

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE ECONOMÍA
MAESTRÍA EN ECONOMÍA DEL MEDIO AMBIENTE
Y LOS RECURSOS NATURALES
PEMAR
BOGOTÁ, D.C.

IMPACTO DE LAS POLÍTICAS DE RECUPERACIÓN DE CUERPOS DE AGUA
SOBRE EL VALOR DEL ARRENDAMIENTO DE LA VIVIENDA EN BOGOTÁ

Por

Diana Hernández Hernández

Asesor

Eduardo Uribe Botero

Julio de 2004

IMPACTO DE LAS POLÍTICAS DE RECUPERACIÓN DE CUERPOS DE AGUA SOBRE EL VALOR DEL ARRENDAMIENTO DE LA VIVIENDA EN BOGOTÁ 3

Introducción	3
1. Aplicación de la Metodología de Precios Hedónicos	6
2 El Modelo de Precios Hedónicos	11
2.1 Mercado de Vivienda	11
2.2 Función de Precios Hedónicos	12
2.3 Modelo para Arrendamiento	14
2.4 Estimación de la Función de Precios Hedónicos	21
2.5 Limitaciones del Enfoque Hedónico	23
3. Aplicación del Modelo Hedónico para Arrendamiento	24
3.1 Zona de Estudio	24
3.2 Descripción de la Información	28
3.3 Estimación del Modelo Econométrico	33
3.4 Resultados	36
3.5 Limitaciones del Modelo	39
4. Conclusiones	40
Referencias	42
Anexo I. Salidas Econométricas de los Modelos	44

Impacto de las Políticas de Recuperación de Cuerpos de Agua Sobre el Valor del Arrendamiento de la Vivienda en Bogotá

Introducción

El sistema hídrico de la ciudad de Bogotá es el conjunto de cuerpos de agua naturales y/o artificiales que hacen parte del drenaje del Distrito Capital, abarca 4 grandes ríos, 13 humedales, cerca de 100 quebradas y aproximadamente 50 canales, estos incluyen tanto la zona de ronda hidráulica, ZR¹, como su zona de manejo y preservación ambiental, ZMPA². De acuerdo con el Acueducto de Bogotá "El sistema hídrico se desarrolla dentro de la Estructura Ecológica Principal de la ciudad de Bogotá, la cual es la red de espacios y corredores que sostienen y conducen la biodiversidad y los procesos ecológicos esenciales a través del territorio, en sus diferentes formas e intensidades de ocupación, dotando al mismo de servicios ambientales para su desarrollo sostenible"³.

Los problemas que afectan la conservación de estos ecosistemas surgen de la conjugación de diferentes factores originados por el desconocimiento de los beneficios que aportan a la comunidad. En primer lugar la disposición final sin ningún tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales. A esto se suma el costo de oportunidad del suelo frente a la demanda de espacio para vivienda, que se refleja en el relleno sistemático del ecosistema con basuras y escombros para albergar una parte considerable de la población con escasos recursos económicos. Por último, la escasa planificación del uso del suelo de la ciudad, que

¹ Se define ronda hidráulica como la franja paralela a la línea media del cauce o alrededor de los cuerpos de agua, que contempla las áreas inundables para el paso de las crecientes no ordinarias, y las necesarias para su protección y el equilibrio ecológico, hasta de 30 metros de ancho. Acueducto de Bogotá http://www.acueducto.com.co/ambiental_v2/01sistema_hidrico/main.htm

² Se define la zona de manejo y preservación ambiental como la franja contigua a la ronda hidráulica destinada principalmente a su protección y preservación, así como al mantenimiento de los cuerpos de agua, es decir, es la zona destinada para la transición entre la ciudad construida y el cuerpo de agua. Acueducto de Bogotá http://www.acueducto.com.co/ambiental_v2/01sistema_hidrico/main.htm

³ Acueducto de Bogotá. http://www.acueducto.com.co/ambiental_v2/03gestion/c_02_01.htm

no integra los elementos artificiales, naturales, públicos y privados en la construcción de un hábitat urbano balanceado. Una consecuencia de esto es el precario estado de conservación que presenta la mayoría de estos ecosistemas, reflejada en la pérdida de gran parte de su extensión original por procesos de colmatación, terrificación y rellenos, la severa contaminación de sus aguas con desechos domésticos e industriales que produce la ciudad y la notable disminución de la flora nativa y fauna silvestre.

Dentro del marco normativo vigente⁴, el Gobierno Distrital y en su nombre el Acueducto de Bogotá está en la obligación de garantizar las condiciones ambientales de los componentes del Sistema Hídrico, accesibilidad a estos y el equipamiento necesario para su apropiación y disfrute por parte de la ciudadanía. La Estructura Ecológica Principal de la ciudad de Bogotá se enmarca en la gestión ambiental que ejecuta el Acueducto de Bogotá cuya finalidad es la preservación y restauración ecológica de los elementos constitutivos del sistema hídrico.

El propósito fundamental de este trabajo es determinar si los proyectos que se han ejecutado y que están asociados a la Estructura Ecológica Principal tienen efecto sobre el valor del arrendamiento de la vivienda, a partir de la estimación de la Función de Precios Hedónicos para el mercado de arrendamiento de Bogotá. Se usará esta función para establecer si la proximidad a uno o varios de los cuerpos de agua que han sido recuperados integralmente dentro de la gestión ambiental del Acueducto de Bogotá es un determinante del valor del arrendamiento de la vivienda en la ciudad. La importancia del tema radica en encontrar los efectos en el bienestar de programas de recuperación integral de ecosistemas, que implica a su vez la recuperación de espacio público, teniendo en cuenta que los espacios urbanos por su naturaleza son bienes públicos y por lo tanto al asignar valor económico a estos bienes se pueden evaluar políticas de recuperación y/o conservación. (Carriazo, Mendieta, Hernández, et al , 2003)

⁴ El Decreto 1504 de 1998 incluye los humedales y sus zonas de ronda entre los elementos constitutivos naturales del espacio público, Ley 357 de 1997 por la cual se ratifica la Convención de Ramsar, el Decreto 619 de 2000 por el cual se adopta el POT, artículos 26, 48, 54 y 55 y los acuerdos 19 de 1994 y 06 de 1990.

Existe gran evidencia acerca de la importancia que tienen los atributos ambientales, como el disfrute de ambientes naturales, en el bienestar de los residentes de una ciudad; ver por ejemplo, Doss and Taff (1996), Milon, Gressel y Mulkey (1984). Para el caso de Bogotá, un análisis de las preferencias por la proximidad a cuerpos de agua recuperados permitiría a los diseñadores de política determinar la importancia que este tipo de bienes públicos tiene en el bienestar de los ciudadanos (Carriazo, Mendieta, Hernández, et al. , 2003) y por ende justificar la inversión dirigida a los programas de recuperación integral de los componentes del sistema hídrico planeados y desarrollados por instituciones o empresas distritales como el Acueducto de Bogotá.

La aplicación de la Metodología de Precios Hedónicos permite determinar los valores implícitos de atributos ambientales, que pueden agregar o disminuir valor. En este documento se aplica la metodología para establecer si la proximidad a un cuerpo de agua recuperado es determinante del valor del arrendamiento de una vivienda. Este ejercicio hedónico se realiza utilizando el valor del arrendamiento como variable de estudio con el fin de analizar el mercado de arrendamiento en Bogotá, a partir de las herramientas de la metodología hedónica.

Este documento se desarrolla de la siguiente manera: En la sección 1 se hace una revisión de la literatura disponible sobre la valoración de cuerpos de agua utilizando la Metodología de Precios Hedónicos y sobre los estudios que han aplicado este método usando el valor del arrendamiento. En la sección 2 se discute las generalidades de la aproximación hedónica. En la sección 3 se presenta la aplicación del Modelo de Precios Hedónicos que se utiliza para determinar el precio implícito de los cuerpos de agua recuperados por el Acueducto en Bogotá encontrado en el estudio. En la última sección se muestran las conclusiones.

1. Aplicación de la Metodología de Precios Hedónicos

De acuerdo con Hoesli, Thion y Watkins (1997), la Metodología de Precios Hedónicos se ha utilizado para diversos propósitos⁵. Específicamente en el campo de la valoración económica ambiental se ha utilizado para estimar el precio implícito de una amplia variedad de atributos ambientales que, como la calidad del aire, el nivel de ruido, pueden aumentar o disminuir el precio de un inmueble. En particular, la proximidad a cuerpos de agua genera servicios como el disfrute paisajístico si el ecosistema se encuentra en buen estado, de lo contrario, éste se convertiría en un mal puesto que aumenta el riesgo de inundación, la presencia de malos olores, entre otros y por consiguiente disminuiría el valor de la vivienda.

Estos aspectos han sido valorados por un amplio número de estudios; por ejemplo Michael, Boyle y Bouchard (1996) mencionan varios estudios realizados a partir de 1968 sobre la estimación del precio implícito de la calidad del agua utilizando el Enfoque Hedónico. Un aspecto como el riesgo de inundación fue estudiado por Vidaurre (2002), quien encontró que un incremento en la probabilidad de que una vivienda sufra los efectos de las inundaciones en épocas de lluvias a consecuencia de desbordes del Río Tagarete, ocasiona una disminución en el precio de las viviendas de la zona este de la ciudad de Oruro, Bolivia, teniendo en cuenta si los hogares toman medidas preventivas, o no lo hacen. En cuanto a la proximidad a cuerpos de agua se encuentra Brown y Pollakowsky (1975), Milon, Gressel y Mulkey (1984), Doss y Taff (1996), Mahan (1997), Luttik (2000), Rodríguez (2003) y Carriazo, Mendieta, Hernández et al. (2003)

Luttik (2000) realizó un estudio en dos etapas para determinar la influencia de diferentes atributos ambientales en el precio de la vivienda en Holanda. De acuerdo con este autor el atributo que más influencia el precio de la vivienda es la proximidad de cuerpos de agua. En la primera etapa estimó por medio de una regresión lineal el precio del inmueble a partir

⁵ Por ejemplo, para examinar el efecto de un sistema de planeación de vivienda, para determinar el impacto de mejorar la infraestructura de transporte o para crear índices de precios de vivienda para corregir el efecto de la heterogeneidad de los inmuebles, entre otros.

de sus características estructurales. La diferencia entre el precio estimado y el precio real fue atribuida a los atributos del entorno que incluyen disfrute de ambientes naturales, presencia de ruido, transporte público, entre otros. Esta diferencia se tradujo en un indicador de ubicación⁶. En la segunda etapa este indicador es relacionado con las variables de atributos del entorno por medio de una regresión lineal.

Brown y Pollakowsky (1975) examinaron la proximidad y el tamaño de los espacios abiertos de los cuerpos de agua como dos atributos de la localidad, considerando éstos como sitios sin desarrollar con un uso público. Escogieron tres áreas dentro de la ciudad de Seattle. El contorno de cada área estudiada fue establecido con base en trabajos anteriores que indican que la contribución del recurso “agua” al valor de una propiedad no es significativa después de 4.000 pies de distancia a la orilla del cuerpo, aproximadamente 1400 m. Los autores asumieron que el precio del atributo varía de forma no lineal con la cantidad, estableciendo entonces una función semilog. Para determinar la cantidad óptima de espacio abierto alrededor del cuerpo de agua se utilizó el método de precios hedónicos para encontrar la función de precio implícito para el espacio abierto. Esta fue interpretada como la disponibilidad a pagar por este atributo.

Milon, Gressel y Mulkey (1984) estudiaron el valor de la accesibilidad y proximidad a un cuerpo de agua para Apalachicola Bay, el sistema estuarino más grande ubicado al noroeste de Florida, donde hay tres localidades con características similares pero con proximidad y accesibilidad al cuerpo de agua diferente. El estudio encontró que el mercado de vivienda está segmentado por localidad y dadas las condiciones socioeconómicas similares de la zona es más probable que estas diferencias se deban a la disponibilidad de atributos ambientales. Adicionalmente los autores encontraron que dependiendo de la forma funcional de la Función de Precios Hedónicos los efectos en el bienestar varían significativamente

⁶ Este indicador de ubicación está definido de acuerdo con la siguiente expresión, donde \hat{P} es el precio de la vivienda estimado en la primera etapa y P es el precio real de la vivienda.

$$i = \frac{\hat{P} - P}{\hat{P}}$$

Doss y Taff (1996) estudiaron en el Condado de Ramsey, Minnesota la influencia que tiene la proximidad de un humedal sobre el precio de las residencias unifamiliares, teniendo en cuenta la clasificación propuesta por los autores que incluye cuatro tipos de humedales⁷. La muestra está compuesta por 32.417 propiedades que tenían cerca un humedal de cualquier tipo en un rango de 1.000 metros a la redonda. La forma funcional utilizada es cuadrática con respecto a la distancia, ya que permite capturar el efecto marginal decreciente de la cercanía⁸.

Mahan (1997) estima el valor de los atributos ambientales que generan los humedales en el área metropolitana de Portland, Oregon, haciendo un análisis de dos etapas. En la primera se estimó una función lineal de los precios de la propiedad con respecto a las características estructurales de la vivienda, los atributos del vecindario, los espacios ambientales generados por los humedales y otras características ambientales. La variable de principal interés es la distancia a cualquier tipo de humedal dentro de la clasificación hecha por Doss y Taff (1996). Los resultados obtenidos en esta etapa son consistentes con los resultados mostrados por Doss y Taff, en el sentido de que la influencia de los humedales en el precio de la vivienda varía de acuerdo con el tipo de humedal y además el efecto es diferente al que generan otros atributos ambientales.

