UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# PRECIOS HEDÓNICOS PARA VIVIENDA NUEVA EN LA CIUDAD DE TUNJA

**GILBERTO CALDERON BAEZ**

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Economía
Bogotá D.C.
Octubre de 2012

# PRECIOS HEDÓNICOS PARA VIVIENDA NUEVA EN LA CIUDAD DE TUNJA

**GILBERTO CALDERON BAEZ**

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de:

**Magister en ECONOMIA**

Directora:

Ph.D.Ciencias Económicas Nohora Leon  Rodriguez

Línea de Investigación:

Economía ambiental

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas

Escuela de Economía

Bogotá D.C.

Octubre de 2012

*(Dedicatoria o lema)*

*A mi hijo Andrés Felipe Calderón,*
*mi esposa Elizabeth Hurtado y a la*
*Empresa de Energía de Boyacá*
*por el apoyo y paciencia que me tuvieron*
*Para culminar mis estudios de maestría.*

# Resumen

La teoría de precios hedónicos ha sido ampliamente aplicada para valorar bienes heterogéneos y en recientes investigaciones se ha usado para valorar efectos ambientales en los precios de bienes inmuebles. Este trabajo aplica dicha teoría en 20 proyectos de vivienda nueva en la ciudad de Tunja, para valorar los pisos en cada construcción dependiendo de características ambientales, estructurales y de vecindario. Mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios se encontró que para los pisos 1 al 10 de distintos proyectos de apartamentos, las variables ambientales son las que tienen mayor influencia en la formación de precios por metro cuadrado. Se recolectaron datos de 27 variables, algunas de las cuales fueron tabuladas de encuestas directas a las empresas constructoras y otras mediante el software Autocad, exactamente variables de distancia sobre el plano de la ciudad de Tunja.

**Palabras clave:** precios hedónicos, vivienda nueva, características ambientales, estructurales y de vecindario.

# Abstract

The hedonic price theory has been widely applied to assess heterogeneous good sand recent researches have been used to assess environmental effects on property prices. This work applies the theory in 20 new housing projects in the city of Tunja, to assess the floors in each building depending on environmental, structural and neighborhood characteristics. By ordinary least squares method, was found that floors1 to 10for different apartment projects, environmental variables are those that are most influential in the formation of prices per square meter. Data was collected on 27 variables, some were tabulated from direct surveys of the construction companies y others through Autocad software, exactly variables on the plane away from the city of Tunja.

**Keywords:** hedonic prices, new housing, environmental, structural and neighborhood.

# Contenido

**Pág.**

**Resumen** ..... **VII**

**Lista de figuras** ..... **IX**

**Lista de tablas** ..... **X**

**Introducción** ..... **1**

**1. Génesis y evolución del método de precios hedónicos** ..... **3**
1.1 Método de precios hedónicos ..... 10
1.2 Análisis microeconómico ..... 13
1.3 Especificación de la función de precios hedónicos ..... 17

**2. Aplicaciones del método de valoración económica ambiental** ..... **21**
2.1 Aplicaciones internacionales ..... 21
2.2 Aplicaciones en el mercado de vivienda ..... 23
2.3 Aplicaciones en Colombia ..... 25

**3. Modelos de precios hedónicos para vivienda nueva en la ciudad de Tunja** ..... **29**
3.1 Análisis de la información ..... 29
3.2 Planteamiento y resultados de la función de precios hedónicos ..... 34

**4. Conclusiones y recomendaciones** ..... **42**
4.1 Conclusiones ..... 42
4.2 Recomendaciones ..... 44

**A. Anexo: Muestra de proyectos de vivienda nueva en la ciudad de Tunja** ..... **45**

**B. Anexo: Plano de la ciudad de Tunja.** ..... **46**

**C. Anexo: Colinealidad perfecta entre número de habitaciones y número de baños** **47**

**D. Anexo: Resultados de las regresiones** ..... **47**

**Bibliografía** ..... **51**

# Lista de figuras

**Pág.**

Figura 1-1: Teoría del valor económico total [4] ..... 3
Figura 1-2: Métodos de valoración económica ambiental [39] ..... 6
Figura 1-3: Factores que determinan el salario [4] ..... 8
Figura 1-4: Equilibrio en el mercado de un bien heterogéneo [46] ..... 15
Figura 1-5: Interpretación de la función hedónica [4] ..... 21

# Lista de tablas

**Pág.**

Tabla 1-1: Métodos de estimación para la transformación Box - Cox.....18

Tabla 3-1: Regresiones hedónicas para inmuebles en la ciudad de Tunja. Minería de datos inicial .....35

Tabla 3-2: Regresiones hedónicas para inmuebles en la ciudad de Tunja. Minería de datos final .....37

Tabla 3-3: Resultados de las regresiones hedónicas para inmuebles en la ciudad de Tunja 38

# Introducción

El sector de la construcción ha sido, por diversas razones, uno de los sectores que generan mayores enlaces y encadenamientos en la producción y el consumo de los colombianos. Su evolución constituye uno de los principales indicadores para la valoración de la actividad económica en el corto y mediano plazo, debido a que las fluctuaciones del sector constructor están muy asociadas al ciclo económico,la existencia de un indicador de la evolución del precio de la vivienda como un activo, genera múltiples beneficios para la economía de un país.

A diferencia de la mayoría de los bienes económicos, las viviendas se caracterizan por ser bienes heterogéneos que poseen una diversidad de atributos físicos, funcionales, localización y durabilidad, a la vez que proveen una gama de servicios que aseguran la comodidad de cada persona, haciéndolos prácticamente únicos e irrepetibles. Sin embargo, como lo que se negocia en el mercado es el bien compuesto, no es posible observar los precios o valoraciones marginales, objetivas de cada uno de los atributos que lo componen. Debido a esta característica particular, es interesante conocer cuál es el precio implícito (hedónico) de cada uno de los atributos antes nombrados para las viviendas.

El hecho de tener en cuenta los gustos y preferencias de los consumidores, conlleva a que algunas ramas de las ciencias económicas investiguen y apliquen métodos aptos para ello, es el caso del método de precios hedónicos, que desde su definición incluye el pago por un atributo de un bien heterogéneo que dé satisfacción y por lo tanto mejore los niveles de utilidad. De igual forma desde el punto de vista del productor, ya que éste querrá maximizar su beneficio adicionando un atributo adecuado del bien ofrecido. Cuando se encuentran la función de demanda (consumidor) y la función de producción (productor) de bienes heterogéneos, aparece el equilibrio y entonces se tiene la función de precios hedónicos en el mercado del bien analizado.

El método de precios hedónicos va a constituir en este trabajo una herramienta importante para estudiar las relaciones que existen entre los niveles de calidad que pueden asignársele a una unidad habitable o vivienda, utilizando un conjunto de atributos o características y el precio de la misma, específicamente el valor de compra – venta.

El objetivo comprendido a lo largo de todo el trabajo consiste en verificar mediante la metodología de precios hedónicos, la hipótesis de que las elementos del vecindario y ambientales para la vivienda en la ciudad de Tunja, juegan un papel determinante en la conformación de los precios de cada unidad y aún más, en la formación del precio por piso en proyectos residenciales.

Hoy en día es importante considerar en la valoración de bienes el aspecto ambiental, sobre todo porque las generaciones contemporáneas han venido tomando conciencia de la importancia en preservar escenarios como parques, árboles, ríos, la flora y en general la fauna que les rodea; hasta los gobiernos desarrollan políticas en pro del medio ambiente y según el premio Nobel Joseph Stiglitz (2010) una de las políticas de desarrollo y crecimiento económico a largo plazo es el cuidado de dicho ambiente natural a nivel mundial.

El hecho de considerar en este trabajo de manera explícita variables ambientales, permite analizar qué tanto se valoran los efectos ambientales sobre el precio de los inmuebles en la ciudad de Tunja, lo cual es importante en la medida que los proyectos nuevos de vivienda interioricen dicha información para crear externalidades positivas del medio ambiente a los individuos que lleguen a ocupar los apartamentos.

El contenido de la tesis se enmarca en tres grandes ramas: una primera parte dedicada al estudio teórico del método de precios hedónicos y aplicaciones internacionales, la segunda parte donde se exploran las aplicaciones en Colombia y una tercera parte que presenta la aplicación del método al mercado de vivienda nueva en la ciudad de Tunja (Colombia).

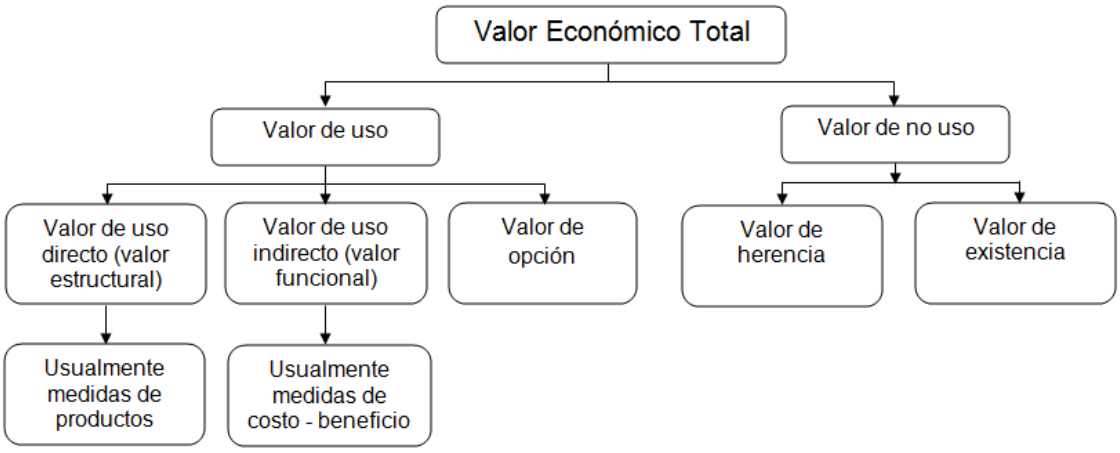
# 1. Génesis y evolución del método de precios hedónicos

Desde el nacimiento de la economía como objeto de estudio sistemático, con Adam Smith en su libro La Riqueza de la Naciones surgió la inquietud de explicar el valor de los bienes, de dónde derivaban los bienes y servicios su valor económico.

Los clásicos que desarrollaron la teoría del valor trabajo fueron Adam Smith, David Ricardo y Carlos Marx. Esta teoría considera que los bienes y servicios derivan su valor según el trabajo que llevan incorporado, por lo tanto un bien valía según el trabajo que le costaba producirlo a un obrero o según Marx el trabajo socialmente necesario para producirlo (Cataño, 2009). A finales del siglo XIX surgió la escuela basada en la teoría del valor derivada de la utilidad marginal, que luego se conocería como teoría neoclásica; los autores más representativos fueron Carl Menger, Alfred Marshall, León Walras y para mediados del siglo XX se destacan los dos Premios Nobel Gérard Debreu y Kenneth Arrow (Cuevas, 2001).

En economía ambiental, la teoría del valor económico considera la estructura de la figura 1-1.

Figura 1-1: Teoría del valor económico total [4]




Fuente: adaptado de Bolt et al, 2005.

La sociedad como un conjunto de personas tiene derechos y deberes con respecto al disfrute de la naturaleza, de tal manera que se hace necesario una medición de dichos componentes. Por lo tanto es necesario obtener información de distintas categorías ambientales que ayuden para la aproximación del valor de cada una, hasta alcanzar el valor económico total de lo que se está estudiando. De esta manera el medio ambiente puede tener distintos tipos de valor, de acuerdo con el sentido literal del término, para diferentes personas y colectivos. Así, se considera de manera general el valor de uso y el valor de no uso.

