646-1656.
- Saphores, J. D., y Li, W. (2012). Estimating the value of urban green areas: A hedonic pricing analysis of the single family housing market in Los Ángeles, CA. *Landscape and Urban Planning*, N.º 104, pp. 373-387.
- SDP -Secretaría Distrital de Planeación- (2011). *Futuro Capital*. [En línea] Secretaría Distrital de Planeación, Bogotá, Alcaldía de Bogotá, 32p.
- Troy, A., y Grove, M. (2008). Property values, parks, and crime: A hedonic analysis in Baltimore, MD. *En: Landscape and Urban Planning*, N.º 87, pp. 233-245.
- Uribe Mallarino, C. (2008). Estratificación social en Bogotá: de la política pública a la dinámica de la segregación social. *En: Universitas humanística*, Vol. 65, N.º 65, pp. 139-171.

ANEXO A

Pruebas de robustez y significancia del modelo de precios hedónicos

(R)						
Statistics/Data Analysis						
Source	SS	df	MS	Number of obs = 755		
Model	325.491779	8	40.6864724	F(8, 746) = 249.91		
Residual	121.451941	746	.162804211	Prob > F = 0.0000		
				R-squared = 0.7283		
				Adj R-squared = 0.7253		
				Root MSE = .40349		

LogVPN	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
MP	-.0359403	.0130427	-2.76	0.006	-.061545	-.0103355
NC	.0410041	.0167709	2.44	0.015	.0080803	.0739278
AT	.1778063	.0419321	4.24	0.000	.0954875	.2601252
G	.1433111	.0357359	4.01	0.000	.0731562	.213466
JP	.0725501	.0350309	2.07	0.039	.0037793	.141321
DZV	.0224654	.0048946	4.59	0.000	.0128565	.0320743
E	.3638425	.022592	16.10	0.000	.3194911	.408194
NB	.231499	.025444	9.10	0.000	.1815487	.2814493
Constante	16.32883	.0937403	174.19	0.000	16.14481	16.51286

Fuente: elaboración propia