En la segunda etapa se busca estimar una demanda de humedales que se interpreta como la disponibilidad a pagar por este atributo ambiental. Para esto, se estima una función log – log del precio implícito con respecto al tamaño del humedal más cercano y otras variables socioeconómicas. Esta función de disponibilidad a pagar muestra que los residentes

⁷ Establecieron la clasificación a partir de la apariencia visual y el soporte a la biodiversidad de la siguiente manera:

Los *humedales arborizados* incluyen pantanos boscosos y lodo, tienden a estar ubicados a lo largo de ríos y corrientes. El suelo es inundado, al menos unas pulgadas en la superficie.

Los *humedales matorral – arbusto* tienen el suelo por lo general inundado durante el período de cultivación y a menudo es cubierto de no menos de seis pulgadas de agua. Estos humedales son algo más abiertos que los arborizados y tienden a tener amplia variedad de tipos de vegetación

Los *humedales de vegetación naciente* incluyen pisos temporalmente inundados, prados interiores frescos y pantanos interiores frescos. Estos pantanos son abiertos, varían de estar bien secos durante la mayoría del período de cultivación a tener hasta tres pies de agua de profundidad

Los *humedales de cuerpo de agua abiertos* incluyen pantanos bajos y depósitos. El agua por lo general tiene menos de diez pies de profundidad.

⁸ La disponibilidad marginal a pagar se incrementa a medida que disminuye la distancia.

prefieren humedales grandes a pequeños, pero su disponibilidad a pagar por una unidad de área adicional disminuye a medida que aumenta el tamaño del humedal.

En Colombia el Método de Precios Hedónicos también se ha utilizado para valorar atributos ambientales de viviendas en el área urbana que incluyen la calidad del aire (Carriazo, 1999), el nivel de ruido (Oscanoa, 1999) la proximidad a parques y espacios abiertos urbanos (Hueth, Mendieta, Zambrano et al., 2000; Osorio, 2002; Penagos, 2002). Además se ha aplicado para predios rurales (Ramírez, 1998; Goyeneche, Carriazo y Vinha, 2003). En cuanto a la proximidad a cuerpos de agua se encuentran dos estudios, uno para la ciudad de Cartagena (Rodríguez, 2003) y otro para la ciudad de Bogotá (Carriazo, Mendieta, Hernández et al., 2003)

Rodríguez (2003) realizó una caracterización hedónica del mercado de finca raíz en la ciudad de Cartagena basado en estimaciones no paramétricas. De acuerdo con el autor la proximidad a cuerpos de agua provee beneficios estéticos, si este ecosistema tienen buenas características ambientales, los cuales se pueden ver reflejados en el precio de las viviendas aledañas. Igualmente, el precio puede disminuir si el cuerpo de agua presenta baja calidad ambiental. Este estudio se enfocó en el precio de las viviendas en la ciudad de Cartagena en sectores próximos a tres cuerpos de agua: la proximidad a la bahía y a la playa genera un aumento en el precio. Por otro lado, las viviendas ubicadas en cercanías de la Ciénaga de la Virgen⁹ presentan una disminución.

El estudio de caso hecho por Carriazo, Mendieta, Hernández et al. (2003) buscó valorar los atributos del entorno urbano de la zona del parque lineal Los Molinos - Córdoba - Juan Amarillo con énfasis en la cercanía a parques, la cercanía a ciclo rutas y la proximidad al Humedal de Córdoba. Este ambiente urbano está conformado por una larga extensión de cuerpos de agua que atraviesan la ciudad de Bogotá de oriente a occidente, incluyendo los humedales de Córdoba y Juan Amarillo. En el estudio se tomaron observaciones de viviendas localizadas dentro del corredor Canal Los Molinos - Córdoba - Juan Amarillo en

⁹ Este cuerpo de agua se encuentra altamente deteriorado.

un rango aproximado de 1.300 metros a la redonda. De acuerdo con este estudio la presencia de zonas verdes y ciclorutas asociadas a áreas de recreación conducirían a una mayor disponibilidad a pagar marginal o precio implícito por estos atributos, por lo tanto una política de recuperación de zonas verdes, así como la continuación de los proyectos de cicloruta, traería consigo importantes beneficios para la sociedad. En cambio, la proximidad a menos de 250 m del Humedal de Córdoba tendría un efecto negativo sobre el valor de la vivienda. Esto podría reflejar la influencia negativa del Humedal en su estado actual de contaminación.

Por otro lado, el Enfoque Hedónico ha sido empleado principalmente usando los precios de vivienda; sin embargo se han realizado unos pocos estudios que han estimado la Función Hedónica utilizando el valor del arrendamiento, por ejemplo Hoesli, Thion y Watkins (1997). Así mismo estos autores citan estudios dedicados a examinar el efecto de los subsidios y del control de precios en el sector de arrendamiento, a estimar la demanda de inmuebles en arrendamiento, a encontrar los determinantes del valor del arrendamiento y la relación existente entre el precio y el arrendamiento de un inmueble. Además se han hecho estudios para estimar índices para el cambio en el valor del arrendamiento (Johannes & Kurz, 2002) y para estimar el costo de los servicios de una vivienda para sus propietarios usando datos de arrendamientos y precios (Crone, Nakamura & Voith, 2004)

El estudio de Hoesli, Thion y Watkins (1997) se aplicó al sector privado de arrendamiento de apartamentos en la ciudad de Bordeaux. Los atributos del entorno se evidenciaron dividiendo el área en tres zonas con diferentes calidades de vecindarios y evaluando la ubicación del apartamento dentro del vecindario, teniendo en cuenta la distancia en tiempo a servicios como escuelas, tiendas, entre otros. Para la estimación de la función se usó el valor del arrendamiento incluyendo todos los gastos que el arrendatario incurre. Los autores encontraron que las características estructurales y la segmentación del mercado son determinantes del valor de arrendamiento.

2 El Modelo de Precios Hedónicos

2.1 Mercado de Vivienda

La vivienda es un ejemplo de bienes diferenciados, los cuales a pesar de que varían sus características son transados en un mismo mercado. Siguiendo a Sheppard (1997), debido a la naturaleza heterogénea de los inmuebles, el mercado de vivienda no se puede modelar con las herramientas comunes de la economía ya que estos bienes no tienen un precio único, sino más bien por un rango de precios que va a depender de las características del bien; el consumidor examina un mercado implícito en donde existe un proceso de producción, intercambio y consumo de bienes que son comerciados en “canastas”. Por el contrario, en un mercado explícito se observan precios y transacciones de las canastas en sí.

El análisis hedónico permite ver los bienes diferenciados como compuestos por partes agregadas más o menos homogéneas. Aunque el agregado de la canasta puede no tener un precio único, los atributos que la componen sí, o por lo menos tienen una estructura de precios común. (Sheppard, 1997). La Función de Precios Hedónicos permite diferenciar todos los atributos que posee un bien, tratar de valorarlos independientemente y estimar cuanto inciden en el precio total del bien. Por esta razón sería posible mirar la demanda para las viviendas, basados no en las unidades construidas como un todo, sino en sus características.

De acuerdo con Freeman (1993) para analizar el mercado de vivienda en arrendamiento se asume que en un periodo de tiempo un área urbana específica puede tratarse como un único mercado, en el cual todas las viviendas representan los bienes. La demanda está compuesta por los hogares que desean tomar en arriendo un sitio de vivienda, quienes poseen perfecta información de las alternativas disponibles y son libres de escoger una vivienda en

cualquier lugar del área, restringidos únicamente por su ingreso y el valor del arrendamiento¹⁰. Los propietarios de los inmuebles para arrendar representan la oferta.

Un inmueble se puede describir como un conjunto de características estructurales, atributos del vecindario y características ambientales, tal como se muestra más adelante en la expresión (1), donde z es un vector de $i: 1, \dots, n$ elementos del nivel o cantidad de las características estructurales, a es un vector de $j: 1, \dots, m$ elementos del nivel o cantidad de atributos ambientales del entorno y n es un vector de $k: 1, \dots, t$ elementos de las propiedades del vecindario (Freeman, 1993). El vector q representa el flujo de servicios que proporciona el inmueble al arrendatario,¹¹ razón por la cual éste es un bien compuesto.

$$(1) \quad q = (z, a, n)$$

En el corto plazo la cantidad de propiedades dispuestas para arrendar es fija, es decir, la oferta de viviendas en arrendamiento es inelástica; sin embargo, algunas características del inmueble pueden variar, puesto que el arrendador puede invertir en mejoras o por el contrario depreciarse por el deterioro, así mismo, éstas se conservan debido al mantenimiento y renovación que hace el arrendatario en el inmueble. Hay otro tipo de características que el propietario no puede cambiar como la distancia a una clínica o la presencia o ausencia de atributos ambientales.

2.2 Función de Precios Hedónicos

La Función de Precios Hedónicos es el resultado de la interacción entre consumidores, en este caso arrendatarios y productores, en este caso arrendadores. En términos económicos, estos agentes tienen racionalidad maximizadora y se encuentran en un mercado en competencia perfecta, que implica que los precios reflejan la valoración que los agentes le otorgan a los bienes.

¹⁰ De esta manera se asume que los costos de transacción, movilidad y búsqueda en que incurre el arrendatario son cero.

¹¹ En teoría cada servicio proporcionado es considerado como un bien, sin embargo la presencia de "males" como inseguridad disminuyen el valor del arrendamiento.

El valor del arrendamiento de un inmueble en un periodo de tiempo está determinado por el flujo de servicios que éste provee, derivados de sus características estructurales, ambientales y del vecindario, es decir la Función de Precios Hedónicos estaría determinada por la expresión (2).

$$(2) \quad R_q = R(q)$$

Donde R es el valor del arrendamiento mensual y q es el vector de servicios ofrecidos por el inmueble definido de acuerdo con la expresión (1).

Day (2001) muestra que debido a la heterogeneidad de los inmuebles hay dos consideraciones a tener en cuenta sobre esta función: En primer lugar, el valor de una característica puede depender de la cantidad presente de otra. En segundo lugar, la relación entre el valor del arrendamiento y una característica en particular no necesariamente es lineal y por ende el precio marginal puede no ser constante, es decir, el valor a pagar por mayor nivel o cantidad de una de sus características no necesariamente es igual a medida que aumenta, *ceteris paribus*, puesto que no es posible separar las características de un bien y disfrutar de cada una de ellas¹². Así mismo, esto denota una situación de saciedad en el consumidor. En consecuencia la Función de Precios Hedónicos para una característica en particular puede presentar la forma mostrada en el lado izquierdo de la Figura 1¹³, donde \bar{q} es el vector de las demás características del inmueble, excepto z_i , que permanecen constantes en un nivel o cantidad dado.

La Función de Precios Implícitos para una característica estructural z_i cuyo precio marginal no es constante se muestra en el lado derecho de la Figura 1¹⁴. Ésta representa la cantidad adicional que debe pagar el arrendador para obtener una mayor cantidad de una característica, manteniendo las demás iguales, como se muestra en (3). (Freeman, 1993)

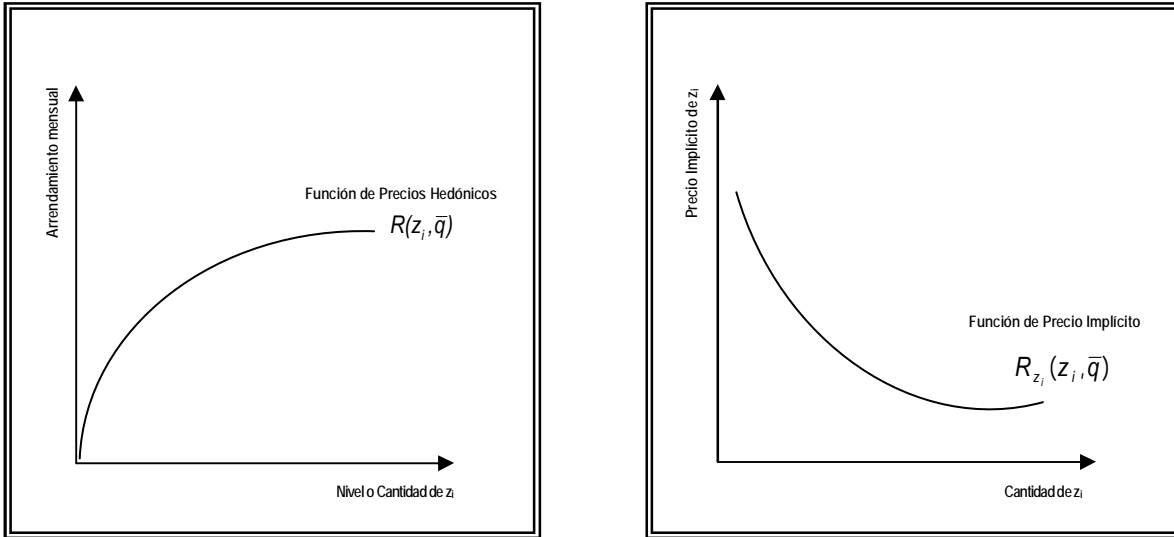
$$(3) \quad R_{z_i}(z_i, \bar{q}) = \frac{\partial R(q)}{\partial z_i}$$

¹² No es lo mismo rentar una casa de 2 niveles que rentar dos casas de 1 nivel, ya que no se puede ocupar ambas casas al tiempo.

¹³ Sin embargo, características como el área pueden presentar un precio marginal constante, en cuyo caso la función de precios hedónicos sería una línea recta.