El valor de uso considera el carácter instrumental que presentan los atributos de la naturaleza y por lo tanto se convierten en bienes útiles. Un ejemplo de ello sucede cuando ocurre algún cambio en los bienes ambientales y las personas se ven afectadas. Dentro de la categoría del valor de uso se encuentran: el valor de uso directo, el valor de uso indirecto y el valor de opción.

El valor de uso directo deriva del consumo o no del recurso pero que ofrece utilidad. Los individuos disfrutan directamente del recurso al consumirlo, por ejemplo la tala de un bosque para obtener madera o de la pesca para subsistencia; o mediante la obtención de un goce de la población por el recurso en sí, por ejemplo un parque para recreación o la vista panorámica en una zona costera (Bolt et al, 2005).

El valor de uso indirecto se considera como resultado de usar los servicios del recurso, por ejemplo un bosque ofrece la protección de cuencas, las cuales a su vez ayudan para el mantenimiento de la capa de ozono que protege la tierra de los rayos ultravioleta. De esta manera la medida generalmente usada es el costo – beneficio de dichos servicios. La distinción entre el valor de uso directo e indirecto no siempre es clara (Bolt et al, 2005).

El valor de opción deriva del valor potencial que tiene un bien, es decir, un valor futuro que adquiere para el individuo dicho bien que puede llegar a ser o no usado. Por ejemplo la desaparición de un bosque natural supone una pérdida de bienestar para las personas, aunque no hayan estado en él, por lo tanto su tala produce desmejoramiento y su preservación eleva el bienestar social (Azqueta, 2002).

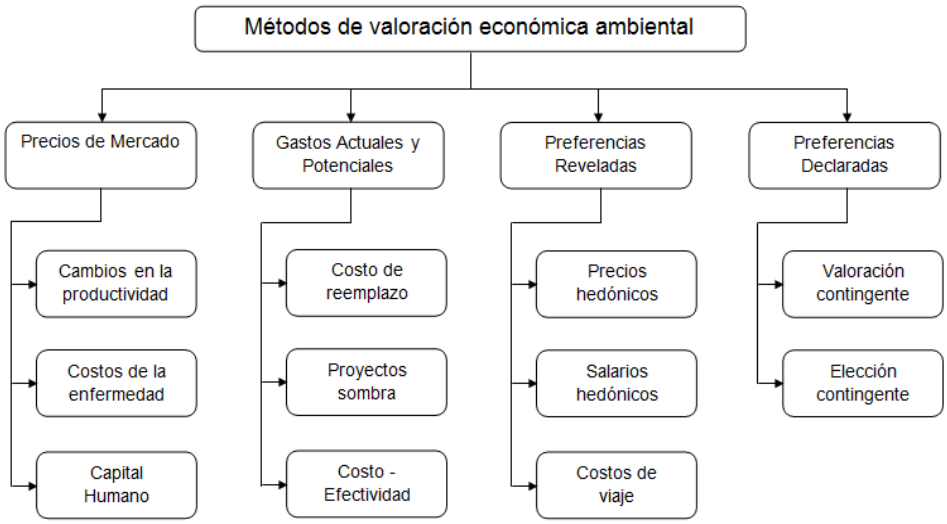
Los valores de no uso se refieren a los bienes que presentan el valor no ligado a la utilización. Se consideran dos formas para medir dicho valor: mediante el valor de herencia y el valor de existencia.

El valor de herencia es posible encontrarlo cuando alguna persona o comunidad siente que hereda algo de la naturaleza y por lo tanto debe cuidarlo, de tal forma que cuando se afecta negativamente dicho bien, se perjudica el bienestar social. La naturaleza de este valor radica fundamentalmente en la filantropía, es decir, que las personas desean que algo permanezca donde está con fin de favorecer la comunidad presente y futura, como un derecho intergeneracional (Cruz, 2005).

El valor de existencia aparece cuando las personas, aunque no sean usuarias en el presente ni en el futuro, valoran positivamente la presencia de dicho bien o servicio; de tal manera que la desaparición supondría pérdida del bienestar. Se puede decir que este valor se representa en el sentir de las personas que tengan solamente al ver el bien ambiental, valorando el hecho de que exista y siga existiendo (Cruz, 2005).

Adicionalmente en la teoría de la economía ambiental existen varios métodos de valoración económica, los cuales se pueden observar en la figura 1-2.

Figura 1-2: Métodos de valoración económica ambiental [39]




Fuente: adaptado de Lancaster, 1979.

Los métodos de valoración ambiental hacen referencia a distintas formas de medir el valor económico de bienes y servicios. Son necesarias las metodologías por la diversidad de bienes que hay y por los distintos servicios que pueda prestar un bien a las personas, por ejemplo, un río puede servir de balneario para pasar un fin de semana agradable con la familia, pero también sus aguas le sirven al campesino para regar la tierra y obtener el fruto que da sustento a su familia; son distintos usos que tiene un bien y si se quisiera medir los tipos de uso, tendrían que haber distintas formas de medirlos.

**Precios de Mercado**

El uso de estos métodos es frecuente cuando la valoración ambiental se define en términos de impactos que se pueden monetizar directamente.

- Método de Cambios en la Productividad: consiste en el análisis tradicional de costo – beneficio. El valor económico de algún proyecto debe incorporar el efecto que tiene sobre el medio ambiente, que a su vez presenta sobre los productos o servicios y por lo tanto disminuye o aumenta la productividad. Los efectos se miden a precios de mercado, es decir, pérdidas o ganancias de los agentes que vieron afectada su

producción por el deterioro o mejoras del medio ambiente, respectivamente (Bolt et al, 2005).

- Método del Costo de la Enfermedad: efectos sobre el medio ambiente pueden ocasionar externalidades negativas sobre la salud humana, por lo tanto la valoración del cambio ambiental se estima mediante los gastos incurridos por los individuos, como resultado de las enfermedades que presentan después del cambio en el medio ambiente.
- Método del Capital Humano: estima económicamente los cambios en la productividad cuando se afecta la salud del ser humano. Se basa en los supuestos de que el valor de un agente es lo que produce y las ganancias miden la productividad (Azqueta, 2002).

**Gastos Actuales y Potenciales**

Estos métodos se caracterizan por medir impactos ambientales que se pueden corregir y/o mitigar, de tal manera que se pueda volver al estado natural o muy cercano del que tenía antes de ser afectado el medio ambiente.

- Método Costos de Reemplazo: estimación para calcular los costos relacionados con el daño ambiental y poder reemplazarlos; el deterioro puede darse solamente al medio ambiente o a terceros que abarca el perjuicio ambiental. Aunque es difícil si no casi imposible valorar los daños al medio ambiente para recomponerlos, se hace una medición teórica y pueden ser vistos como estimación de beneficios que se relacionan con las medidas para prevenir los daños, antes que sustituirlos (Freeman, 2003).
- Proyectos Sombra: calcula el conjunto de daños al medio ambiente y los sustituye manteniendo las condiciones actuales de los recursos naturales al desarrollar el proyecto.
- Costo – efectividad: se evalúan los costos incurridos y los tratamientos para volver a las mismas condiciones ambientales, luego depende de qué tan bien funcionan los programas para reponer los daños.

**Preferencias Reveladas**

Este conjunto de métodos se basa en las relaciones que se dan entre los bienes o servicios ambientales que valoran y los bienes o servicios que adquieren las personas.

- Método de Precios Hedónicos: usado en muchas ocasiones para valorar el efecto sobre los precios de las propiedades a partir de variaciones ambientales. Se estima el precio implícito de una variedad de atributos que puede presentar la vivienda, como la calidad del aire, el nivel de ruido, la proximidad a cuerpos de agua, la proximidad a botaderos y el disfrute paisajístico, entre otros. Dependiendo del bien o servicio analizado se incluyen más o menos variables ambientales, según sea el caso (Abelson, 1979). En el capítulo 1 de la tesis se hace un desarrollo amplio de este método, objeto de estudio y aplicación durante el trabajo.
- Método de Salarios Hedónicos: usado para analizar la disposición al aceptar condiciones laborales bajo ciertos salarios, es decir, la remuneración salarial debe reflejar la disponibilidad del trabajador por aceptar riesgos. Por ejemplo, un trabajador tiene la oferta de dos empleos donde pagan lo mismo, él elegirá aquel que presente mejores condiciones de trabajo o menores riesgos de accidente y mayor comodidad, de tal manera que maximice su bienestar (Bolt et al, 2005).

Simbólicamente sería

$$w = f\left(L^s, L^d\right) \qquad (1)$$

Donde,

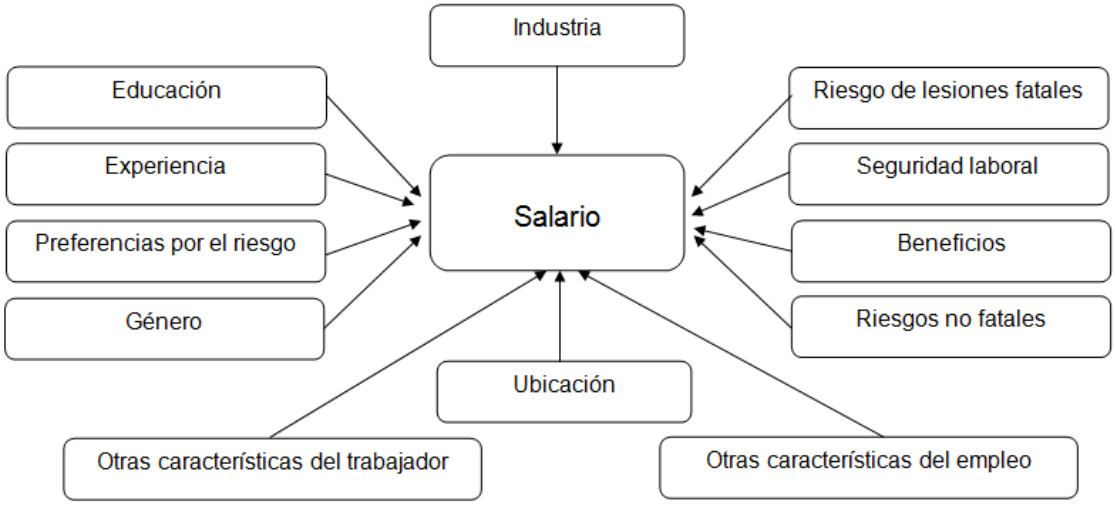
$w$: es el salario.

$L^s$: características de la oferta laboral.

$L^d$: características de la demanda laboral.

Las relaciones hedónicas en el mercado de trabajo se pueden representar como sigue en la figura 1-3.

Figura 1-3: Factores que determinan el salario [4]




Fuente: adaptado de Bolt et al, 2005.

En muchas ocasiones las personas analizan las condiciones laborales para aceptar el salario de determinado trabajo, por ejemplo, si cumple o no con el perfil de estudios que tiene, con la ubicación y si tiene o no la facilidad para transportarse, con los riesgos que puede presentar para su vida, etc.

- Método de Costos de Viaje: sirve para estimar el valor de sitios ecológicos usados para la recreación. De igual forma el método valora económicamente los beneficios o costos asociados a cambios en el acceso, mejoras o eliminación de factores en el ecosistema que sirve para recreación. Con el método se valora la demanda por bienes naturales (Bolt et al, 2005).