¹⁴ Este análisis se aplica también a los atributos ambientales a_j y las propiedades del vecindario n_k , los cuales han sido omitidos por simplicidad

Figura 1. Función de Precios Hedónicos y Función de Precio Implícito



2.3 Modelo para Arrendamiento

2.3.1 Elección del Arrendatario

Para abordar la elección que hace un arrendatario es necesario establecer unos supuestos, (Day, 2001):

- Cada arrendatario es precio - aceptante, es decir, toma el valor del arrendamiento como dado y no puede influenciar en este. Al hacer este supuesto es posible ignorar el lado de la oferta al modelar el comportamiento del arrendatario
- Un arrendatario solamente toma un inmueble en arrendamiento

Las preferencias de un arrendatario representativo están bien definidas de tal manera que pueden describirse por medio de una función de utilidad, como se muestra en la expresión (4), donde x representa los demás bienes de la canasta, s es un vector de características socioeconómicas del individuo y q es el bien compuesto que puede arrendar por un valor R , por lo que los atributos que éste contenga también incidirán de manera positiva o negativa en su utilidad. Se asume que esta función es la misma para todos los arrendatarios.

$$(4) \quad U = U(q(z, a, n), x; s)$$

El consumidor representativo de vivienda enfrenta una restricción de ingreso mensual, M , destinado a arrendar una vivienda y comprar el resto de bienes de mercado. Por simplicidad, el precio de los demás bienes es 1.

$$(5) \quad M = R(q(z, a, n)) + x$$

El problema del arrendatario se puede resumir en la siguiente expresión :

$$(6) \quad \text{Max } U(q(z, a, n), x; s) \quad \text{s.a. } M = R(q(z, a, n)) + x$$

A partir de las condiciones de primer orden se establece la condición de elección óptima del arrendatario para cada una de las características estructurales, los atributos de entorno y las propiedades del vecindario, como aparece en la expresión (7). Esta expresión muestra que la cantidad que está dispuesto a renunciar de un bien para obtener mayor nivel o cantidad de un atributo debe ser igual al precio que el mercado le asigna a dicho atributo, dado el conjunto de características q del inmueble.

$$(7) \quad \begin{aligned} -Uz_i / Ux &= R_{z_i}(z_i, \bar{q}) \\ -Ua_{j_i} / Ux &= R_{a_j}(a_j, \bar{q}) \\ -Un_k / Ux &= R_{n_k}(n_k, \bar{q}) \end{aligned}$$

Donde Uz_i es la utilidad marginal de la característica estructural z_i , Ua_j es la utilidad marginal del atributo ambiental a_j , Un_k es la utilidad marginal de la propiedad del vecindario n_k , Ux es la utilidad marginal del bien x y \bar{q} representa las demás características del inmueble que permanecen constantes en un nivel o cantidad.

Para efectos del modelo hedónico Rosen (1974) definió una *Función de Postura* que revela la máxima cantidad que un arrendatario estaría dispuesto a pagar θ , por un inmueble con un conjunto de características q , de tal manera que puede alcanzar un nivel de utilidad \bar{u} , con su nivel de ingreso mensual M . Dicha disponibilidad a pagar está limitada por la proporción que destina para comprar los demás bienes.

$$(8) \quad \theta = M - x$$

Las combinaciones de x y z_i que proporcionan al individuo el mismo nivel de utilidad, dado un nivel o cantidad constante de los demás atributos \bar{q} , se representan por medio de la curva de indiferencia, de tal manera que x se puede expresar como (Day, 2001):

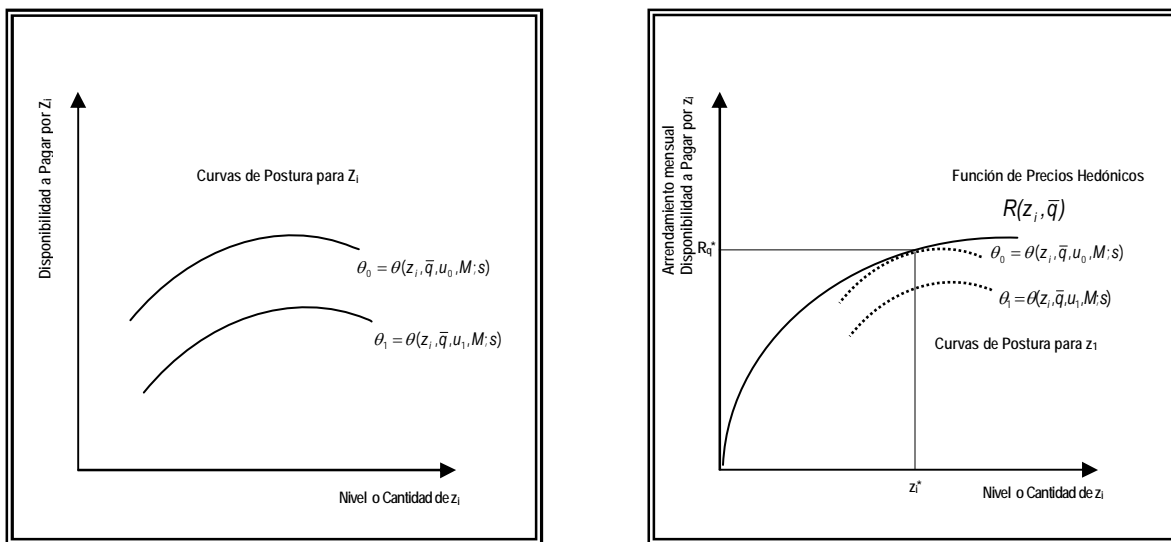
$$(9) \quad x = x(z_i, \bar{q}, \bar{u}; s)$$

Por lo tanto, la expresión (8) se puede reescribir como (10), que representa la función de postura de Rosen (1974).

$$(10) \quad \theta = \theta(z_i, \bar{q}, \bar{u}, M; s)$$

El lado izquierdo de la Figura 2 ilustra el mapa de curvas de postura para un atributo z_i de un inmueble con un conjunto de características adicionales \bar{q} , para diferentes niveles de utilidad de un arrendatario representativo. Como se observa, una curva ubicada más a la izquierda y abajo le proporciona al consumidor mayor nivel de utilidad pues tiene que emplear menor proporción de su ingreso para obtener un nivel o cantidad de atributo dado. Teniendo en cuenta que la curva de postura es una curva de indiferencia invertida, la pendiente de esta es equivalente al lado izquierdo de la expresión (7) pero con signo contrario (Day, 2001).

Figura 2. Elección Óptima de un Arrendatario



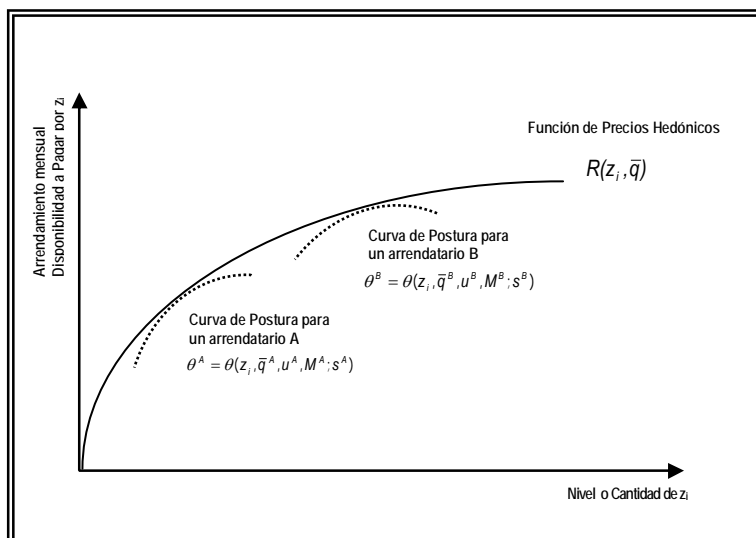
Para determinar la elección óptima del arrendatario es necesario hacer uso de la restricción presupuestaria que éste enfrenta; reorganizando los términos de la expresión (5) y

utilizando la expresión (8) se tiene que la elección óptima se da cuando la máxima disponibilidad a pagar por un inmueble con un conjunto de características q es igual a la mínima cantidad que debe pagar en el mercado por dicho inmueble (Day, 2001). En el lado derecho de la Figura 2 se muestra gráficamente que esta condición de elección óptima de vivienda se da en el punto de tangencia entre la Función de Precios Hedónicos y la Función de Postura del arrendatario. En este punto se encuentra el valor de mercado del arrendamiento R_q^* , correspondiente a un nivel o cantidad de atributo igual a z_i^* .

$$(11) \quad \begin{aligned} R(q) &= M - x \\ R(q) &= \theta \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta que los arrendatarios no tienen el mismo nivel de ingresos ni las mismas características socioeconómicas, se espera que las curvas de postura varíen para diferentes arrendatarios. En la Figura 3 se muestra las curvas de postura para dos arrendatarios y sus correspondientes puntos de elección óptima de vivienda; debido a que las curvas de postura son diferentes para cada arrendatario, el nivel o cantidad del atributo definido por el punto de tangencia también será diferente. Por tal razón, la Función de Precios Hedónicos es la envolvente superior de las Funciones de Postura.

Figura 3. Elección Óptima para Diferentes Arrendatarios



2.3.2 Elección del Arrendador

Para simplificar el análisis sobre el lado de la oferta es necesario establecer que el arrendador solamente renta un inmueble. Siguiendo a Day (2001), en cada periodo el arrendador recibe un arrendamiento por parte de arrendatario e incurre en unos costos por la tenencia del inmueble. Estos costos se pueden resumir en:

- Valor inicial de la propiedad. Dado que se está hablando de costos incurridos en un periodo de tiempo, este valor se toma como una suma de valores equivalentes por periodo a lo largo de la vida útil del inmueble. Esto podría asemejarse a un préstamo sobre vivienda, en el cual los dueños ocupan el inmueble mientras pagan cuotas periódicas.
- Mantenimiento y renovación del inmueble para conservar las características del mismo. Igualmente se asume que el arrendador incurre en un costo periódico.
- Inversión en mejoras que se toma de la misma manera que el valor inicial de la propiedad.

El costo mensual es dado por la Función de Costos, como resultado del problema de minimización del costo del oferente, de manera que éste encuentra la manera más eficiente de llevar a cabo el mantenimiento o la inversión. Para cada arrendatario dicha función es diferente puesto que tiene en cuenta argumentos propios de cada uno: el precio de compra inicial del inmueble \hat{R}_q , las características que no le cuestan al arrendatario ofrecer¹⁵, que corresponden a las características estructurales de la vivienda z , determinadas por la estructura original del inmueble, algunos atributos ambientales \bar{a} y propiedades del vecindario \bar{n} , en los cuales no puede influir el arrendatario y por último, sus características socioeconómicas r .

$$(12) \quad C(q; \hat{R}_q, z, \bar{a}, \bar{n}, r)$$

¹⁵ En un periodo mensual, para un propietario no representa ningún costo ofrecer el área del inmueble, además no puede influenciar en la cercanía del inmueble a un centro comercial, una vía principal o un humedal; el costo de estas características es captado por el valor inicial del predio. Pero sí tiene que incurrir en el costo de vigilancia para mejorar el nivel de seguridad del inmueble o en inversiones para ofrecer calefacción.

Dada la Función de Costos, los beneficios que obtiene el arrendatario al ofrecer un inmueble con un conjunto de características q , estarían dados por la expresión (13)

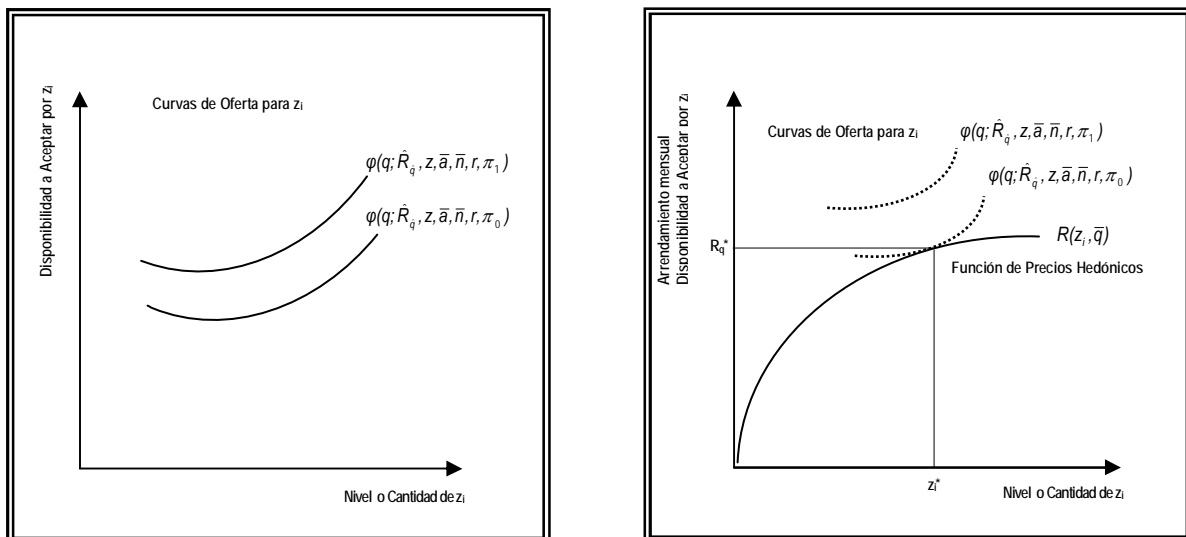
$$(13) \quad \Pi(q; \hat{R}_q, z, \bar{a}, \bar{n}, r) = R(q) - C(q; \hat{R}_q, z, \bar{a}, \bar{n}, r)$$

Si los beneficios se fijan en un nivel $\bar{\Pi}$ para todos los conjuntos de características, entonces la renta requerida por el arrendador sería:

$$(14) \quad \phi(q; \hat{R}_q, z, \bar{a}, \bar{n}, r, \pi) = \bar{\Pi} - C(q; \hat{R}_q, z, \bar{a}, \bar{n}, r)$$

Esta expresión corresponde a la Función de Oferta definida por Rosen (1974), en donde se describe la renta que el arrendatario necesitaría recibir con el fin de alcanzar el beneficio $\bar{\Pi}$ por el inmueble con un conjunto de características q que ofrece en arrendamiento. Las correspondientes curvas de oferta se muestran en el lado izquierdo de la Figura 4. Cada curva combina el valor de la renta y diferentes niveles de atributos que generan el mismo beneficio. A mayor nivel de beneficio más altas son estas curvas.

Figura 4. Elección Óptima del Arrendador

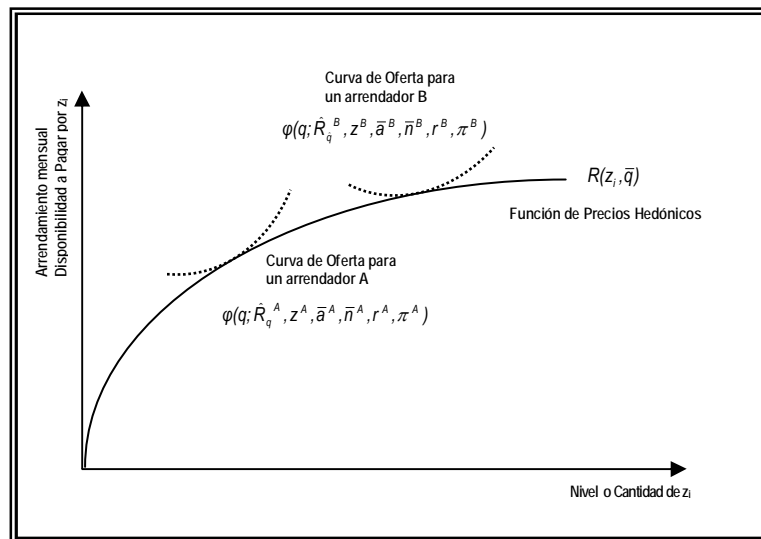


Al maximizar el beneficio el arrendatario busca proveer el conjunto de características del inmueble que lo ubique en la curva de oferta más alta posible mientras es compatible con el valor de mercado del arrendamiento. Esto se logra cuando la Función de Oferta es tangente a la Función de Precio Hedónicos, como lo muestra el lado derecho de la Figura 4. En este

punto, la elección óptima del arrendador es ofrecer un nivel o cantidad z_i^* de un determinado atributo a un precio R_q^* .

La Función de Oferta también varía para cada arrendador, teniendo en cuenta los argumentos de esta última, de tal manera que cada uno elige ofrecer un inmueble condiferentes conjuntos de atributos q y por ende diferentes cantidades de z_i . Esto se muestra en la Figura 5, en la que además se observa que la Función de Precios Hedónicos es la envolvente inferior de las curvas de oferta de diferentes arrendadores.

Figura 5. Elección Óptima para Diferentes Arrendadores

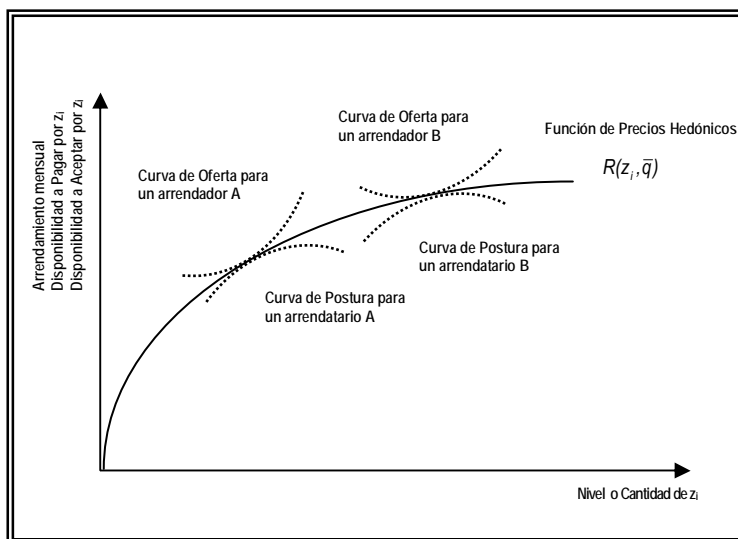


2.3.3 Equilibrio

Una vez analizadas por separado las elecciones óptimas de oferentes, en este caso arrendadores, y demandantes, en este caso arrendatarios, el equilibrio en este mercado requiere de una Función de Precios Hedónicos que iguale la oferta y la demanda para cada inmueble con un conjunto de características q (Sheppard 1997). La Figura 6 muestra el resultado de la combinación de ambas en la que tanto la curva de oferta como la curva de postura son tangentes a la Función de Precio Hedónicos y en cada punto un arrendador y un

arrendatario se encuentran en equilibrio, puesto que cada uno no puede mejorar su utilidad o aumentar su beneficio haciendo una elección diferente.

Figura 6. Equilibrio en el Mercado Hedónico



2.4 Estimación de la Función de Precios Hedónicos

2.4.1 Supuestos

Los supuestos expuestos en el desarrollo del modelo para arrendamientos se resumen en:

- El mercado de vivienda se encuentra en competencia perfecta.
- Los agentes del mercado tienen racionalidad maximizadora.
- Los agentes poseen perfecta información de las alternativas disponibles.

Para efectos del presente trabajo se establecen los siguientes supuestos para la estimación de la Función de Precios Hedónicos, permitiendo una especificación lineal de esta función.

- La cantidad de una característica particular puede variar independientemente de la cantidad presente de otras características.
- El rango de las características o atributos de un bien es continuo.

2.4.2 Forma Funcional

Milon, Gressel y Mulkey (1984) señalan que los problemas usuales de los investigadores cuando buscan determinar la relación hedónica consiste en seleccionar las variables apropiadas y elegir la forma funcional adecuada.

La transformación Box – Cox, usada inicialmente por Goodman (1978) y Linneman (1980), que provee la base estadística para escoger entre diferentes formas funcionales. La forma general de la transformación Box - Cox se muestra en la expresión (15), en la cual se omite los vectores a y n definidos en la expresión (1) por simplicidad.

$$(15) \quad R(q)^{\lambda_1} = \alpha_0 + \sum_i \alpha_i z_i^{\lambda_2} + \sum_i \sum_j \beta_{ij} z_i^{\lambda_2} z_j^{\lambda_2} + \varepsilon$$

Donde la transformación Box Cox para una variable X , se denota X^λ y se define de acuerdo con al expresión (16).

$$(16) \quad \begin{aligned} X^\lambda &= \frac{X^\lambda - 1}{\lambda} \quad \text{para } \lambda \neq 0 \\ X^\lambda &= \ln X \quad \text{para } \lambda = 0 \end{aligned}$$

Las variables categóricas y binarias no permiten la transformación Box-Cox, por lo que se mantienen en su forma inicial. Estas variables son usadas en algunos casos como variables de control o variables cualitativas que pueden agregar o disminuir el valor del arrendamiento. Todas las formas funcionales son casos especiales de la expresión (15) dependiendo de los valores de λ_1 , λ_2 y β_{ij} . En la Tabla 1 se resume las formas funcionales con el valor correspondiente de estos parámetros y el estimador usado para cada caso. De acuerdo con Gottlieb (1996) las formas funcionales más utilizadas en la literatura son la lineal Box Cox, Doble Log, Semi Log y Lineal; las formas funcionales Trasnlog y Cuadrática Semilog han sido raramente aplicadas¹⁶.

¹⁶ Para evaluar cuál es la forma funcional más apropiada se usa la prueba de razón de verosimilitud:

$$RV = 2(\text{Log}_L - \text{Log}_L \text{ Restringido}) \sim \chi^2_J$$

Siendo J el número de restricciones, es decir el número de parámetros α y β en la expresión (16). La hipótesis nula de esta prueba es: $\alpha_i = 0$ para todo $i=1,2,\dots,n$

Para escoger el modelo que mejor se ajusta estadísticamente a los datos se tiene en cuenta los siguientes criterios

- El modelo tiene la máxima Razón de Verosimilitud.
- Todas las variables son significativas utilizando el estadístico t para probar la hipótesis nula $\alpha_i = 0$ para cada variable del modelo.

Tabla 1. Transformación Box - Cox

Forma funcional	Valores de los parámetros	Estimador
Cuadrática	$\lambda_1 = \lambda_2 = 1$	Mínimos Cuadrados Ordinarios
Cuadrática Semi log	$\lambda_1 = 0, \lambda_2 = 1$	Mínimos Cuadrados Ordinarios
Translog	$\lambda_1 = \lambda_2 = 0$	Máxima Verosimilitud
Lineal Box Cox no restringida 1*	$\beta_{ij} = 0; \lambda_1 = \lambda_2 \neq 0$	Máxima Verosimilitud
Lineal Box Cox no restringida 2**	$\beta_{ij} = 0; \lambda_1 \neq \lambda_2 \neq 0$	Máxima Verosimilitud
Lineal	$\beta_{ij} = 0; \lambda_1 = \lambda_2 = 1$	Mínimos Cuadrados Ordinarios
Doble log	$\beta_{ij} = 0; \lambda_1 = \lambda_2 = 0$	Mínimos Cuadrados Ordinarios
Semi log (log-lin)	$\beta_{ij} = 0; \lambda_1 = 0, \lambda_2 = 1$	Mínimos Cuadrados Ordinarios
Semi log inversa (lin-log)	$\beta_{ij} = 0; \lambda_1 = 1, \lambda_2 = 0$	Mínimos Cuadrados Ordinarios

* Corresponde al modelo No 3 de LIMDEP7 para las regresiones Box Cox.

** Corresponde al modelo No 4 de LIMDEP7 para las regresiones Box Cox.

Fuente: Mendieta, Carriazo, Hernández, et al., (2003)

2.5 Limitaciones del Enfoque Hedónico

Carriazo, Mendieta, Hernández et al. (2003) y Doss y Taff (1996) indican que las estimaciones a partir del Modelo Hedónico se pueden interpretar como límites inferiores de los beneficios asociados a los atributos ambientales, puesto que sólo tiene en cuenta los valores privados observados a partir del mercado de vivienda. Para proporcionar un valor completo sería necesario considerar los valores públicos¹⁷ de estos ecosistemas, así mismo, los resultados obtenidos no pueden ser utilizados para la formulación de política puesto que la metodología no mide directamente la disponibilidad a pagar de la población ni su valor adicional público o privado. La metodología mide el diferencial en el precio de las viviendas de acuerdo con el atributo que le otorgan los agentes del mercado de vivienda y por ende es un beneficio privado.

• Los signos de los coeficientes se explican dentro de la teoría económica.

¹⁷ Los humedales urbanos cumplen funciones hidrológicas en diferente grado, que sostienen y enriquecen la vida del hombre pues posibilitan el desarrollo de los sistemas productivos a muy bajos costos, que no se pueden sustituir por medios artificiales u obras de ingeniería.

- Control de las inundaciones
- Recarga de acuíferos
- Retención de sedimentos y contaminantes
- Retención de nutrientes
- Evaporación

3. Aplicación del Modelo Hedónico para Arrendamiento

Para aplicar el Enfoque Hedónico en el mercado de arrendamiento en Bogotá se tomó una muestra representativa de este mercado, para cada observación se establecen datos sobre características estructurales, propiedades del vecindario y atributos ambientales utilizando información proporcionada por instituciones públicas y privadas, para establecer una base de datos con la cual estimar la Función de Precios Hedónicos.

Además es necesario establecer unos supuestos sobre el mercado de arrendamiento. En primer lugar en este mercado no hay control de precios, puesto que en Colombia hay una amplia legislación en materia de arrendamiento, de lo cual es importante destacar dos puntos:

- "El precio mensual del arrendamiento (...) no podrá exceder el uno por ciento (1%) del valor comercial del inmueble o de la parte de él que se dé en arriendo "¹⁸.
- "(...) el arrendador podrá incrementar el canon hasta en una proporción que no sea superior al ciento por ciento (100%) del incremento que haya tenido el índice de precios al consumidor en el año calendario inmediatamente anterior (...)"¹⁹.

En segundo lugar el mercado se encuentra en competencia perfecta y por último no se presenta rigidez nominal en el valor del arrendamiento.

3.1 Zona de Estudio

Como se había mencionado antes, la Estructura Ecológica Principal es la red de espacios y corredores verdes de la ciudad, y por lo tanto comprende ecosistemas estratégicos como los Cerros Orientales y el valle aluvial del Río Bogotá, así como los parques, canales, quebradas y ríos con sus zonas de ronda y zonas de manejo y preservación ambiental. Los

¹⁸ Ley 820 de 2003, Artículo 18.