**Preferencias Declaradas**

En estos métodos los individuos indican sus preferencias mediante el uso de encuestas. Estos cuestionarios admiten recrear mercados simulados que permiten valorar cambios en el bienestar de las personas, antes que se produzca decisión alguna respecto al bien por valorar.

- Método de Valoración Contingente: ya que la estimación del valor de bienes medio ambientales no poseen información de precios o cantidades, se debe realizar

mediante encuestas que permitan luego calcular la disposición a pagar por parte de las personas ante cambios hipotéticos (contingentes) de esos bienes, cambios que afecten el bienestar de los encuestados. Este método no tiene en cuenta el valor monetario para el pago, sino que el valor se deduce de las elecciones que las personas hagan, según la opción elegida el bien ambiental vale más o menos (Dixon et al, 2009).

- Método de Elección Contingente: a diferencia del método anterior, los bienes ambientales por elegir se clasifican en grupos y se les asigna un precio a cada grupo, de tal manera que los individuos ahora eligen entre una canasta de bienes y sus combinaciones, incluido el precio como atributo de esa canasta (Dixon et al, 2009).

## 1.1 Método de precios hedónicos

Se considera al filósofo griego Aristipo de Cirene (435 – 350) como el fundador del hedonismo, quien identificaba el placer como objetivo supremo y fruto de los esfuerzos. Por supuesto, el placer no se relacionaba solamente con lo sensual, sino con placer mental, amistad, satisfacción ética y moral, laboral, etc. De esta manera, lo hedónico se refiere al placer ocasionado por el bien realizado (Drakopoulos, 1991).

Por definición, el método hedónico de valoración parte del hecho que el precio de un bien es la suma del valor que posee cada una de las características: comodidad, capacidad, seguridad, etc. La gran utilidad de este método es que permite la comparación de los mismos bienes y servicios, a partir de las características mencionadas.

Este método permite realizar análisis del precio de un bien a partir de los distintos atributos que posee ese bien sin modificar la calidad del mismo. Relaciona el precio del bien heterogéneo y sus atributos. Gran cantidad de bienes son heterogéneos, es decir, que poseen variedad de características que determina su precio. Por lo tanto los precios hedónicos o implícitos como también se conocen, quieren valorar cada uno de los atributos que explican la variación del precio.

El método de valoración económica basado en precios hedónicos, parte del hecho que los bienes por valorar tienen un valor de uso (sus atributos satisfacen alguna necesidad)

y sus demandantes presentan preferencias reveladas. Este método valora bienes que tienen distinto valor de uso y además multiatributo: satisfacen distintas necesidades al mismo tiempo, o la misma necesidad de manera distinta. Por lo tanto, la valoración de precios hedónicos intenta descubrir cuantitativamente todos los atributos que explican el precio del bien heterogéneo (Azqueta, 2002).

La teoría del valor desarrollada por Lancaster (1966), Griliches (1971) y Rosen (1974) dio la base teórica para la aplicación de la metodología de precios hedónicos y bienes que derivan su valor de sus características o atributos. García (2007, p. 57) citando a Lancaster comenta que “en esta nueva aportación a la teoría del consumidor, el consumo es una actividad en la que los bienes se demandan en el mercado no para su consumo directo, sino que constituirán los inputs de un supuesto proceso productivo en el que serán transformados en términos de utilidad y donde los outputs van a ser las características o atributos del bien que condicionan su función de utilidad”.

El método de precios hedónicos se basa en la teoría de que los bienes son valorados por su funcionalidad, la cual generalmente se encuentra ligada a las características implícitas que son reveladas por las personas cuando ejercen transacciones de mercado (compra – venta), porque se pueden observar los precios de productos diferenciados, así como la cantidad y calidad de atributos que poseen aquellos bienes (Rosen, 1974).

Un ejemplo sencillo en el mercado de vivienda es muy útil. Piense que existen dos casas similares en todas sus características excepto una, la cercanía a centros comerciales, la diferencia en el precio radicaría en el valor de ese atributo, que en el mercado no se considera como un precio explícito. De esta manera, al comprar un inmueble para vivir no solo se considera el valor del metro cuadrado o las características estructurales de la casa, sino que se analizan las características de su entorno, tanto las del vecindario como las ambientales.

La teoría hedónica de precios proporciona aspectos importantes para realizar análisis de bienestar a partir de los distintos precios observados en las propiedades, sobre todo en la adquisición de vivienda (Mendieta, 2006).

A continuación se consideran de manera general tres grandes objetivos del método:

- Descubrir los atributos del bien que expliquen su precio, además de valorar el nivel de importancia de cada uno de ellos.
- Calcular el precio implícito de cada atributo, de tal manera que se pueda valorar la disposición marginal a pagar (DMP) para obtener una unidad adicional de esa característica.
- Determinar las externalidades sobre el precio del bien cuando se afecta algún atributo.

En Mäler (1974) y Brookshire*et al*. (1982) se encuentran los siguientes supuestos:

- El consumidor maximiza su función de utilidad sujeto a la restricción presupuestaria y productor maximiza su función de beneficios.
- Existe un mercado competitivo que viene a ser el escenario donde demandantes y oferentes se ponen de acuerdo para transar los bienes. Eso implica que hay perfecta información.
- El precio del bien en el mercado mostrará los atributos del mismo y será una relación constante, que dependerá de quienes demandan y ofrecen, además de sus características.
- Movilidad de los agentes en el mercado del bien negociado. Esto hace que el método tenga validez para diferenciar los precios por las características o atributos del bien. Un ejemplo que serviría para explicar adecuadamente este supuesto es la contaminación para calcular el precio hedónico de una vivienda; por lo tanto, si una vivienda se encuentra en zona de alto nivel de contaminación y cierta persona no desea estar más en ese lugar, puede movilizarse a una parte que esté más acorde a sus preferencias, en este caso de contaminación. En ausencia de movilidad, la persona no tiene elección y por tanto, los precios de los bienes del mercado no reflejan enteramente las razones de demanda y oferta. Lo que significa que cuando el factor de la movilidad no existe, los precios hedónicos no reflejan enteramente la dotación de bienes ambientales (Azqueta, 2002).

- Complementariedad débil entre el bien privado y sus atributos: indica que si el disfrute de un atributo depende de la compra de un bien, entonces la medida del valor de ese atributo es posible basarlo en la curva de demanda del bien privado.

## 1.2 Análisis microeconómico

Según García (2007) la fundamentación teórica en la microeconomía de precios hedónicos fue realizada Houthakker (1952), Tinbergen (1959), Lancaster (1966, 1971 y 1979) y Rosen (1974). Houthakker "introduce mucha sensatez en su análisis al diseñar su modelo teniendo en cuenta el hecho de que las fracciones de gastos que los consumidores destinan a todos los bienes disponibles para ellos puede considerarse en muchos casos insignificante, por lo que no habría que valorar la multitud de soluciones de esquina requeridas por la teoría tradicional del consumidor" (García, 2007, p. 57). Tinbergen hizo uno de los primeros aportes a la teoría del equilibrio para mercados con productos diferenciados (Epple, 1987). Lancaster y Rosen realizaron grandes aportes en la teoría del valor de productos diferenciados por sus características y en la teoría del consumidor para bienes heterogéneos.

A continuación se realiza un desarrollo microeconómico que muestra la generalidad del método hedónico. Como en todo mercado coinciden tres conceptos: precios, oferta y demanda. Teniendo en cuenta los siguientes aspectos se desarrolla de manera general este análisis[1]:

- Existe un bien privado $Z$ con un vector de características $\{(z_1, z_2, \dots, z_i, \dots, z_n) \in \mathbb{Z}\}$, miembro del conjunto de bienes similares.
- Existe un precio $P(\mathbb{Z})$ para el bien $Z$ que depende del vector de características$\mathbb{Z}$.

La oferta se entiende como los productores del bien privado $Z$, los cuales presentan una función de beneficios que viene a ser la diferencia entre sus ingresos y sus costos. Los

[1] La tesis mantiene la notación desarrollada por Rosen (1974). Sobre el análisis económico y desarrollo matemático se pueden estudiar libros de microeconomía ampliamente conocidos como Pindick (2001), Nicholson (2007) y Varian (2005). También se puede leer directamente de Rosen (1974) y una presentación en español de García (2007).

ingresos se representan por $P(\mathbb{Z}) * Q$, donde $P(\mathbb{Z})$ es el precio del bien dado el conjunto de atributos $\mathbb{Z}$ y $Q$ es la cantidad de unidades hechas del bien heterogéneo. La función de costo llamada $C$ depende de $\mathbb{Z}$, $N$ y $\alpha$ que representaría las características de cada productor como la tecnología, entre otros. De tal forma que la función de beneficios se definiría como

$$\pi = P(\mathbb{Z}) * Q - C(\mathbb{Z}, N, \alpha) \quad (2)$$

Por lo tanto el problema del productor es maximizar los beneficios, tomando la función de precios, escogiendo la cantidad de unidades por producir $(Q)$ y la cantidad de atributos que desea tener en el bien heterogéneo$(\mathbb{Z})$.

Luego de calcular las condiciones de primer orden y tomando la ecuación de la característica $i$, sin pérdida de generalidad para todo el sistema de ecuaciones se llega a lo siguiente

$$\frac{\partial P}{\partial z_i} = \frac{\partial C}{\partial z_i} \quad (3)$$

De la ecuación (3) se concluye que: primero el productor ofrecerá el bien hasta cuando el costo marginal de producir una unidad adicional es igual al precio del bien y segundo un atributo adicional es igual al precio hedónico de cada característica.

De otra parte, la demanda en el método viene a estar explicada por los siguientes aspectos

- Existe el resto de bienes que demanda el consumidor en el vector $X$
- Existe el precio del resto de bienes que demanda el consumidor $P_x$
- El consumidor tiene un presupuesto $m$.

Por lo tanto el problema es:

$$Max\ U(Z(\mathbb{Z}), X)$$

$$\text{s.a.} \qquad Px\, X + P_z(Z) = m$$

De igual forma que el problema anterior, calculando las condiciones de primer orden y analizando la ecuación de la característica $i$

$$\frac{\partial U}{\partial z_i} = \lambda \frac{\partial P_z}{\partial z_i} \quad (4)$$

De tal manera que la parte izquierda indica la satisfacción por un atributo adicional $i$ del bien diferenciado, mientras que el lado derecho muestra el costo por atributo adicional del bien $Y$. Si se divide por $\lambda$ entonces

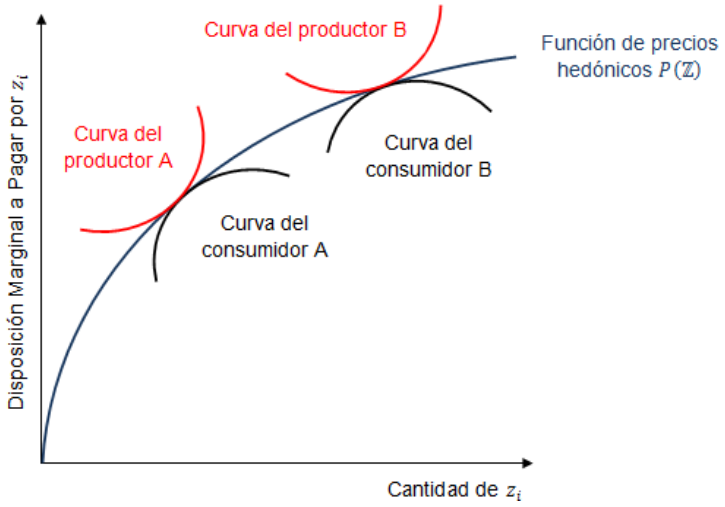
$$\frac{\frac{\partial U}{\partial z_i}}{\lambda} = \frac{\partial P_z}{\partial z_i} \quad (5)$$

Se obtiene la disponibilidad a pagar por el atributo adicional (DMP).