¹⁹ Ley 820 de 2003, Artículo 20.

elementos constitutivos del sistema hídrico de la ciudad se encuentran clasificados en el marco de la Estructura Ecológica Principal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Estructura Ecológica Principal

ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL			
COMPONENTE	1. Áreas Protegidas del Distrito Capital	2. Parques Urbanos	3. Área de Manejo Especial del Valle Aluvial del río Bogotá
CATEGORIA	<ul style="list-style-type: none"> • Santuario de Fauna y Flora • Reserva Forestal Distrital • Parque Ecológico Distrital 	<ul style="list-style-type: none"> • Parque Urbano de Recreación Pasiva • Parque Urbano de Recreación Activa 	<ul style="list-style-type: none"> • Ronda Hidráulica • Zona de Manejo y Preservación Ambiental

Fuente: Acueducto de Bogotá. http://www.acueducto.com.co/ambiental_v2/03gestion/c_02_02.htm

Los objetivos de la recuperación de la Estructura Ecológica Principal se pueden resumir en asegurar el espacio en la ciudad para la coexistencia del hombre y la naturaleza en su estado silvestre, así como el mantenimiento de los ecosistemas, la restauración y preservación de la biodiversidad y la conectividad ecológica para garantizar los procesos ecológicos esenciales y la disponibilidad de servicios ambientales, por último, se busca promover el disfrute público y la defensa colectiva de la oferta ambiental por parte de la ciudadanía²⁰.

Para llevar a cabo la recuperación integral de los cuerpos de agua se contemplan las siguientes actividades:

- Manejo hidráulico: consiste en la recuperación del espejo de agua, a través de la remoción de escombros y sedimentos y la construcción de una estructura hidráulica para la separación de aguas negras y aguas lluvias. Estas estructuras se construyen para prevenir la contaminación, sedimentación de los cuerpos de agua y por consiguiente, inundaciones en las zonas aledañas.
- Restauración ecológica: Para los cuerpos de agua naturales como los humedales o las quebradas incluye la recuperación de la avifauna propia de estos ecosistemas a partir de la revegetación nativa y el mejoramiento del hábitat para fauna y flora endémica.
- Recuperación del espacio público para actividades de recreación: Construcción de corredores verdes, amoblamiento urbano, construcción de ciclorutas y senderos

²⁰ Acueducto de Bogotá. http://www.acueducto.com.co/ambiental_v2/03gestion/c_02_01.htm

peatonales. Delimitación de la zona de ronda y la zona de manejo y prevención ambiental para establecer un límite entre corredores urbanos y el ecosistema.

- Educación e investigación ambiental: Se espera propiciar espacios para el acercamiento de la comunidad hacia el sistema hídrico, respetando el ecosistema.

Los proyectos asociados a la Estructura Ecológica Principal que han sido ejecutados hasta el momento se listan en la Tabla 3, junto con una descripción del perfil inmobiliario de la zona de influencia de cada uno obtenida a partir de la información por sectores residenciales generada por METROCUADRADO y la cuenca a la cual pertenecen de acuerdo con el Acueducto de Bogotá.

Tabla 3. Proyectos Relevantes para el Estudio

No.	Proyecto	Cuenca	Perfil Inmobiliario
1	Canal Torca entre calle 170 y Autopista Norte	Zona nororiental de la Cuenca Torca	Sector Orquideas: El desarrollo urbano en este sector es muy heterogéneo y se encuentra en proceso de expansión urbanística. Se está desarrollando principalmente en los estratos 3 y 4 que ofrece todo tipo de comodidades y garantías a sus habitantes, aún cuando cerca de los cerros orientales hay asentamientos informales y desarrollos suburbanos. La mayor oferta de arrendamiento, que en más del 80% es informal, es de apartamentos y casas de dos y tres cuartos. En cuanto a propiedades a la venta tomaron fuerza durante los últimos 5 años los apartamentos de conjuntos residenciales. Sector Calle 170 y alrededores: se centra en el arrendamiento y venta de apartamentos de 2 y 3 cuartos, ubicados dentro de conjuntos residenciales. Es notable la actividad de colegios e instituciones de educación superior. Existentes predios baldíos o explotados para actividades ganaderas y/o agrícolas
2	Canal Molinos entre NQS y Av. Córdoba	Zona norte de la Cuenca Salitre	Sector Santa Bárbara: La oferta inmobiliaria se concentra en el arrendamiento de apartamentos de más de 100 m ² y en la venta de lujosas casas de estratos 5 y 6. Una de las constantes urbanas del sector es la numerosa presencia de zonas verdes y el excelente estado de sus vías interiores y de acceso. Dentro de los límites del sector se encuentran dos centros comerciales importantes de Bogotá: Hacienda Santa Bárbara y Unicentro. En su haber es destacable la presencia de dos de los siete corredores existentes en la ciudad de edificios dedicados a la actividad empresarial.
3	Canal Río Negro entre NQS y Av. 68	Zona central de la Cuenca Salitre	Sector Niza Alhambra: Se encuentra urbanísticamente muy desarrollado en los estratos 3, 4, 5 y 6 y con un fuerte sector comercial, aunque predomina los estratos 4 y 5, es destacable el fácil acceso y la concentración de colegios, clínicas, bancos, corporaciones, supermercados y centros comerciales en el sector que ofrecen un buen nivel de vida a sus habitantes. Inmuebles (casas y apartamentos) con un promedio de tres alcobas son los de mayor demanda.
4	Canal Salitre entre NQS y Tr. 91		

5	Humedal de Juan Amarillo 1 Etapa	Zona occidental de la Cuenca Salitre	<p>Sector Cortijo - Autopista Medellín: Su desarrollo urbanístico ha sido principalmente informal, que se ha ido consolidando con el tiempo. El precio de las casas localizadas en barrios como Bachué y Minuto de Dios, clasificados en los estratos 2 y 3, oscila entre los 25 y 40 millones de pesos. En la Ciudadela Colsubsidio, complejo habitacional de edificios multifamiliares de apartamentos erigidos en bloques rodeados de zonas verdes, parques y vías en muy buen estado, se concentra la mayor oferta y demanda de apartamentos en arrendamiento, en su mayoría de 3 cuartos. La actividad comercial está centrada sobre la calle 80 y la transversal 91.</p> <p>Sector Altos de Suba y Cerros de San Jorge: Pese a que la mayoría de edificaciones de Suba no pertenecen a conjuntos residenciales organizados, la verdadera movilidad del mercado de vivienda nueva, usada y en arrendamiento está concentrada en las casas y apartamentos diseñados dentro de proyectos de vivienda de interés social. Otro aspecto interesante es la división y adaptación de pequeños locales comerciales en las viviendas ubicadas sobre los ejes viales principales, los cuales tienen una considerable participación en las transacciones de arrendamiento.</p>
6	Humedal de Jaboque 1 Etapa	Zona occidental de la Cuenca Salitre	<p>Sector Engativá: Igualmente su desarrollo ha sido principalmente informal que se ha ido consolidando con el tiempo. Entre la carrera 100 y la avenida 68 y las calles 63 y 80 la oferta inmobiliaria se centra en casas de dos y tres pisos. En la parte oriental del sector (entre las avenidas Boyacá y 68) los inmuebles cuentan con vías en buen estado y con una organizada actividad urbanística que hace que los inmuebles de estrato 3 ubicados allí tengan acabados y características de estrato 4. De la carrera 86 hacia el occidente existen una serie de equipamientos comerciales y de servicios, que por la falta de planeación en su desarrollo desdibujaron el ambiente netamente residencial del sector. Por eso, pequeños y medianos edificios, bodegas y depósitos cohabitan en las mismas manzanas con las viviendas familiares.</p>
7	Canal Carmelo 1 Etapa		
8	Sistema Meissen - México	Zona occidental de la Cuenca Tunjuelo	<p>Sector Ciudad Bolívar: La oferta inmobiliaria del sector se reduce a un mercado informal de arrendamiento de habitaciones y pequeñas casas y apartamentos. Allí predominan edificaciones que no cumplen con los estándares de construcción ni con las mínimas normas salubres y mucho menos legales. Y aunque el Distrito legalizó en los dos últimos años cerca de 400 barrios, aún son una constante las condiciones marginales de vivienda. Sin embargo, las casas de estrato 3, localizadas en barrios como Madelena y Nuevo Muzú ofrecen un buen ambiente y cierta comodidad a sus habitantes.</p>
9	Tanque el Volador		
10	Zanjón de la Muralla		

Fuente: Acueducto de Bogotá, METROCUADRADO.

Los proyectos de recuperación del Humedal Juan Amarillo y del Humedal Jaboque hacen parte del Programa de Protección de Humedales y sus Zonas de Ronda y Zonas de Manejo y Preservación Ambiental que desarrolla el Acueducto de Bogotá en cada uno de los 13 humedales de la ciudad de conformidad con su respectivo Plan de Manejo Ambiental.

3.2 Descripción de la Información

3.2.1 Definición de Variables

A partir de una encuesta realizada por la Universidad de los Andes en Bogotá a una muestra aleatoria de los hogares de la ciudad con 4000 observaciones, se obtuvieron 1575 datos correspondientes a viviendas en arrendamiento de los cuales, después de eliminar las observaciones que presentaban errores u omisiones, se usaron 846 observaciones que se pudieron ubicar en un Sistema de Información Georreferenciada. De esta encuesta se obtuvo la variable dependiente ARRIENDO, el estrato y la localidad de la vivienda.

De la base de datos de Catastro Bogotá se obtuvo la información sobre el área construida y el tipo de vivienda, casa o apartamento. Para el desarrollo del estudio se utilizó información sobre los delitos de mayor impacto y presencia de la policía metropolitana para indicar el nivel de seguridad, cobertura en educación y número de instituciones educativas y culturales de diferentes tipos como variables sobre educación y número de instituciones prestadoras del servicio de salud de diferentes tipos como medida del bienestar social. Dicha información se obtuvo por localidad en el Observatorio de Seguridad, el Observatorio Social y el perfil de cada localidad de la Cámara de Comercio de Bogotá y en el Departamento Administrativo de Bienestar Social del Distrito.

Las variables que miden la distancia a los proyectos bajo estudio se generaron utilizando un Sistema de Información Georeferenciada (SIG). Para esta aplicación se georrefenciaron los proyectos con base en la información proporcionada por el Acueducto de Bogotá sobre la ubicación de los mismos. Así mismo los datos provenientes de la ubicación de la muestra fueron georrefenciados a nivel individual con el fin de construir las variables de la distancia a cada uno de los proyectos, la zona de influencia de cada proyecto se estableció dentro de 1500 m de distancia de acuerdo con el trabajo de Brown y Pollakowsky (1975) quienes señalan con base en trabajos anteriores que la contribución del recurso “agua” al valor de

una propiedad no es significativa después de 1400 m de distancia a la orilla del cuerpo. A continuación se presenta la definición de las variables significativas en el estudio.

Tabla 4. Variables Explicativas: Nombres y Definiciones

Nombre	Descripción	Fuente
<i>Variable Dependiente</i>		
ARRIENDO	Variable continua del valor del arrendamiento mensual de la vivienda incluyendo otros gastos relacionados.	CEDE
<i>Variables Estructurales</i>		
AREA	Variable continua que indica el área construida de la vivienda.	CATASTRO DISTRITAL
TIPO	Variable binaria que toma el valor de 1 si la vivienda es un apartamento y 0 si es una casa	
<i>Variables de Propiedades del Vecindario</i>		
EST _i	Variable binaria que toma el valor de 1 si la vivienda es de estrato i y 0 de lo contrario. Una variable por cada estrato.	CEDE
NPEL	Variable discreta que indica el número de policías efectivos por localidad.	CCB
NVIAS	Variable discreta que indica el número de vías conectoras por localidad.	
BDCEL	Variable binaria que toma el valor de 1 si hay déficit de cobertura educacional en la localidad y 0 en caso contrario ^a .	
<i>Variables del Entorno Ambiental</i>		
DISTCERC	Variable continua que indica la distancia al proyecto más cercano.	ELABORACIÓN PROPIA
BINFLUTO	Variable binaria que toma el valor de 1 si la vivienda está en la zona de influencia de un proyecto y 0 en caso contrario.	

^a El déficit de cobertura educacional se define como la diferencia que existe entre la población efectivamente matriculada en el sistema educativo y la población en edad escolar.

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Análisis de Variables

A continuación se muestran las estadísticas descriptivas de las variables continuas del estudio.