Este resultado es interesante porque se pueden realizar análisis de precios hedónicos a partir de la estimación de la función de precios hedónicos y luego calcular las condiciones de primer orden. Por este motivo se hablará ahora de la función de precios hedónicos.

Allí donde se cruzan las curvas de oferta y demanda por el bien heterogéneo, se encuentra la función de precios hedónicos. Se reconoce como función porque para cada atributo adicional existe una Disposición Marginal a Pagar (DMP, figura 1-4).

Figura 1-4: Equilibrio en el mercado de un bien heterogéneo [46]



Fuente: adaptado de Morales y Arias, 2005.

De esta manera la función de precios hedónicos quedaría representada por

$$P_z = f(\mathbb{Z})$$

Quiere decir que el precio del bien heterogéneo $Z$ depende funcionalmente del conjunto de características que contiene $\{(z_1, z_2, \dots, z_i, \dots, z_n) \in \mathbb{Z}\}$.

De manera general las ventajas del método se pueden comentar de la siguiente forma:

- Al ser usado para estimar precios basados en atributos de un bien o servicio dentro de un mercado, se encuentran aquellas características que en promedio los individuos valoran más al momento de comprar, de tal manera que es muy útil para el productor conocer las preferencias de los consumidores.
- Los datos sobre ventas de bienes y sus características están disponibles mediante distintas fuentes, que al estar relacionados con fuentes secundarias se puede realizar análisis confiables de precios por atributo.
- Sirve para calcular el valor económico que las personas estarían dispuestas a pagar por mantener los espacios abiertos como zonas verdes, bosques cercanos, parques para la recreación, etc.
- La función de precios hedónicos se puede calcular usando datos de corte transversal o series de tiempo, o datos panel que es una combinación de ambos. En este sentido según sea la naturaleza de los datos entonces se aplica el método estadístico correspondiente, sin limitación para calcular precios implícitos.
- Se pueden realizar análisis de bienestar del consumidor cuando varían los atributos de un bien, mayormente cuando se afecta el medio ambiente.

El método también presenta limitaciones:

- Una de ellas tiene que ver con los costos de transacción que desarrolló el premio Nobel Ronald Coase. Los costos de transacción se entienden como los costos que un individuo incurre cuando instaura o conserva derechos de propiedad sobre un bien, los cuales para el método de precios hedónicos no han de ser prohibitivos. Un ejemplo en el mercado inmobiliario es la aparición de un deterioro ambiental, en

cualquier forma, en el entorno de una vivienda, por supuesto la persona que inicialmente la había adquirido precisamente por el medio ambiente, ahora querrá mudarse a otra que se encuentre libre de contaminación. El individuo dispondrá de cierta cantidad para trasladarse de casa, pero si el traslado le resulta más costoso que esa cantidad de la cual dispone (costo de transacción), no lo hará, y al no realizar el cambio de vivienda no expresará mediante la negociación lo ocurrido, ocultando sus preferencias en el mercado. Adicional se presentan otros gastos que dificultan la aplicación del método al mercado de vivienda, como son anuncios, tiempo de búsqueda, impuestos, etc. (Azqueta, 2002).

- El alcance de los efectos ambientales que se pueden medir se limita al medio ambiente que presenta relación directa con el bien en estudio.
- El método solo captura las preferencias de los individuos a pagar por las diferencias percibidas en los atributos ambientales y sus consecuencias directas, por lo tanto, si las personas no son conscientes de los atributos y beneficios ambientales a ellos o sus propiedades, el precio no reflejará la situación.
- En cuanto al mercado inmobiliario, el método supone que las personas tienen la oportunidad de seleccionar la combinación de características que ellos prefieren, dado su ingreso, sin embargo, las viviendas están afectadas por variables exógenas como impuestos, tasas de interés, entre otros.
- Los resultados dependen en gran medida de la especificación del modelo. En este caso es necesario contar con un alto grado de conocimiento en estadística y gran cantidad de datos para saber cuál es la especificación correcta del modelo.

## 1.3 Especificación de la función de precios hedónicos

En primer lugar se hace necesario conocer la naturaleza de los datos: corte transversal, series de tiempo o la combinación de ambas.

- Sobre datos de corte transversal se analiza el conjunto características del bien en un momento del tiempo respecto al precio en ese instante.
- Si el análisis es temporal entonces se quiere observar la variación del precio del bien cuando varía un atributo a través del tiempo.

- Si los datos son panel, transversal y temporal, se presentan análisis de variación en el precio cuando varían las características del bien a través del tiempo.

Los datos se recogen por medio de encuestas o censos.

En cuanto a la forma funcional del modelo o modelos, es un problema empírico escoger el tipo de función de precios para estimar, lo cual a su vez tiene claras implicaciones en la valoración. Generalmente para estimar la forma funcional correcta se ha hecho uso de la transformación Box – Cox, que mediante un parámetro $\lambda$ de transformación a las variables independientes se estima si es o no lineal:

$$z_i^{\lambda} = \frac{z_i^{\lambda} - 1}{\lambda} \qquad para\ \lambda \neq 0 \qquad (6)$$

Y mediante un parámetro θ de transformación se analiza la variable dependiente

$$P_{z_i}^{\theta} = \frac{P_{z_i}^{\theta} - 1}{\theta} \qquad para\ \theta \neq 0 \qquad (7)$$

De tal forma que la función queda

$$P_{z_i}^{\theta} = \sum_{i=1}^{n} \left(\beta_i z_i^{\lambda} + \mu_i\right) \qquad (8)$$

En la tabla 1-1 se resumen los resultados a los cuales se llega mediante la transformación Box – Cox.

Tabla 1-1: Métodos de estimación para la transformación Box - Cox

| **Forma Funcional** | **Valores de los parámetros** | **Método para estimación** |
|---|---|---|
| **Lin – Lin** | $\theta = \lambda = 1$ | Mínimos Cuadrados |
| **Log – Log** | $\theta = \lambda \approx 0$ | Mínimos Cuadrados |
| **Lin – Log** | $\theta = 1, \lambda \approx 0$ | Mínimos Cuadrados |
| **Log – Lin** | $\theta \approx 0, \lambda = 1$ | Mínimos Cuadrados |
| **Box – Cox*** | $\theta = \lambda \neq 0$ | Máxima Verosimilitud |
| **Box – Cox*** | $\theta \neq \lambda \neq 0$ | Máxima Verosimilitud |

* $\theta\ y\ \lambda$ son encontrados interativamente en el intervalo (- 1,1).

Fuente: adaptado de Mendieta (2006) y Greene (2002).

Ampliando un poco más el cuadro anterior, considérese dos grandes gamas de funciones: lineales o no lineales, en variables y/o parámetros.

- Funciones lineales Lin – Lin

$$P(\mathbb{Z}) = \sum_{i=1}^{n} (\beta_i z_i + \mu_i) \qquad (9)$$

Se caracterizan porque el exponente de los parámetros $\beta_i$ es igual a uno y pueden ser estimados por el método de mínimos cuadrados desarrollado por Gauss en la publicación de 1809. La idea del método es aproximar funciones a los datos cometiendo el mínimo error posible. Este procedimiento según el teorema de Gauss – Markov requiere que la función sea lineal en parámetros[2], entre los 10 supuestos del método[3]. Para este ejemplo, se puede observar que tanto parámetros como variables son lineales.

- Funciones no lineales

$$P(\mathbb{Z}) = \sum_{i=1}^{n} \left({\beta_i}^{\lambda} {z_i}^{\delta} e^{\mu_i}\right) \qquad (10)$$

---

[2] En realidad cuando se habla de linealidad o no, siempre se hace referencia a los parámetros que son estimados por la metodología que el investigador decida; en general se habla de dos métodos: mínimos cuadrados o máxima verosimilitud.

[3] Para un análisis más detallado de los supuestos ver libros de econometría como Greene (2002), Gujarati et al (2010) y Woolridge (2002). Es necesario aclarar que la función escrita no presenta constante, la introducción de la misma depende de los datos y de su explicación teórica, una presentación con constante sería

$$P(\mathbb{Z}) = \beta_0 + \sum_{i=1}^{n} (\beta_i z_i + \mu_i)$$

La introducción o no de la constante tiene implicaciones importantes en la interpretación de la bondad de ajuste. Para un desarrollo más amplio observar los textos de econometría citados en el párrafo anterior.

Es necesario también tener en cuenta que los efectos pueden ser multiplicativos, es decir, una forma funcional del siguiente estilo

$$P(\mathbb{Z}) = \beta_0 \prod_{i=1}^{n} (\beta_i z_i + \mu_i)$$

En este trabajo se consideran funciones de tipo aditivo.

Se caracterizan porque los parámetros presentan exponentes distintos de uno.

Si se quisiera usar el método de mínimos cuadrados la función sería no lineal en variables. Una presentación ampliamente usada en el método de precios hedónicos es

$$P(\mathbb{Z}) = \sum_{i=1}^{n} \left( {z_i}^{\beta_i} e^{\mu_i} \right) \quad (11)$$

La cual se puede linealizar mediante la función logaritmo natural (Log – Log)

$$\ln P(\mathbb{Z}) = \sum_{i=1}^{n} (\beta_i \ln z_i + \ln \mu_i) \quad (12)$$

Y luego ser estimada por mínimos cuadrados.

De la combinación de las dos formas funcionales anteriores aparecen otras dos: lin – log y log – lin.

- Lin – Log

$$P(\mathbb{Z}) = \sum_{i=1}^{n} (\beta_i \ln z_i + \ln \mu_i) \quad (13)$$

Donde la variable precio (explicada) que depende el conjunto $\mathbb{Z}$ de características se conserva en niveles o lineal, mientras que las variables explicativas han sido transformadas por la función logaritmo natural.

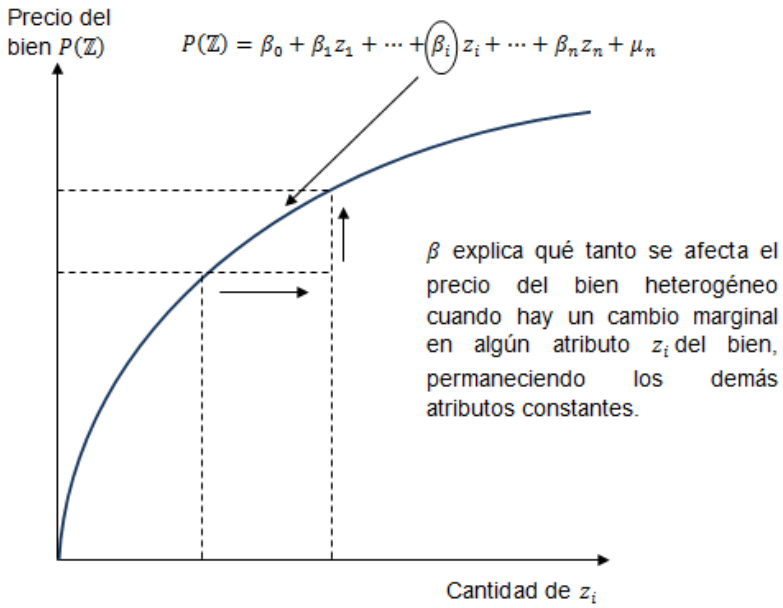
- Log – Lin

$$\ln P(\mathbb{Z}) = \sum_{i=1}^{n} (\beta_i z_i + \mu_i) \quad (14)$$

Ahora la variable precio ha sido transformada en logaritmos, mientras que las variables explicativas o conjunto de atributos $\mathbb{Z}$ permanece en niveles o lineal.