Tabla 5. Estadísticas Descriptivas

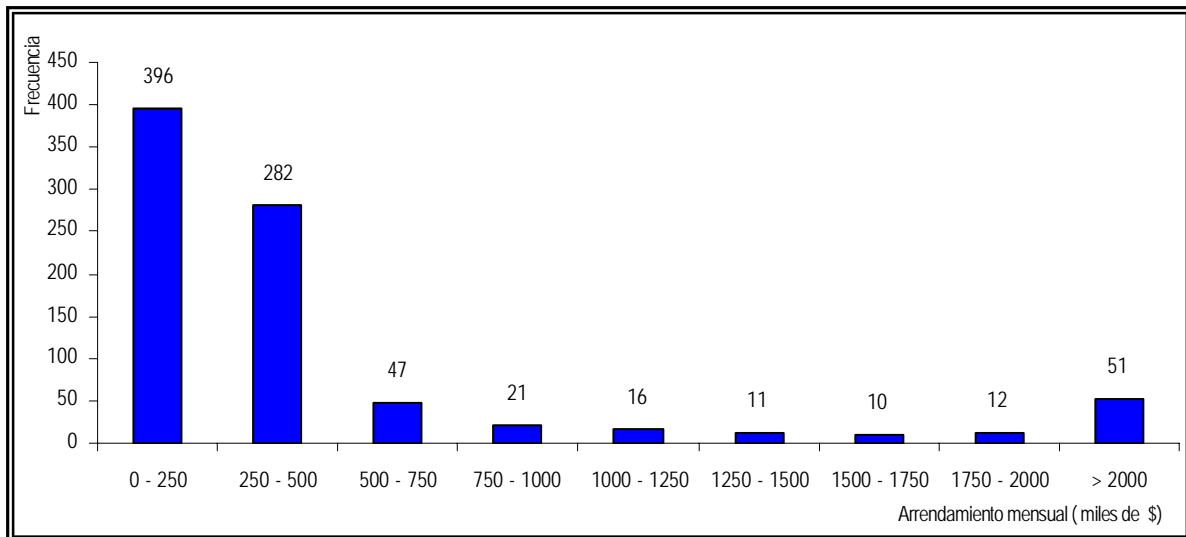
	Media	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
ARRIENDO	\$ 525.203	\$ 962.274	\$ 20.000	\$ 12.000.000
AREA	149,296	104,028	23,1	700
DISTCERC	2.831,480	2.257,100	47	8042,76

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla 5, el valor promedio del arrendamiento es de \$525.200. Sin embargo, en la Figura 7 se muestra que 396 observaciones, es decir el 47% de la muestra,

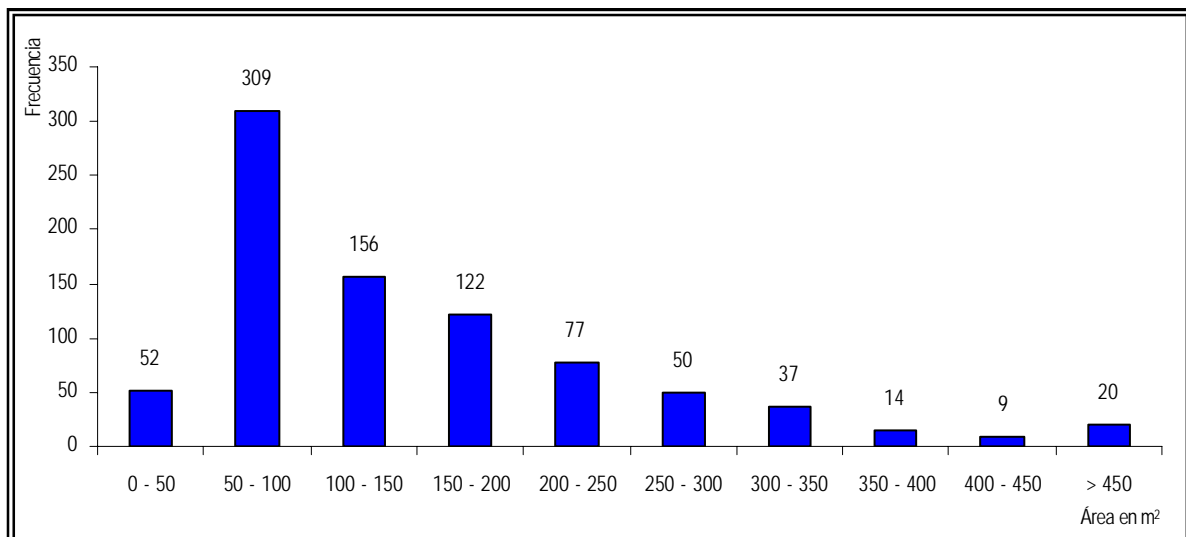
tienen un valor de arrendamiento mensual inferior a \$250.000 y el 33% tiene un valor entre \$250.000 y \$500.000.

Figura 7. Histograma del Valor de Arrendamiento



En cuanto a las características estructurales el 21% de la muestra son apartamentos y el área promedio es de 149 m², la Figura 8 muestra que la mayoría de las observaciones cae en el rango entre 50 y 100 m² y el 85% tiene un área inferior a 250 m².

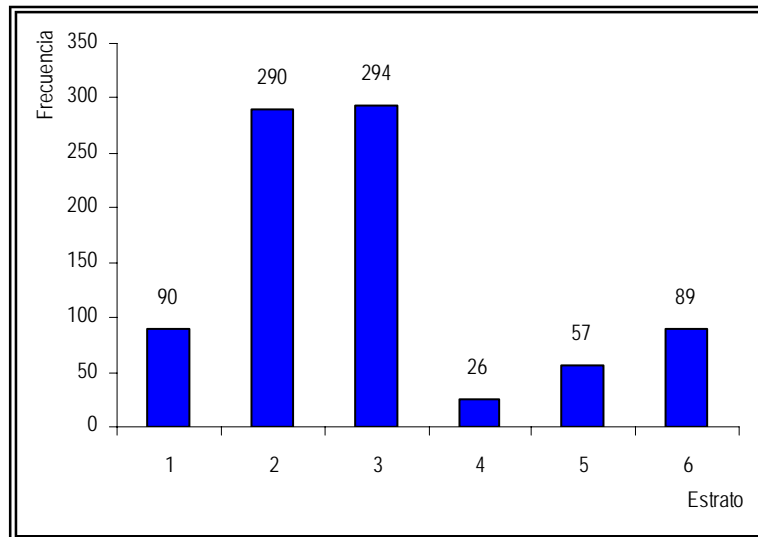
Figura 8. Histograma del Área Construida



Con respecto a las propiedades del vecindario, la mayoría de las observaciones están ubicadas en los estratos 2 y 3 como se muestra en la Figura 9. El 45% de las observaciones están ubicadas en localidades con déficit de cobertura educacional. En una localidad hay mínimo 155 policías efectivos y máximo 375. Así mismo, hay mínimo 191 vías conectoras y máximo 1164.

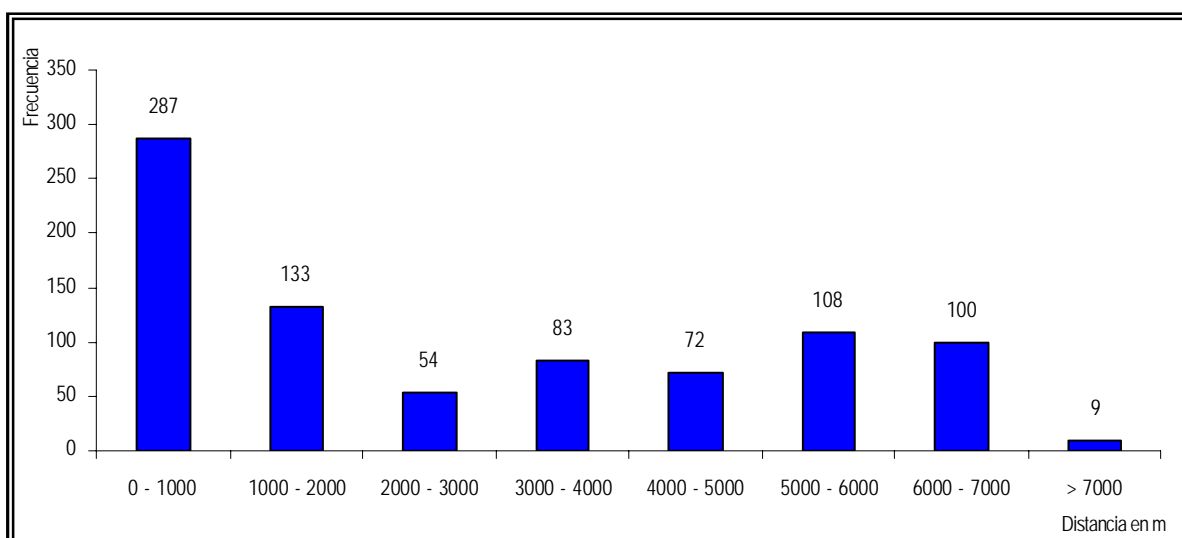
Figura 9.
del Estrato

Histograma



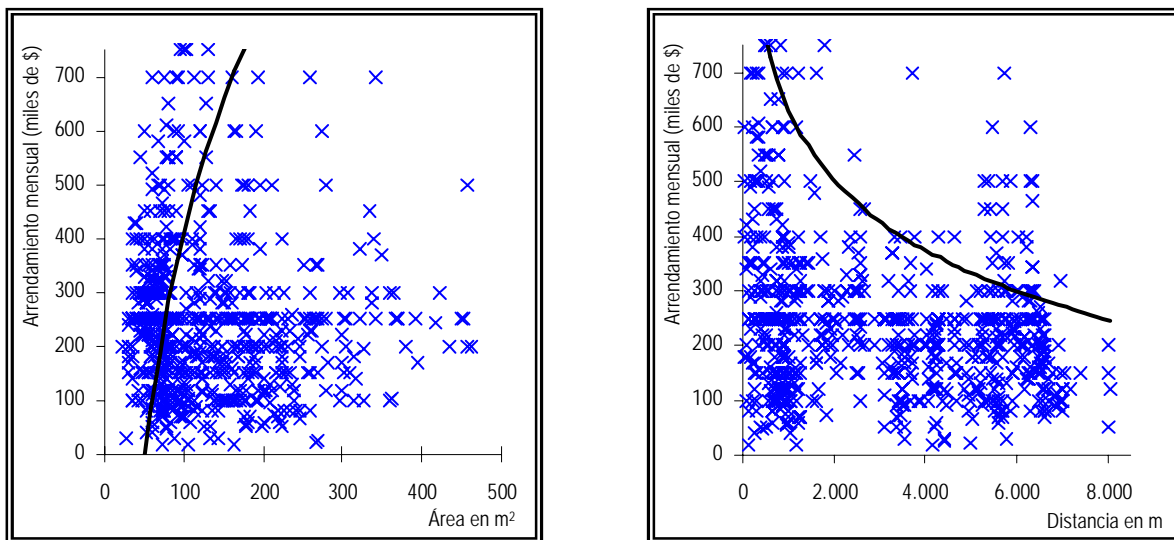
Por último, la distancia promedio al proyecto más cercano es de 2.831 m, sin embargo el 34% de las observaciones están ubicadas a menos de 1000 m de distancia y el 16% están ubicadas en un rango entre 1000 y 2000 m, por lo que se espera que esta variable sea significativa.

Figura 10. Histograma de la Distancia la Proyecto más Cercano



La Figura 11 muestra las gráficas de tendencias entre la variable dependiente y las variables continuas AREA y DISTCERC. En el panel derecho se observa que hay una relación positiva entre el área construida del inmueble y el valor del arriendo, tal como es esperado. En el panel izquierdo la tendencia tiene pendiente negativa indicando que a mayor distancia menor es el valor del arrendamiento, lo que indica que la cercanía al cuerpo de agua recuperado agrega valor al arrendamiento del inmueble.

Figura 11. Graficas de Tendencias



En la Tabla 6 se encuentra la matriz de correlaciones de las variables del estudio. Para valores del coeficiente de correlación mayores a 0,8 se puede afirmar que hay una relación lineal positiva entre las variables, si el valor es inferior a - 0,8 la relación sería negativa, en cualquier caso se presentaría multicolinealidad en el modelo. Teniendo en cuenta los valores reportados en la matriz, esto no se presenta.

Tabla 6. Matriz de Correlaciones

	AREA	NVIAS	BDCEL	NPEL	DISTCERC
AREA	1,000	-0,099	-0,194	-0,098	-0,031
NVIAS	-0,099	1,000	0,101	0,779	-0,253
NPEL	-0,098	0,779	0,237	1,000	-0,033
DISTCERC	-0,031	-0,253	-0,048	-0,033	1,000

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Estimación del Modelo Económico

Para la estimación de la Función de Precios Hedónicos se probaron diferentes formas funcionales de acuerdo con las transformaciones Box Cox, mostradas en la Tabla 1. Al analizar la bondad de ajuste de estos modelos, se obtuvo que la forma funcional con mejor ajuste estadístico es Lineal Box - Cox no restringida 1. Usando esta forma funcional se hicieron regresiones econométricas incluyendo variables indicadoras del nivel de seguridad, la cobertura en educación, el nivel de bienestar social y la disponibilidad de espacios para recreación, cultura y deporte para establecer si estas propiedades del vecindario son determinantes del valor del arrendamiento o no y cuál de los indicadores probados es significativo en la función.

Finalmente se escogieron las variables AREA y TIPO como características estructurales del inmueble, las variables EST2, EST3, EST4, EST5, EST6, NVIAS, NPEL y BDCEL como variables de propiedades del vecindario y se estimaron dos funciones para probar las variables de atributos ambientales BINFLUTO y DISTCERC que muestran el impacto del conjunto de los proyectos sobre el arrendamiento. Las correspondientes ecuaciones hedónicas estimadas están dadas por las expresiones (17) y (18).

$$(17) \quad \text{Ariendo}^{(\theta)} = \beta_0 + \beta_1 \text{area}^{(\lambda)} + \beta_2 \text{tipo} + \beta_3 \text{est 2} + \beta_4 \text{est 3} + \beta_5 \text{est 4} + \beta_6 \text{est 5} + \beta_7 \text{est 6} + \beta_8 \text{nvias}^{(\lambda)} + \beta_9 \text{npel}^{(\lambda)} + \beta_{10} \text{bdcel} + \beta_{11} \text{binfluto} + \varepsilon_i$$

Donde, $\theta = \lambda$ y el intervalo de confianza para λ con un nivel de confianza del 95% es $(-0,09119 < \lambda < -0,00360)$

$$(18) \quad \text{Ariendo}^{(\theta)} = \beta_0 + \beta_1 \text{area}^{(\lambda)} + \beta_2 \text{tipo} + \beta_3 \text{est 2} + \beta_4 \text{est 3} + \beta_5 \text{est 4} + \beta_6 \text{est 5} + \beta_7 \text{est 6} + \beta_8 \text{nvias}^{(\lambda)} + \beta_9 \text{npel}^{(\lambda)} + \beta_{10} \text{bdcel} + \beta_{11} \text{distcerc}^{(\lambda)} + \varepsilon_i$$

Donde, $\theta = \lambda$ y el intervalo de confianza para λ con un nivel de confianza del 95% es $(-0,09108 < \lambda < -0,00337)$

En la Tabla 7 se presenta los resultados de la estimación. La variable AREA es significativa al 1% en ambos modelos, su signo indica que a medida que aumenta el área del inmueble

aumenta el valor del arrendamiento, tal como es lo esperado. Dado el coeficiente de la variable TIPO (1 = apartamento, 0 = casa) el modelo predice que el arrendamiento es mayor que el de una casa, esta variable también es significativa a un nivel del 1% en ambos modelos.