Finalmente y para efectos de la interpretación después de la estimación de los parámetros, sea cual fuere la forma funcional, obsérvese el gráfico la figura 1-5.

Figura 1-5: Interpretación de la función hedónica [4]




Fuente: adaptado de Bolt et al, 2005.

# 2. Aplicaciones del método de valoración económica ambiental

## 2.1 Aplicaciones internacionales

El primer investigador en aplicar el método hedónico fue Haas (1922) para explicar los precios de los cultivos agrarios en el Condado de Blue Earth, Minnesota (EE.UU) a partir de dos variables: distancia entre los cultivos y la ciudad y el tamaño de la ciudad. Para

1926 y siguiendo en la línea de análisis para cultivos agrícolas, el señor Wallace publicó su trabajo también para explicar los precios de los bienes agrarios a partir de su localización en el Estado de Iowa (EE.UU). Se consideran a estos dos autores como los pioneros en la aplicación de precios hedónicos (Colwell et al., 1999).

Para 1928 Waught (1928) continuó en los estudios en el sector de la agricultura, sin embargo a diferencia de sus predecesores, éste se concentró en los factores de calidad que incidían en la variación de precios agrícolas, especialmente de los espárragos en el mercado de Boston (EE.UU). Un aporte importante de Waught fue la estimación de parámetros por medio de regresión lineal tomando como variables explicativas las calidades del bien agrícola. Finalmente concluyó que las variaciones en la calidad de los bienes incidían en las preferencias de los consumidores, afectando el precio.

Finalmente se puede considerar a Court (1939) como otro autor de los pioneros en la aplicación del método hedónico, quien por cierto según Hidano (2002), fue quien acuñó el concepto *hedónico* para indicar que la combinación de atributos de un bien daba placer. Sin embargo la aplicación se realizó en el campo automotriz, con lo cual se encontraba que el método podría ser usado en distintos sectores económicos con igual capacidad de predicción. La contribución de Court se relacionó con la estimación de parámetros para la medición de características y el precio de los automóviles en el periodo 1925 – 1935. El grupo de características fue resumido en tres: peso en seco, longitud y potencia del vehículo. Ofreció un aporte importante porque mediante el análisis de regresión concluyó que aunque el precio de los vehículos en promedio había subido, cuando se tenía en cuenta las variaciones de los atributos, el precio actual había caído 55%, abriendo campo de aplicaciones interesantes (García, 2007).

Siguiendo con las aplicaciones, fue en la década de los 60 cuando Griliches (1961) retomó el método de precios hedónicos para corregir sesgos de valoración de bienes heterogéneos, especialmente para calcular un índice de precios en el mercado de automóviles a partir de las diferencias en calidad.

Desde Griliches se han hecho distintos aportes a la aplicación de precios hedónicos. Berndt et al. (1995) desarrollaron un índice de precios para las computadoras portátiles.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en 1998 lo usó para calcular la tasa de crecimiento media anual de la inversión en términos anuales (Schereyer, 1998).

En general, el método históricamente ha sido usado para calcular de forma más precisa la inflación, índices de precios de distintos sectores, el crecimiento real de una nación o de algún sector económico.

Finalmente en las aplicaciones internacionales es válido comentar que autores como Rosen (1979) y Freeman III (2003), ampliamente reconocidos en la investigación teórica – práctica de precios hedónicos, realizaron avances importantes en la estimación de funciones hedónicas para los salarios. Rosen (1979) comenta que el salario para un empleado depende de un grupo de características externas al puesto de trabajo, a saber la temperatura de la ciudad, las relaciones interpersonales que se establecen en la empresa y aun la ciudad donde se llevan a cabo las responsabilidades laborales. Freeman III (2003) desarrolla la teoría de que considerar los riesgos en el lugar de trabajo son importantes al momento de formar el salario, tal como la propensión a los accidentes o enfermedades; de esta manera se busca analizar variables de riesgo que influyan en la formación del salario sea valorado correctamente.

## 2.2 Aplicaciones en el mercado de vivienda

Se encuentran diversos estudios que aplican el método de precios hedónicos al mercado de vivienda a nivel internacional, donde se distinguen fundamentalmente por las variables explicativas del precio de la vivienda. Sin embargo, a continuación se comentan algunos casos dada su importancia histórica y de política económica.

Se ha reconocido el trabajo de Ridker et al (1967) como el primero en realizar una valoración del precio de la vivienda a partir de variables estructurales y ambientales, de tal forma que concluyeron que la polución afectaba el precio de los inmuebles. En esta misma línea de investigación, Boyle el al (2001) señalan doce estudios desde 1967 hasta el año 2000en los EE.UU. (incluido el de Ridker et al (1967)) que usaron regresiones

hedónicas para calcular el efecto que tenía la contaminación del aire en los precios de venta de los inmuebles;en la mayoría de dichos estudios se concluía que la polución afectaba negativamente los precios de las viviendas. Estos estudios que comentan la importancia de valorar los precios de inmuebles teniendo en cuenta variables ambientales, dada la relevancia estadística en dichas variables, deben incluirse en funciones hedónicas de valoración en inmuebles.

Un trabajo más reciente fue realizado por Aroca y Paredes (2008) y que tiene su importancia de política económica en la distribución de recursos, principio base de la economía. Estos autores propusieron una metodología para estimar un índice regional de costos de vivienda en Chile, la cual se basó en el método de regresión de precios hedónicos. Los autores analizaron 13 regiones.

El trabajo de Aroca y Paredes (2008) se hizo porque los autores consideran que el costo de vida para las regiones ha de ser una medida para formular políticas económicas teniendo en cuenta las diferencias regionales. Piensan que políticas nacionales formuladas con el supuesto de homogeneidad en el costo de vida regional, no son apropiadas para el crecimiento económico nacional, que se basa en lo bien que se encuentren las regiones. Un ejemplo es el Índice de Pobreza Regional para asignación de recursos, que asume un costo de vida homogéneo para todas las regiones de Chile, por lo cual las regiones más costosas tienen asignaciones subestimadas y las más baratas se benefician en mayor medida de los recursos, generando efectos inversos a los esperados por las instituciones estatales involucradas en el desarrollo del país.

Los resultados mostraron que cuando se realiza el cálculo del índice de costos de vivienda sin considerar atributos ni la heterogeneidad de las mismas, la región más cara sería la Región Metropolitana de Chile, mientras que otras regiones como la número VII sería la de menor costo de vivienda, sin embargo, cuando se realiza un análisis de caso – control por las características de las viviendas, tanto la calidad en la construcción como el entorno, la región más costosa es la número II, 7% por encima de la Región Metropolitana, y la de menor costo la número VI.

En realidad se podrían nombrar muchos trabajos que aplican la metodología de precios hedónicos al mercado inmobiliario. Para Ceular et al (2007, p. 2690) después del desarrollo teórico de Rosen (1974) se llevaron diferentes aplicaciones en los países anglosajones: “Goodman (1978), Freeman III (1979), Wheaton (1979), Linneman (1980), Bartik (1987), Can (1992)” etc.Otros trabajos recientes que usan el método de regresiones hedónicas para calcular índices de precios para las viviendas son Bourassa et al (2006), Hill y Melser(2008) aplicando dicha metodología a tres regiones de Sydney.

Sobre estudios en Latinoamérica existen varios, además del trabajo de Aroca y Paredes (2008) antes comentado, se pueden mirar las siguientes investigaciones: Jansson (2000), Gonzáles (2003), Fialho et al (2005), Quiroga (2005), Mardones (2006), Gonzáles et al (2009), Cadena et al (2010), entre otros. En cuanto a estudios en Colombia se explican en la siguiente sección.

Finalmente, como diría Ceular et al (2007, p. 2690) “Estas aportaciones ponen en evidencia, a pesar de que el modelo no está exento de limitaciones, la utilidad de la metodología hedónica para señalar los factores que determinan el precio de la vivienda y para la cuantificación de éstos”.

## 2.3 Aplicaciones en Colombia

Uno de los primeros investigadores que aplicaron la técnica de valoración hedónica en Colombia fue Castellar (1991), quien continuó la línea de aplicación en el sector agropecuario, con la diferencia que investiga el precio de las unidades donde viven los campesinos y no lo productos que se obtienen de las fincas. El autor pretende explicar la formación de los precios implícitos en fincas campesinas, donde la unidad productiva y la familiar no se pueden separar. Encuentra en sus estimaciones que variables como la superficie cultivable, el número de habitaciones, la energía eléctrica, cercanía a un hospital explicaban el 60% del precio de la finca.

Para 1999 empiezan los estudios en las grandes ciudades y las influencias que variables ambientales como la contaminación tienen sobre los precios de las viviendas. Es así

como Carriazo (1999) en su estudio en la ciudad de Bogotá, concluye que los precios de los inmuebles están afectados negativamente por la contaminación, de tal manera que el crecimiento del 1% en partículas contaminantes provoca que el precio de las viviendas caiga en 0,13%.

En el año 2005 se conoce otra investigación que aplica el enfoque hedónico, sin embargo este nuevo estudio va más allá de tan solo variables ambientales, ahora se tienen en cuenta características estructurales de la vivienda y del entorno. Morales et al. (2005) estudia cómo la calidad de la vivienda en la ciudad de Bogotá y de las relaciones geográficas al interior de la ciudad (econometría espacial), explican los precios de la vivienda. El enfoque de las relaciones geográficas va a tener en cuenta las UPZ (Unidad de Planeación Zonal) de Bogotá, que encierran las características en una zona específica.

Los resultados mostraron que características "como el número de cuartos, el número de baños, la existencia de garaje, de zona verde y de servicio telefónico así como el estrato incrementan el valor de la vivienda. Vale la pena resaltar el caso de la variable casa y de variables muy propias a unidades de vivienda que son casas y no apartamentos, como la existencia de solar o jardín, estas resultaron tener una influencia negativa en el valor pagado por el arriendo, lo que dice esto es que los apartamentos son más valorados que las casas en la ciudad" (Morales et al., 2005, p. 21).

En cuanto al puntaje de calidad de la vivienda, cuando éste se incrementa el 1% el arriendo sube 1,6% aproximadamente.

Morales el tal (2005) también innovaron en la aplicación usando métodos de econometría espacial; la función estimada por máxima verosimilitud fue

$$P = \alpha + \sum_{i=1}^{n} \beta_i X_i + \rho W_\rho + \mu_i \quad con \quad W_\rho = WP \qquad (15)$$

Donde,

$P$: representa el logaritmo del arriendo promedio de la vivienda por UPZ.

$\rho$: es el parámetro autorregresivo.

$W_\rho$: El operador de rezago espacial.

$X_i$: son cada una de las variables explicativas.

$\mu_i$: Perturbación aleatoria.

Los resultados dieron que el puntaje del índice de calidad de vida, el estrato, la calidad ambiental, el número de establecimientos para la recreación y el deporte, la conexión a gas domiciliario, la tasa de ocupación como variable que describe características de las personas en la UPZ, en cada Zona explica el arriendo o precio de las viviendas que las personas deben pagar para habitarlas.

Como un estudio más reciente y en la dirección de Morales el tal (2005), Revollo (2009) realizó una investigación donde analiza la calidad de la vivienda en Bogotá a partir de precios hedónicos. Mediante ella determina los atributos del entorno como de la estructura de la vivienda para explicar el precio de la vivienda en Bogotá en las diferentes localidades. A diferencia del estudio publicado en el año 2005, Revollo clasifica las localidades como ricas o pobres a partir de necesidades básicas insatisfechas y nivel de ingreso, como también identifica el efecto que presentan las inversiones en obras públicas o privadas en los precios de las viviendas.

Después de realizar distintas pruebas sobre la forma funcional para estimar precios hedónicos, concluye Revollo (2009) que variables como años de la construcción y contaminación de PM10 afectan negativamente el precio de la vivienda, como era de esperarse, al igual que la presencia de zonas verdes y la cercanía al sistema masivo de transporte Transmilenio lo afectan positivamente, por supuesto dependiendo de si la localidad es rica localidades ricas (Chapinero, Teusaquillo, Suba y Barrios Unidos), o pobre (Ciudad Bolívar, San Cristóbal, Usme y Bosa). Si la localidad es rica entonces la presencia de zonas verdes favorece el incremento en los precios, mientras que la presencia de transmilenio lo afectan negativamente porque puede conllevar congestión teniendo en cuenta que las personas poseen vehículo propio, caso contrario a las zonas pobres, donde la presencia de parques representa peligro de atracos o botaderos de basura, disminuyendo el precio de las viviendas, y aumentando el precio la presencia de trasmilenio, ya que no poseen carro y por lo tanto un fácil acceso a la movilidad.

Aunque existen otros estudios aplicados al mercado de la vivienda en Colombia y sobre todo en Bogotá, básicamente se diferencian por la introducción de nuevas variables y metodologías de estimación econométrica. Por esta razón a continuación se presentan las estimaciones de funciones de precios hedónicos para la ciudad de Tunja, las cuales se diferencian sustancialmente por las estimaciones en distintos pisos de proyectos inmobiliarios.

# 3. Modelos de precios hedónicos para vivienda nueva en la ciudad de Tunja

El departamento de Boyacá ha venido creciendo en licencias para construcción, es así como según el DANE (2011) para el año 2010 el volumen total de licencias concedidas creció 1,1% más con respecto al año 2009. Tunja, capital del departamento, ocupó el tercer lugar con el 26,2% después de Sogamoso y Duitama con el mayor número de licencias concedidas para construcción. De igual forma el área en $m^2$ por construir fue del 45% aproximadamente, ocupando el primer lugar. Lo que se puede observar en la ciudad es un dinamismo en proyectos de vivienda vertical ordenados por el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), es decir, construcción de apartamentos.

Teniendo en cuenta el dinamismo que ha venido tomando el sector de la construcción en el departamento y en su capital Tunja, nace la inquietud de calcular precios hedónicos para vivienda nueva por pisos en torres de apartamentos, incluyendo también variables estructurales, ambientales y del entorno. En este sentido el trabajo es innovador en el contexto de las aplicaciones al sector inmobiliario, ya que los trabajos anteriores se han concentrado en vivienda horizontal. Adicionalmente se quiere empezar la línea de investigación de vivienda vertical o apartamentos teniendo en cuenta que los POT's de las ciudades son cada vez más estrictos en la ubicación y construcción de viviendas.

A continuación se presenta la información obtenida, las variables, la metodología de recolección de datos y de estimación econométrica. Luego se estima la función de precios hedónicos y la respectiva interpretación.

## 3.1 Análisis de la información

La recopilación de los datos de cada variable fue mediante el método de encuestas directas por proyecto de vivienda nueva por piso y con la distancias euclídeas del plano de Tunja (anexo B). Las variables se calcularon y se investigaron teniendo en cuenta varios criterios:

- Importancia dentro del grupo. Por ejemplo, en cuanto a las avenidas solamente se calcularon distancias para las Avenidas Universitaria y Central de Norte por ser las dos vías más importantes en la ciudad de Tunja.
- Sencillez en la respuesta que los ejecutores del proyecto pudiesen dar.
- Variables que se consideran relevantes en teoría para la valoración de un inmueble.

Descripción de la variable dependiente: es el valor del metro cuadrado $(m^2)$ en distintos pisos para los proyectos. Esta variable se encuentra tabulada de la siguiente manera (anexo A):

- Piso 2: incluye los pisos 1 y 2.
- Piso 4: incluye los pisos 3 y 4.
- Piso 6: incluye los pisos 5 y 6.
- Piso 7: incluye los pisos 7, 8, 9 y en algunos casos pisos superiores.
- Piso 10[4].

Descripción de las variables independientes: aquellas que tienen en paréntesis la letra *d* indica que han sido calificadas como dummys, las demás características del vecindario y las ambientales presentan las distancias euclídeas calculadas en el software AutoCad sobre el plano de Tunja. No se tienen en cuenta características estructurales de la vivienda porque al ser apartamentos generalmente conservan las mismas características, un ejemplo de ello es que todos tienen gas natural y el número de habitaciones varía de 2 a 3, además el número de baños es proporcional al número de habitaciones, por lo tanto se presentan estimaciones econométricas con problemas graves de colinealidad perfecta (anexo C).

**Características del vecindario (c.v)**

[4]En los datos obtenidos se tiene información para el piso 10 solamente de 2 proyectos, sin embargo esta información se omitirá de la muestra por pisos porque son datos insuficientes. Solamente se harán las estimaciones por pisos tabulados del 2 al 7.

- Número de pisos en el proyecto (npp): indica cuántos pisos se van a construir en la torre de apartamentos.
- Ascensor (d1): esta variable es dummy (d) o categórica porque responde a la pregunta de si la torre de apartamentos tiene (1) o no (0) Ascensor.
- Salón social (d2): en algunos casos a las personas les interesa saber si existe un salón comunal o social, por lo tanto se califica como dummy cuando se le asigna el valor de 1 si el conjunto tiene salón o 0 si no lo tiene.
- Gimnasio (d3): es la tercera variable dummy en la tabulación de la encuesta, dando el valor de 1 si tiene o 0 si el proyecto no tiene gimnasio.
- Portería (d4): por cuestiones de seguridad los individuos esperan que las entradas a sus apartamentos sea segura, por eso la variable dummy que se llamará portería tabula 1 si tiene o 0 si no tiene.
- Estrato (e): se refiere a la calificación social que se basa en la ubicación, remuneración y/o impuestos que las personas pagan.
- Batallón Bolívar (bb): contiene distintas unidades tácticas del Ejercito Nacional de Colombia para salvaguardar la región centro oriental de Colombia. Al mismo tiempo ofrece seguridad para la ciudad de Tunja.
- Plaza de Bolívar (pb): reconocido como el centro histórico y político de Tunja, allí se encuentra la primera catedral construida en Colombia, haciendo de este lugar un atractivo turístico por su historia.
- Terminal de transportes (tt): es el lugar donde arriban todos los buses, colectivos y taxis para transportar las personas al interior de la ciudad.

**Universidades (u/s):** esta variable engloba las universidades relevantes por su reconocimiento académico e histórico en el desarrollo de la ciudad.

- Universidad de Boyacá (ub)
- Universidad Antonio Nariño (uan)
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (uptc)
- Universidad Santo Tomas Campestre (ustce)
- Universidad Santo Tomas Centro (ustco)

**Centros comerciales (c.c):** se refiere a los lugares más reconocidos de la ciudad que contienen un alto nivel del comercio.

- Unicentro (u)
- Centro Comercial Centro Norte (cn)

**Clínicas y Hospitales (c.h):** lugares donde atienden las personas por sus necesidades básicas en salud o de urgencias. Son las clínicas más reconocidas en la ciudad por su servicio y calidad. El hospital es reconocido ser el único en atender nivel III de complejidad en el departamento de Boyacá.

- Clínica Santa Catalina (csc)
- Clínica Salucoop (cs)
- Hospital San Rafael (hr)

**Características ambientales del entorno (c.a)**

Como se comentó anteriormente, el tema ambiental ha venido tomando fuerza en las generaciones contemporáneas como medio para cuidar y preservar. En este sentido las constructoras de apartamentos, propiedad que se analiza cuantitativamente en el trabajo, interiorizan las expectativas de los compradores sobre un medio ambiente favorable para la salud de ellos y sus descendientes. A continuación se toman como referencia algunos sitios importantes en la ciudad de Tunja y sitios alrededor de los inmuebles que podrían llegar a explicar la formación de precios en los proyectos inmobiliarios.

- Afluente Río de la Vega (rv): es el río que atraviesa el norte de la ciudad y que ha llamado la atención porque en época de invierno tiende a causar estragos en esa parte de la ciudad.

Recreación (r/n)

- Parque Recreacional del Norte (prn): es uno de los parques donde las personas pueden hacer deporte libremente y con amplios espacios para distintas actividades.
- Zonas verdes y/o parque infantil (d5): se refiere a las zonas cerca del proyecto de apartamentos que permitan realizar actividades deportivas para adultos como para niños.
- Zonas húmedas (d6): tiene en cuenta la piscina y/o Jacuzzi que haya en el proyecto de vivienda.

- Villa Olímpica (vo): es uno de mayores atractivos para hacer prácticas deportivas por su estructura, además de contener el estadio la Independencia, lugar donde se desarrollan los partidos de fútbol de los equipos profesionales.
- Estadio barrio San Antonio (eba): estructura deportiva similar al estadio la Independencia para llevar a cabo actividades deportivas.

Vías de acceso más importantes (v.a.i)

- Avenida Universitaria (au): recorre desde el norte hasta el centro la ciudad como una avenida circunvalar, permitiendo excelente movilidad en el tráfico.
- Avenida Central del Norte (acn): se extiende por el centro de la ciudad desde el norte, dando movilidad al transporte de distintos barrios y que desean llegar pronto a lugares representativos histórica y políticamente de la ciudad.

De esta manera el número de variables independientes para explicar la formación del precio de un apartamento en Tunja es de 27. Teniendo en cuenta que el número de datos en muchos casos va a ser muy inferior al número de variables independientes, se ha decidido estimar diferentes regresiones hedónicas mediante el método de minería de datos para saber finalmente cuáles variables serán relevantes en la estimación de las funciones hedónicas por pisos.

Las distintas regresiones se realizan con el fin de conocer la estabilidad de la significancia de los parámetros en los modelos, esto permite saber qué variables son relevantes en los modelos que finalmente se van a presentar, evaluar e interpretar. Este método de minería de datos, es criticado desde el punto de vista teórico por dos razones:

- Pool citado por Gujarati et al (2010) comenta "…siempre resulta arriesgado hacer de una regularidad empírica el fundamento, en vez de tomar como base una implicación de la teoría económica" (Pool, 1999, p. 456)
- "Un peligro de la minería de datos… es que los niveles convencionales de significancia $(\alpha)$ como 1, 5 o 10% no son los verdaderos niveles de significancia" (Gujarati et al, p. 475, 2010).