Tabla 7. Resultados de la Estimación

Variable	Coeficiente Estimado	T estadístico (p - valor)	Coeficiente Estimado	T estadístico (p - valor)
Constante	6,1578	10,9035 (0,0000)***	6,3366	10,3424 (0,0000)***
Variables Estructurales				
AREA	0,2399	4,3978 (0,0000)***	0,2471	4,4450 (0,0000)***
TIPO	0,1356	2,5756 (0,0100)***	0,1463	2,6779 (0,0074)***
Variables del vecindario				
EST2	0,1121	2,2038 (0,0275)**	0,1043	2,0924 (0,0364)**
EST3	0,3517	3,3983 (0,0007)***	0,3423	3,3758 (0,0007)***
EST4	0,5557	0,2623 (0,0011)***	0,5463	3,2437 (0,0012)***
EST5	0,7330	3,4462 (0,0006)***	0,7334	3,4383 (0,0006)***
EST6	1,0741	3,3830 (0,0007)***	1,0709	3,3761 (0,0007)***
NVIAS	0,1747	2,9816 (0,0029)***	0,1870	3,1604 (0,0016)***
NPEL	0,1874	1,8393 (0,0659)*	0,1811	1,7746 (0,0760)*
BDCEL	-0,1380	-2,9110 (0,0036)***	-0,1296	-2,8630 (0,0042)***
Variables de atributos ambientales				
BINFLUTO	0,0764	2,1728 (0,0298)**		
DISTCERC			-0,0328	-1,8508 (0,0642)*
Lambda	-0,0473931	-2,1211 (0,0339)**	-0,047225	-2,1104 (0,0348)**
Máx. Verosimilitud	-246.9697		-250.8892	
Máx. Ver. Rest.	-12855.3101		-12855.3101	

*** Nivel de significancia del 1%

** Nivel de significancia del 5%

* Nivel de significancia del 10%

Fuente: Elaboración propia

Las variables de los estratos sugieren que el mercado de arrendamiento se encuentra segmentado. Como es de esperarse, a medida que aumenta el estrato el coeficiente estimado también aumenta en ambos modelos.

Las variables del vecindario que influyen en el valor del arrendamiento son el número de vías conectoras con un nivel de significancia del 1%, el número de policías efectivos de la localidad con un nivel de significancia del 10% y si hay déficit de cobertura educacional con un nivel de significancia del 1%. La primera es un indicador de la infraestructura de vías de acceso del vecindario y dado el signo que tiene en ambos modelos se podría decir que este atributo influye positivamente sobre el valor del arrendamiento, este resultado es de esperarse pues la accesibilidad de vías puede ser considerada un servicio. La segunda es un indicador de la seguridad del vecindario e igualmente influye positivamente, teniendo en cuenta que a mayor número de policías se espera mayor seguridad y por ende mayor disponibilidad a pagar. La última variable muestra si hay suficientes instituciones educativas privadas o públicas en el vecindario de acuerdo con la demanda, su signo negativo indica que si hay déficit ($BDCEL = 1$) disminuye el valor del arrendamiento. Es importante anotar que tanto el nivel de significancia como el signo de estas variables se mantiene en ambos modelos.

En cuanto a las variables del entorno ambiental, en el primer modelo se utilizó la variable que indica si la observación se encuentra en el área de influencia de algún proyecto ($BINFLUTO = 1$), dado el signo positivo obtenido en la estimación, el modelo predice que hay mayor disponibilidad a pagar si se encuentra a una distancia menor de 1500 m de un cuerpo de agua recuperado. Esta variable tiene un nivel de significancia del 5%. En el segundo modelo se utilizó la distancia al proyecto más cercano como atributo ambiental siendo esta variable significativa al 10%, el signo negativo indica que a mayor distancia del proyecto el valor del arrendamiento disminuye.

3.4 Resultados

En la Tabla 8 se muestra el precio implícito estimado de las variables determinantes del valor del arriendo. Para la variable continuas AREA se calculó usando el valor promedio de todas las variables y por consiguiente este valor se puede interpretar como el precio implícito promedio de esta característica. El precio implícito de las variable binarias TIPO, BDCEL y INFLUTO se calculó como la diferencia entre las dos opciones posibles. El precio implícito de las variables binarias de los estratos fue calculada como la diferencia entre al arrendamiento de un inmueble en un estrato i y en un estrato $i - 1$. Como se observa, los valores reportados para ambos modelos son muy similares.

Tabla 8. Precio Implícito

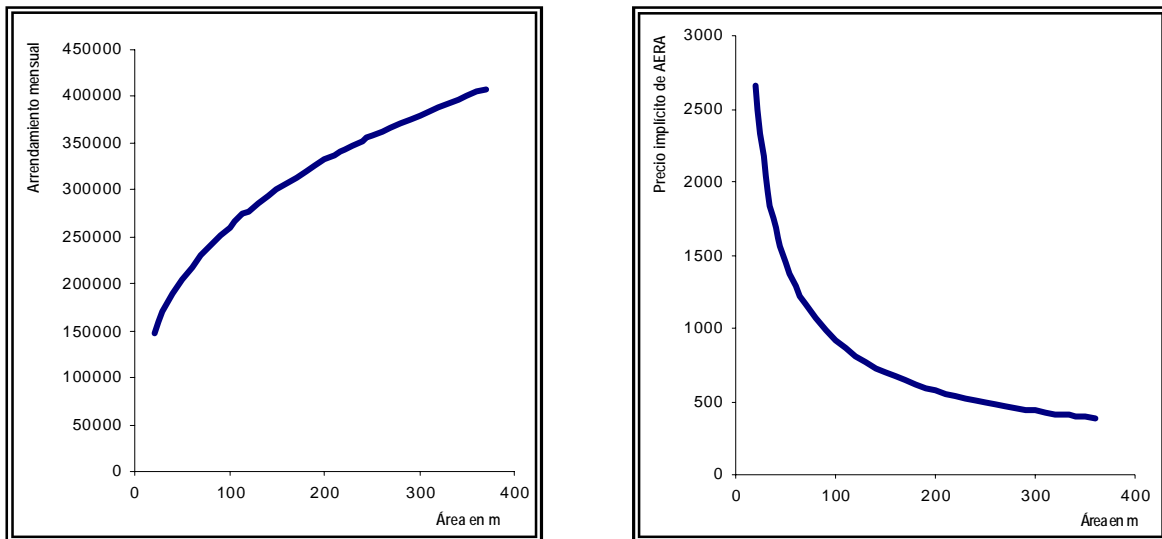
Variable	Precio Implícito	Elasticidad	Precio Implícito	Elasticidad
	MODELO 1		MODELO 2	
AREA	\$ 691,5	0,3440	\$ 698,5	0,3535
TIPO	\$ 79.977	0,0519	\$ 85.038,5	0,0558
EST2	\$ 35.914,5	0,0699	\$ 32.942	0,0648
EST3	\$ 107.430	0,2222	\$ 104.204,5	0,2156
EST4	\$ 139.231	0,0310	\$ 135.629,5	0,0304
EST5	\$ 174.913	0,0898	\$ 181.405	0,0896
EST6	\$ 570.337	0,2054	\$ 556.475	0,2042
NVIAS	\$81	0,2306	\$85	0,2464
NPEL	\$301	0,2617	\$285	0,2425
BDCEL	\$ -74.534	-0,1132	\$ -68.646	-0,1061
BINFLUTO	\$ 42.011	0,0627		
DISTCERC			\$ -4,2	-0,0409

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al área construida del inmueble, el precio implícito promedio calculado no es suficiente para inferir la relación que existe entre el valor del arrendamiento mensual y esta característica, por lo tanto en la Figura 12 se muestra la Función de Precios Hedónicos y la Función de Precio Implícito para esta variable utilizando el modelo 1. En cuanto a la primera función, se muestra que hay una relación positiva y no lineal entre estas variables, de tal manera que a medida que se incrementa el área aumenta el valor del arrendamiento, pero dicho aumento es cada vez menor, por lo tanto la correspondiente Función de Precio Implícito tiene pendiente negativa y sugiere que el precio marginal de este atributo no es

constante y en cambio decrece rápidamente, puesto que cuando se tiene un área de 50 m² el precio de un metro adicional es de \$1.455 pero cuando se tiene 100 m² es de \$915.

Figura 12. Función de Precios Hedónicos y Función de Precio Implícito del Área



En cuanto al tipo del inmueble, ambos modelos sugieren que cuando éste es un apartamento su arrendamiento mensual cuesta alrededor de \$80.000 más que una casa, manteniendo las demás características constantes.

Con respecto a las propiedades del vecindario, las variables de los estratos sugieren que un inmueble ubicado en un sector en estrato 2 tiene un valor del arrendamiento mensual mayor en \$36.000 que si estuviera ubicado en estrato 1 y este incremento es mayor a medida que aumenta el estrato para ambos modelos, como se observa en la Tabla 8. Por otro lado, con base en el primer modelo un inmueble que se encuentra en la localidad Chapinero tiene un valor del arrendamiento mensual mayor en \$68.240 que otro con las mismas características ubicado en la localidad Mártires, debido a que el número de policías efectivos en la primera localidad es de 375 y en la segunda es de 155, si se utiliza el segundo modelo esta cuantía se reduce a \$64.730 mensuales. Así mismo, con base en el modelo 1 un inmueble ubicado en la localidad Suba tiene un arrendamiento mensual mayor en \$111.700 que uno ubicado en la localidad Santafé, puesto que en esta última hay 191 vías de acceso mientras que en

Suba hay 1164, este valor es de \$116.250 mensuales para el modelo 2. Por último, si la localidad tiene déficit en cobertura educacional el arrendamiento mensual disminuye en aproximadamente \$70.000.

Con respecto a las variables objeto del estudio, el arrendamiento mensual de un inmueble aumenta en \$42.000 cuando se encuentra en la zona de influencia de algún proyecto (BINFLUTO = 1). En el panel izquierdo de la Figura 13 se presenta la Función de Precios Hedónicos para la variable continua DISTCERC, calculada a partir de diferentes valores de esta variable, evaluando las demás variables en el valor medio. La pendiente negativa de esta función indica que a medida que aumenta la distancia el valor del arrendamiento mensual disminuye. En el panel derecho de la Figura 13 se muestra la Función de Precio Implícito de la misma variable, en la cual a medida que aumenta la distancia el precio implícito disminuye rápidamente, de tal manera que el precio implícito por disminuir la distancia al proyecto en 100 m es de \$7.720 mensuales cuando se encuentra a 200 m pero cuando se encuentra a 300 m es de \$4.950 mensuales y es de \$852 mensuales cuando se encuentra 1500 m.

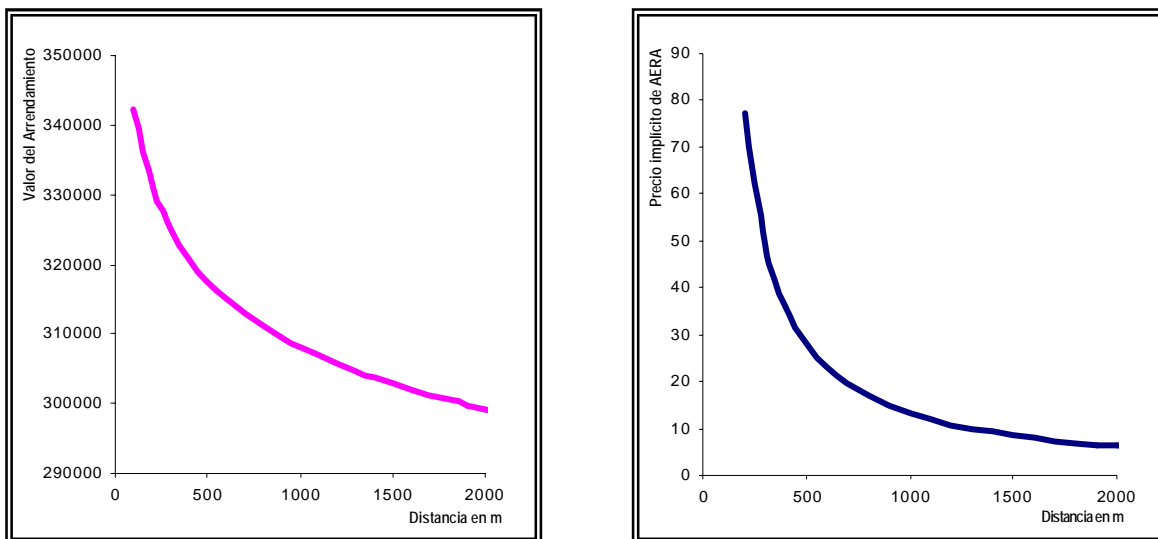


Figura 13 Función de Precios Hedónicos y Función de Precio Implícito de DISTCERC

3.5 Limitaciones del Modelo

Los resultados encontrados en el presente trabajo se enmarcan en el supuesto de que el mercado de arrendamiento vivienda se encuentra en competencia perfecta, es decir los precios se establecen libremente de mutuo acuerdo entre arrendadores y arrendatarios, reflejando el valor que éstos le otorgan al inmueble. Esto se convierte en una limitación del modelo puesto que no considera los efectos de la ley que controla el valor del arrendamiento y el aumento de éste, que a su vez origina rigidez nominal en el valor del arrendamiento. Debido a la existencia del control de precios en este mercado, dos viviendas con las mismas características pueden tener diferentes valores dependiendo del tiempo que lleva establecido el contrato. Por consiguiente, incluir una variable que indique hace cuánto se estableció el contrato de arrendamiento o el tiempo de residencia del arrendatario podría capturar este efecto.