Sin embargo también existen opiniones a favor: “Este enfoque [minería de datos] indica que la teoría económica y la especificación empírica interactúan en vez de mantenerse en compartimentos separados” (Patterson, 2000, p. 10)

Además Lovell (1983) sugirió la manera de calcular el verdadero nivel de significancia $(\alpha^*)$ cuando se lleva a cabo la minería de datos:

$$\alpha^* = 1 - (1 - \alpha)^{c/k} \qquad (16)$$

Donde $\alpha$ es el valor de significancia convencional, $c$ es el número de variables regresoras candidatas y $k$ las que finalmente son seleccionadas $(c \geq k)$.

Finalmente lo importante en todo esto es que

- “[la especificación de modelos] necesitaría ser una combinación bien pensada de teoría y datos, asimismo, los procedimientos de prueba para la búsqueda de especificaciones deben estar diseñados para reducir los costos de la minería de datos. Ejemplos de dichos procedimientos son: dejar de lado datos para las pruebas de predicción fuera de las muestras, ajustar los niveles de significancia [a la Lovell] y evitar criterios cuestionables, como maximizar $R^2$” (Kennedy citado por Gujarati et al, 2010, p. 476).
- “Si consideramos la minería de datos desde una perspectiva más amplia, como un proceso de descubrimiento de regularidades empíricas que sugiere errores y/u omisiones en los modelos teóricos, quizá desempeñara un papel muy útil” (Gujarati et al, 2010, 476).

## 3.2 Planteamiento y resultados de la función de precios hedónicos

Vectorialmente la función hedónica del precio del $m^2$ general teniendo en cuenta la descripción de las variables se puede escribir como

$$\ln P_{ij} = \beta_0 + \sum_{z=1}^{n} \left(\beta_{\mathbb{Z}_N}, \beta_{\mathbb{Z}_A}\right)\left(\ln N_{\mathbb{Z}j}, \ln A_{\mathbb{Z}j}\right)^T + \mu_{ij} \qquad (17)$$

Donde,

$P_{ij}$ : precio del metro cuadrado $(m^2)$ que corresponde al piso $i$ del proyecto $j$.

$N_{\mathbb{Z}j}$ : vector de características del vecindario en el proyecto $j$.

$A_{\mathbb{Z}j}$ : vector de características ambientales en el proyecto $j$.

$\beta_{\mathbb{Z}}$: precio implícito de la característica del vecindario o ambiental.

$\mu$: término estocástico.

A partir de esta función se realizaron las diferentes regresiones hedónicas, por lo tanto en algunos casos solamente se tomaron como variables el vector $N_{\mathbb{Z}j}$ , en otros $A_{\mathbb{Z}j}$ y dentro de estos vectores también se tomaron otros, por ejemplo, en el caso de las características del vecindario (vector $N_{\mathbb{Z}j}$ ) solamente la variable *universidades*; fue necesario esto porque al estimar función de precios hedónicos por pisos habían menos datos que variables y como se comentó, la idea era mediante la minería de datos sustraer aquellas variables que en principio cumplieran los criterios del investigador.

Los criterios para escoger las variables en el método de minería de datos han sido dos: significancia individual y signo del parámetro con sentido teórico – práctico. Se calculó el $\alpha^*$ de Lovell en cada regresión. En la tabla 3-1 se observa los resultados de significancia al 10% de cada regresión y las variables finalmente escogidas para hacer la minería de datos final.

Tabla 3-1: Regresiones hedónicas para inmuebles en la ciudad de Tunja. Minería de datos inicial

| Todos los pisos | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variables en ln | Regresión solamente con | | | | | | | |
| | d's | c.v | c.a | u/s | c.c | c.h | r/n | v.a.i |
| npp | | 1 | | | | | | |
| d1 | 1 | 1 | | | | | | |
| d2 | | -1 | | | | | | |
| d3 | | -1 | | | | | | |
| d4 | | 1 | | | | | | |
| e | | 1 | | | | | | |
| bb | | 1 | | | | | | |
| pb | | -1 | | | | | | |
| tt | | 1 | | | | | | |
| ub | | | | | | | | |
| uan | | 1 | | | | | | |
| uptc | | 1 | | | | | | |
| ustce | | -1 | | -1 | | | | |
| ustco | | 1 | | | | | | |
| u | | -1 | | | -1 | | | |
| cn | | -1 | | | | | | |
| csc | | | | | | 1 | | |
| cs | | 1 | | | | -1 | | |
| hr | | 1 | | | | -1 | | |
| rv | | | 1 | | | | | |
| prn | | | -1 | | | | -1 | |
| d5 | -1 | | -1 | | | | -1 | |
| d6 | 1 | | 1 | | | | | |
| vo | | | 1 | | | | | |
| eba | | | -1 | | | | | |
| au | | | -1 | | | | | -1 |
| acn | | | -1 | | | | | -1 |
| α (Lovell) | 10% | 10% | 10% | 5% | 10% | 10% | 23% | 10% |

| Pisos 1 y 2 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variables en ln | Regresión solamente con | | | | | | | |
| | d's | c.v | c.a | u/s | c.c | c.h | r/n | v.a.i |
| npp | | 1 | | | | | | |
| d1 | 1 | | | | | | | |
| d2 | | | | | | | | |
| d3 | | | | | | | | |
| d4 | | | | | | | | |
| e | | 1 | | | | | | |
| bb | | | | | | | | |
| pb | | | | | | | | |
| tt | | | | | | | | |
| ub | | | | | | | | |
| uan | | | | | | | | |
| uptc | | | | | | | | |
| ustce | | | | -1 | | | | |
| ustco | | | | | | | | |
| u | | | | | -1 | | | |
| cn | | | | | | | | |
| csc | | | | | | | | |
| cs | | | | | | | | |
| hr | | | | | | | | |
| rv | | | | | | | | |
| prn | | | -1 | | | | | |
| d5 | -1 | | | | | | | |
| d6 | | | | | | | | |
| vo | | | | | | | | |
| eba | | | | | | | | |
| au | | | -1 | | | | | -1 |
| acn | | | -1 | | | | | |
| α (Lovell) | 10% | 13% | 14% | 10% | 10% | | | 10% |

| Pisos 3 y 4 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variables en ln | Regresión solamente con | | | | | | | |
| | d's | c.v | c.a | u/s | c.c | c.h | r/n | v.a.i |
| npp | | | | | | | | |
| d1 | 1 | | | | | | | |
| d2 | | | | | | | | |
| d3 | | | | | | | | |
| d4 | | | | | | | | |
| e | | | | | | | | |
| bb | | | | | | | | |
| pb | | | | | | | | |
| tt | | | | | | | | |
| ub | | | | | | | | |
| uan | | | | | | | | |
| uptc | | | | | | | | |
| ustce | | | | -1 | | | | |
| ustco | | | | | | | | |
| u | | | | | -1 | | | |
| cn | | | | | | | | |
| csc | | | | | | 1 | | |
| cs | | | | | | -1 | | |
| hr | | | | | | | | |
| rv | | | 1 | | | | | |
| prn | | | -1 | | | | | |
| d5 | -1 | | -1 | | | | | |
| d6 | 1 | | 1 | | | | 1 | |
| vo | | | | | | | | |
| eba | | | | | | | | |
| au | | | -1 | | | | | |
| acn | | | -1 | | | | | |
| α (Lovell) | 17% | | 10% | 35% | 10% | 10% | 10% | |

Fuente: cálculos propios.

| Pisos 5 y 6 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variables en ln | Regresión solamente con | | | | | | | |
| | d's | c.v | c.a | u/s | c.c | c.h | r/n | v.a.i |
| npp | | 1 | | | | | | |
| d1 | 1 | | | | | | | |
| d2 | | | | | | | | |
| d3 | | | | | | | | |
| d4 | | 1 | | | | | | |
| e | | 1 | | | | | | |
| bb | | | | | | | | |
| pb | | | | | | | | |
| tt | | | | | | | | |
| ub | | | | 1 | | | | |
| uan | | | | | | | | |
| uptc | | | | | | | | |
| ustce | | | | | | | | |
| ustco | | | | | | | | |
| u | | | | | -1 | | | |
| cn | | | | | | | | |
| csc | | | | | | 1 | | |
| cs | | | | | | -1 | | |
| hr | | | | | | | | |
| rv | | | 1 | | | | | |
| prn | | | | | | | | |
| d5 | | | | | | | | |
| d6 | | | 1 | | | | 1 | |
| vo | | | | | | | | |
| eba | | | | | | | | |
| au | | | -1 | | | | | |
| acn | | | -1 | | | | | |
| α (Lovell) | 15% | 25% | 19% | 40% | 10% | 10% | 10% | |

| Pisos 7 en adelante | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variables en ln | Regresión solamente con | | | | | | | |
| | d's | c.v | c.a | u/s | c.c | c.h | r/n | v.a.i |
| npp | | 1 | | | | | | |
| d1 | | | | | | | | |
| d2 | | | | | | | | |
| d3 | | | | | | | | |
| d4 | | | | | | | | |
| e | | 1 | | | | | | |
| bb | | | | | | | | |
| pb | | | | | | | | |
| tt | | | | | | | | |
| ub | | | | | | | | |
| uan | | | | | | | | |
| uptc | | | | | | | | |
| ustce | | | | | | | | |
| ustco | | | | | | | | |
| u | | | | | -1 | | | |
| cn | | | | | | | | |
| csc | | | | | | | | |
| cs | | | | | | | | |
| hr | | | | | | | | |
| rv | | | | | | | | |
| prn | | | | | | | | |
| d5 | | | | | | | | |
| d6 | 1 | | | | | | | |
| vo | | | | | | | | |
| eba | | | | | | | | |
| au | | | | | | | | |
| acn | | | | | | | | |
| α (Lovell) | 15% | 10% | | | 10% | | | |

| Variables en ln | Frecuencias | Suma | Justificación |
|---|---|---|---|
| npp | 4 | 4 | |
| d1 | 5 | 5 | |
| d2 | 1 | -1 | Signo incorrecto |
| d3 | 1 | -1 | Signo incorrecto |
| d4 | 2 | 2 | |
| e | 4 | 4 | |
| bb | 1 | 1 | No aparace en pisos |
| pb | 1 | -1 | No aparace en pisos |
| tt | 1 | 1 | No aparace en pisos |
| ub | 1 | 1 | |
| uan | 1 | 1 | No aparace en pisos |
| uptc | 1 | 1 | No aparace en pisos |
| ustce | 4 | -4 | Signo incorrecto |
| ustco | 1 | 1 | No aparace en pisos |
| u | 6 | -6 | Signo incorrecto |
| cn | 1 | -1 | Signo incorrecto |
| csc | 3 | 3 | |
| cs | 4 | -2 | |
| hr | 2 | 0 | No aparace en pisos |
| rv | 3 | 3 | |
| prn | 4 | -4 | |
| d5 | 6 | -6 | |
| d6 | 8 | 8 | |
| vo | 1 | 1 | No aparace en pisos |
| eba | 1 | -1 | No aparace en pisos |
| au | 6 | -6 | |
| acn | 5 | -5 | |

Fuente: cálculos propios.

El 1 quiere decir que la variable $i$ dentro del conjunto de variables $I$ resultó significativa al 10% convencional. Como es posible observar, en muchos casos tanto el nivel de significancia real $\alpha\ (Lovell)$ y el $\alpha$ convencional han sido iguales. Los unos que tienen signo negativo indican que el parámetro estimado dio negativo. Las variables que en la columna justificación tengan el renglón vacío quieren decir que continúan para las siguientes estimaciones.