4. Conclusiones

A partir de una muestra de 846 observaciones se estimaron dos Funciones de Precios Hedónicos para el mercado de arrendamiento de la ciudad de Bogotá, probando por medio de éstas que los proyectos asociados a la Estructura Ecológica Principal cuyo objetivo es la recuperación integral de los cuerpos de agua tienen en su conjunto un impacto positivo en el valor del arrendamiento. Las variables asociadas a la existencia de los proyectos en estas funciones fueron la ubicación del inmueble en el área de influencia de algún proyecto y la distancia al proyecto más cercano. Para la primera variable se determinó que el precio implícito es de \$42.000 mensuales que indica que un inmueble ubicado a menos de 1500 m de un cuerpo de agua recuperado tiene un valor del arrendamiento mayor en esta cuantía. En cuanto a la segunda variable, teniendo en cuenta que es continua, se encontró la Función de Precios Hedónicos y la Función de Precios Implícitos, manteniendo las demás variables constantes en el valor medio, esta última función decrece rápidamente y por consiguiente el precio implícito varía ampliamente dependiendo de la distancia del inmueble al proyecto. Lo cual indica que la acometida de los proyectos de recuperación de cuerpos de agua afecta positivamente el valor de los arriendos con más intensidad a medida que los inmuebles están más cerca del cuerpo de agua.

Las variables estructurales que se encontraron significativas fueron el área y el tipo de inmueble, casa o apartamento. El signo positivo del área en ambos modelos está de acuerdo con lo esperado puesto que a mayor cantidad de esta característica se espera un mayor valor de arrendamiento, así mismo se esperaba que se aceptara con un alto nivel de confianza, 99%. Sin embargo, los modelos sugieren que los apartamentos tienen mayor valor que las casas. Las variables de los estratos evidencian que hay segmentación del mercado y hay una gran diferencia entre los estratos 1 y 2, los estratos 3,4,5 y el estrato 6.

Con la estimación de estos modelos se encontró que el acceso al lugar donde se localiza el inmueble es un determinante del valor del arriendo, así como que el indicador de seguridad

determinante es el número de policías efectivos en la localidad y no el número de delitos de mayor impacto. Así mismo la presencia de clínicas, hospitales y otras instituciones prestadoras de salud, públicas o privadas, no son determinantes en el valor del arrendamiento. De igual manera se probaron variables que indican la disponibilidad de espacios para la cultura, la recreación y el deporte que no resultaron ser significativas. En cuanto a la educación, la variable que mide si hay déficit de cobertura educacional es determinante del valor del arriendo, entre otras que se probaron, ya que tiene en cuenta la disponibilidad de instituciones educativas públicas y privadas de acuerdo con el nivel de demanda existente en cada localidad.

Referencias

- Brown G y Pollakowsky H. (1975). Economic Valuation of Shoreline. *The Review of Economics and Statistics*, 272 -277.
- Carriazo, F. (1999) *Impactos de la Contaminación del Aire en el Precio de la Vivienda: Una Valoración Económica para Bogotá*. Tesis de Maestría. Facultad de Economía. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia
- Carriazo, F., Mendieta, J.C., Hernández, D., Barrera, C.P. & Pinzón, J.A. (2003) *Valoración del Entorno Ambiental Urbano: Una Aplicación del Modelo Hedónico en el Corredor Los Molinos - Córdoba - Juan Amarillo*. Reporte Final Presentado a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia
- Crone, T. Nakamura, L & Voith, R. (May 26 2004) Hedonic Estimates of the Cost of Housing Services: Rental and Owner-Occupied Units. *International Conference on Index Number Theory And the Measurement of Prices and Productivity*. Vancouver, British Columbia June 30 - July 3, 2004
- Day, B. (2001). *The Theory of Hedonic Markets: Obtaining Welfare Measures for Changes in Environmental Quality Using Hedonic Market Data*. Economics for the Environment Consultancy Recuperado el 18 de marzo de 2004 de http://www.cserge.ucl.ac.uk/Hedonics__Chapter_1_.pdf
- Doss R. Ch. & Taff S. J. (1996). The Influence of Wetlands Type and Wetlands Proximity on Residential Property Values. *Journal of Agricultural and Resources Economics* 21 (1), 120 -129.
- Freeman, M., (1993). *The Measurement of Environmental and Resource Values. Theory and Methods*. Resources for the Future, Washington D.C.
- Gottlieb, P. (1996) Hedonic Models: Valuation of Urban Parks. *Department of Agricultural and Resource Economics*. University of Maryland
- Goyeneche, F., Carriazo, F. & Vinha, K. (2003) *Afecta la Erosión el Precio de la Tierra?. Una Aplicación de un Modelo Hedónico Espacial en la Cuenca Amaine – Nima – El Cerrito en el Valle del Cauca, Colombia*. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.
- Hoesli, M., Thion, B. & Watkins, C. (1997). A Hedonic Investigation of the rental value of Apartments in Central Bordeaux. *Journal of Property Research*, (14), 15 - 26.
- Hueth, D., Mendieta, J.C., Zambrano, C., Mejía D. & Wielgus, J. (2000) *Las Sierras del Chicó: Un Estudio de Caso de Uso de Espacios Abiertos Urbanos*. Documento CEDE 2000 – 03. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia
- Johannes, H. & Kurz, C. (2002) A rental-equivalence index for owner-occupied housing in West Germany 1985 to 1998. *Discussion Paper Series I: Studies of the Economic Research Centre*. No. 08
- Luttik J. (2000). The Value of Trees, Water and Open Space as Reflected by House Prices in the Netherlands. *Landscape and Urban Planning*, Elsevier, 161-167.

Jansson A. (s.f.) *Hedonic Prices for Housing and Adaptation of the RESET Test in non linear Models. Use of the Box & Cox model to explain housing prices in Catamarca City, Argentina.*

Mahan B. L. (1997). *Valuing Urban Wetlands a Property Pricing Approach. U.S. Army Corps of Engineers.* Institute of Water Resources. Portland, U.S.A.

Mendieta, J. C. (2001), *Manual de Valoración Económica de Bienes No Mercadeables: Aplicaciones de las Técnicas de Valoración No Mercadeables y el Análisis Costo Beneficio y Medio Ambiente.* Documento CEDE 99-10. Facultad de Economía. Universidad de los Andes. Bogotá. Colombia.

Michael, H.J., Boyle, K.J. & Bouchard, R. (Febrero 1996) *Water Quality Affects Property Prices: A Case Study of Selected Maine Lakes.* Recuperado el 18 de marzo, en http://www.umaine.edu/mafes/elec_pubs/miscrepts/mr398.pdf

Milon J, Gressel J. & Mulkey D. (1984). Hedonic Amenity Valuation and Functions from Specification. *Land Economics.* Vol 60, (4).

Oscanoa, H. (1999) *Valoración Económica de los Beneficios por la Disminución del Nivel de ruido por Tráfico Aéreo en Bogotá. Colombia.* Tesis de Maestría. Facultad de Economía. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia

Osorio, M.P (2002) *Los Parques Urbanos como un Atributo de Valorización de la Vivienda en Bogotá: El Caso Parque El Virrey.* Tesis de Maestría. Facultad de Economía. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia

Pamquist, R.(1991) Hedonic Methods. En *Measuring the Demand for Environmental Quality.* Edited by John Braden y Charles D. Kolstad. Elsevier Science Publishers. B.V (North-Holland)

Penagos A. (2002). *¿Están los bogotanos interesados en vivir cerca de un parque urbano?.* Tesis de Magíster en Economía del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales. Facultad de Economía. Universidad de los Andes.

Ramírez, J.A. (1998) *Identificación de Atributos que Determinan los Precios de Predios Ganaderos en el Departamento del Caquetá: Una Aplicación del Método de Precios Hedónicos.* Tesis de Maestría. Facultad de Economía. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia

Rodríguez, M. (2003) *Caracterización Hedónica del Mercado de Finca Raíz en la Ciudad de Cartagena: Una Aproximación Semiparamétrica.* Tesis de Maestría. Facultad de Economía. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia

Sheppard, S. (1997). Hedonic Análisis of Housing Markets. En Cheshire, P.C. & Mills, E.S. eds. *Handbook of Regional and Urban Economics*, Vol 3 N.Y.: Elsevier, 1999.

Vidaurre, R.F. (2002) *Valoración Económica de las Inundaciones en el Contexto del Modelo de Precios Hedónicos: Caso de la Zona Este de la Ciudad de Oruro, Bolivia.* Tesis de Maestría. Facultad de Economía. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia

Anexo I. Salidas Econométricas de los Modelos

```

-----+-----
| Box-Cox Nonlinear Regression Model
| Maximum likelihood estimator      Heteroscedasticity:W(i) = ONE
| Number of iterations completed = 47
| Dep. var. = ARRENDAMIENTO Mean= 525202.9551 , S.D.= 962274.3315
| Model size: Observations = 846, Parameters = 12, Deg.Fr.= 834
| Residuals: Sum of squares= 88.80961406 , Std.Dev.= .32400
| Fit: R-squared= 1.000000, Adjusted R-squared = 1.000000
| (Note: Not using OLS. R-squared is not bounded in [0,1])
| Model test: F[ 11, 834] =***** , Prob value = .00000
| Diagnostic: Log-L = -246.9697, Restricted(b=0) Log-L = -12855.3101
| LogAmemiyaPrCrt.= -2.240, Akaike Info. Crt.= .612
| Transformations: RHS = Lambda , LHS = Lambda
| Elasticities have been kept in matrix EPSILON
| Log-likelihood accounting for the LHS transformation = -11354.19308
-----+-----

```

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Variables transformed by LAMBDA = -.04739					
AREA	.2399213375	.54554729E-01	4.398	.0000	149.29570
NVIAS	.1746633579	.58579599E-01	2.982	.0029	855.37825
NPEL	.1873951325	.10188554	1.839	.0659	260.97636
Variables that were not transformed					
TIPO	.1356170366	.52654913E-01	2.576	.0100	.21040189
EST2	.1121192459	.50876654E-01	2.204	.0275	.34278960
EST3	.3517168581	.10349673	3.398	.0007	.34751773
EST4	.5556978550	.17034039	3.262	.0011	.30732861E-01
EST5	.7330190704	.21270328	3.446	.0006	.67375887E-01
EST6	1.074111243	.31749935	3.383	.0007	.10520095
BDCEL	-.1379522454	.47390769E-01	-2.911	.0036	.45153664
BINFLUTO	.7639311980E-01	.35158773E-01	2.173	.0298	.45153664
Constant	6.157822190	.56475632	10.904	.0000	
Variance and transformation parameters					
Lambda	-.4739305404E-01	.22343271E-01	-2.121	.0339	
Sigma-sq	.1049759032	.59023047E-01	1.779	.0753	

```

-----+-----
| Box-Cox Nonlinear Regression Model
| Maximum likelihood estimator      Heteroscedasticity:W(i) = ONE
| Number of iterations completed = 49
| Dep. var. = ARRENDAMIENTO Mean= 525202.9551 , S.D.= 962274.3315
| Model size: Observations = 846, Parameters = 12, Deg.Fr.= 834
| Residuals: Sum of squares= 89.63634008 , Std.Dev.= .32550
| Fit: R-squared= 1.000000, Adjusted R-squared = 1.000000
| (Note: Not using OLS. R-squared is not bounded in [0,1])
| Model test: F[ 11, 834] =***** , Prob value = .00000
| Diagnostic: Log-L = -250.8892, Restricted(b=0) Log-L = -12855.3101
| LogAmemiyaPrCrt.= -2.231, Akaike Info. Crt.= .621
| Transformations: RHS = Lambda , LHS = Lambda
| Elasticities have been kept in matrix EPSILON
| Log-likelihood accounting for the LHS transformation = -11356.33031
-----+-----

```

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[Z >z]	Mean of X
Variables transformed by LAMBDA = -.04722					
AREA	.2470628247	.55582506E-01	4.445	.0000	149.29570
NVIAS	.1869633351	.59157697E-01	3.160	.0016	855.37825
NPEL	.1810834381	.10204454	1.775	.0760	260.97636
DISTCERC	-.3284290158E-01	.17744973E-01	-1.851	.0642	2831.4829
Variables that were not transformed					
TIPO	.1462488585	.54612703E-01	2.678	.0074	.21040189
EST2	.1042805649	.49836747E-01	2.092	.0364	.34278960
EST3	.3422492100	.10138290	3.376	.0007	.34751773
EST4	.5462737560	.16841159	3.244	.0012	.30732861E-01
EST5	.7334193185	.21331187	3.438	.0006	.67375887E-01
EST6	1.070908587	.31720393	3.376	.0007	.10520095
BDCEL	-.1295906429	.45264063E-01	-2.863	.0042	.45153664
Constant	6.336639690	.61268423	10.342	.0000	
Variance and transformation parameters					
Lambda	-.4722499035E-01	.22377108E-01	-2.110	.0348	
Sigma-sq	.1059531207	.59662033E-01	1.776	.0758	