En la tabla 3-2 se observan las variables significativas al 10% y que finalmente se escogen para calcular las funciones hedónicas para inmuebles en Tunja.

Tabla 3-2: Regresiones hedónicas para inmuebles en la ciudad de Tunja. Minería de datos final

| Todos los pisos | | | Pisos 1 y 2 | | | Pisos 3 y 4 | | | Pisos 5 y 6 | | | Pisos 7 en adelante | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variables | Regresiones | | Variables | Regresiones | | Variables | Regresiones | | Variables | Regresiones | | Variables | Regresiones | | Variables | Frecuencias | Suma | Justificación |
| en ln | c.v | c.a | en ln | c.v | c.a | en ln | c.v | c.a | en ln | c.v | c.a | en ln | c.v | c.a | en ln | | | |
| npp | 1 | | npp | 1 | | npp | | | npp | 1 | | npp | 1 | | npp | 4 | 4 | |
| d1 | -1 | | d1 | | | d1 | | | d1 | | | d1 | | | d1 | 1 | -1 | No aparece en pisos |
| d4 | | | d4 | | | d4 | | | d4 | | | d4 | | | d4 | 0 | 0 | No aparece en pisos |
| e | 1 | | e | 1 | | e | 1 | | e | 1 | | e | | | e | 4 | 4 | |
| ub | | | ub | | | ub | | | ub | | | ub | | | ub | 0 | 0 | No aparece en pisos |
| csc | | | csc | | | csc | | | csc | | | csc | | | csc | 0 | 0 | No aparece en pisos |
| cs | -1 | | cs | | | cs | | | cs | | | cs | | | cs | 1 | -1 | No aparece en pisos |
| rv | | 1 | rv | | | rv | | 1 | rv | | 1 | rv | | | rv | 3 | 3 | |
| prn | | 1 | prn | | -1 | prn | | -1 | prn | | -1 | prn | | | prn | 4 | -2 | |
| d5 | | 1 | d5 | | -1 | d5 | | -1 | d5 | | -1 | d5 | | | d5 | 4 | -2 | |
| d6 | | 1 | d6 | | | d6 | | 1 | d6 | | 1 | d6 | | 1 | d6 | 4 | 4 | |
| au | | 1 | au | | -1 | au | | -1 | au | | -1 | au | | | au | 4 | -2 | |
| acn | | 1 | acn | | -1 | acn | | -1 | acn | | -1 | acn | | | acn | 4 | -2 | |
| α (Lovell) | 14% | 10% | α (Lovell) | 10% | 10% | α (Lovell) | 50% | 10% | α (Lovell) | 20% | 10% | α (Lovell) | 20% | 45% | | | | |

Fuente: cálculos propios.

De igual forma las variables que en la columna justificación tengan el renglón vacío quieren decir que finalmente se usarán para la estimación de la función de precios hedónicos en los inmuebles conjuntamente y por pisos. De esta manera se han obtenido 8 variables que en promedio podrían explicar el precio de los inmuebles.

En la siguiente tabla 3-3 se podrán observar las estimaciones de las regresiones hedónicas teniendo en cuenta todos los pisos en todos los proyectos, llegando a sumar una muestra de 62 datos transversales. Luego se hicieron estimaciones para los pisos en los diferentes proyectos, aunque esto disminuyó drásticamente el número de datos, lo

interesante es ver que las características del vecindario y/o ambientales explican en algunos pisos los precios por $m^2$ y en otros no.

Tabla 3-3: Resultados de las regresiones hedónicas para inmuebles en la ciudad de Tunja[5]

| Todos los pisos | | Pisos 1 y 2 | | Pisos 3 y 4 | | Pisos 5 y 6 | | Pisos 7 en adelante | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variables en ln | Resultados regresión | Variables en ln | Resultados regresión | Variables en ln | Resultados regresión | Variables en ln | Resultados regresión | Variables en ln | Resultados regresión |
| npp | 0,1530 | npp | | npp | | npp | | npp | 0,9903 |
| e | 0,7429 | e | 0,9400 | e | | e | | e | 2,4870 |
| rv | 0,0373 | rv | | rv | 0,1023 | rv | | rv | |
| prn | -0,054 | prn | | prn | -0,1457 | prn | | prn | -0,2459 * |
| d5 | -0,1561 | d5 | -0,1473 | d5 | -0,1781 | d5 | -0,1521 | d5 | |
| d6 | 0,0755 | d6 | | d6 | 0,1342 | d6 | | d6 | |
| au | -0,0499 | au | | au | -0,0842 | au | | au | -0,1648 |
| acn | -0,0388 | acn | | acn | -0,0763 | acn | | acn | -0,1492 |
| Constante | 13,7089 | Constante | 13,6392 | Constante | 15,3364 | Constante | 14,5726 | Constante | 12,5963 |
| R2-ajus | 0,8406 | R2-ajus | 0,8348 | R2-ajus | 0,7678 | R2-ajus | 0,7333 | R2-ajus | 0,9134 |
| F(8,53) | 41,2253 | F(8,10) | 12,3724 | F(8,8) | 7,6150 | F(8,8) | 5,8139 | F(8,8) | 14,1899 |
| P-valor | 0,00000 | P-valor | 0,0002 | P-valor | 0,0047 | P-valor | 0,0228 | P-valor | 0,0674 |
| Muestra: | 62 datos | Muestra: | 19 datos | Muestra: | 17 datos | Muestra: | 15 datos | Muestra: | 11 datos |

Fuente: cálculos propios.

Todos los coeficientes son significativos al 5% convencional.

* Coeficiente significativo al 10% convencional.

La función de precios hedónicos estimada para todos los pisos quedaría de la siguiente manera:

$$\ln \widehat{P_{ij}} = 13{,}7089 + 0{,}153 \ln npp_{ij} + 0{,}7429 \ln e_{ij} + 0{,}0373 \ln rv_{ij} - 0{,}054 \ln prn_{ij} \quad (18)$$
$$- 0{,}1561\, d5_{ij} + 0{,}0755\, d6_{ij} - 0{,}0499 \ln au_{ij} - 0{,}0388 \ln acn_{ij}$$

Es posible ver que los modelos estimados resultaron todos significativos al 10%, ya que el estadístico $F$ tiene un p-valor menor a ese nivel de significancia. De igual forma el $R^2$ de cada regresión es bueno, superior al 70% en bondad de ajuste; sin embargo es necesario comentar que los pisos tabulados como 2 y 6 presentan un modelo

[5] El software usado para las estimaciones fue Rats 8.01. En el anexo D se presentan las regresiones.

globalmente significativo y $R^2$ alto pero pocas $t's - student$ significativas, lo cual evidencia presencia de multicolinealidad (Gujarati, 2010, Cap. 10), supuesto del procedimiento de Mínimos Cuadrados que generalmente se presenta en las regresiones hedónicas.

Lo interesante en estas estimaciones es lo que muestran los datos con este procedimiento, sobre todo si se usa solamente para estimación de la mejor curva a unos puntos en el plano, y no para predicción, donde se tendrían problemas porque sería necesario que la recta ajustada cumpliera los supuestos de MCO.

Teniendo en cuenta lo anterior y la observación a lo largo de todas las regresiones (involucrada la minería de datos) es interesante ver que la variable estrato *(e)* resultó significativa y con signo siempre positivo, tanto cuando se involucraban todos los pisos como cuando se estimaban por aparte, permitiendo concluir que es una variable relevante en la formación del precio por metro cuadrado para vivienda nueva en la ciudad de Tunja; esto es normal ya que en general el estrato es un referente de precios para los inmuebles, es cierto que entre mayor sea el estrato mayor será el precio de la vivienda.

Aunque en las regresiones hedónicas finalmente presentadas, la variable estrato no se encuentra presente en los pisos 4 y 6, cuando se observan las tablas 3-1 y 3-2 la variable sigue apareciendo en estos pisos.

En cuanto a la interpretación del parámetro estimado en la variable estrato y teniendo en cuenta que el modelo general es log – log, no es fácil encontrar una interpretación lógica, ya que la tabulación de estrato se toma como una variable discreta y no continua, además del rango reducido de la variable (3, 4 y 5), por lo tanto decir que el estrato aumenta en 1% no es lógico en este escenario, cosa distinta cuando se analizan distancias. Lo interesante en esta variable, además de lo anteriormente dicho, es por ejemplo cómo para los pisos superiores (7) la variable pesa más que en los inferiores (2) para el pago de un apartamento; esto es normal cuando se cree en el común de las personas que generalmente los que viven en pisos superiores tienen mayores recursos

económicos y por lo tanto es normal que les interese más el estrato, por supuesto que esto es apenas una hipótesis, alcance por probar en otra investigación.

Un grupo de variables muy importantes y que llaman mucho la atención son las características ambientales: afluente río de la vega (rv), parque recreacional del norte (prn), zonas verdes y/o parque infantil (d5), zonas húmedas - Piscina y/o Jacuzzi - (d6) , avenida universitaria (au) y avenida central del norte (acn). Nótese que de las ocho variables que quedaron según los criterios de clasificación, seis de ellas son ambientales. Resulta interesante que para adquirir vivienda nueva en la ciudad de Tunja, los precios por metro cuadrado se expliquen en buena medida por características ambientales del entorno.

Este resultado también es interesante desde el punto de vista de la diferenciación por pisos, ya que algunas variables aparecen más en pisos altos (7 en adelante) que en los inferiores (piso 1 y 2), probablemente a la diferenciación por recursos, donde las familias que poseen mayores recursos económicos generalmente son las que adquieren los pisos superiores de un edificio, y a quienes les interesa que el inmueble no tenga cercanías con las avenidas por el efecto de la polución hacia sus inmuebles.Una hipótesis adicional, es que las familias de mayores recursos al tener mayores facilidades de educación son agentes que toman mayor conciencia social acerca de la contaminación, por lo cual su interés radica en mantenerse alejados de los efectos que la contaminación puede causar a sus vidas, explicando el signo negativo de las variables sobre la formación de precio de inmuebles en pisos superiores.

Al analizar las estimaciones de las características ambientales, resultados como los signos negativos en las variables prn (que en tiempo pasados la ciudad lo reconocía como un humedal) y d5 se explican por la inseguridad que puedan dar estas zonas. Este tipo de resultados va de la mano con el de Revollo (2009), con la diferencia que éste obtiene resultados negativos para las zonas verdes en lugares pobres de Bogotá, que no necesariamente la definición de lugar pobre en Bogotá sea la misma que en otra ciudad, tema de otra investigación. Es importante resaltar que de alguna u otra manera, se hace necesario el llamado de atención a las autoridades para la atención de estas zonas, que disminuyen el precio de las viviendas.

Cuando se analiza la variable d6 correspondiente a las zonas húmedas de los proyectos, y que se encuentra dentro del conjunto de variables de recreación, de manera interesante afecta positivamente el precio de los inmuebles, resultado visto en todo el proceso de selección de variables. En los resultados finales la variable es significativa para la regresión en todos los pisos e individualmente para el piso tabulado 4. Por ejemplo, cuando se presentan zonas húmedas en los proyectos, el precio del metro cuadrado crece en 0,07% en todos los pisos conjuntamente, y de manera particular para los pisos 3 y 4 crece el valor en 0,13%.

Finalmente aparecen las variables de avenidas principales como otra situación ambiental para la valoración de inmuebles en Tunja. El signo negativo en el 92% de las regresiones donde resultó al menos una vía importante significativa, demuestra que en los proyectos analizados el hecho de tener vías muy importantes disminuye el precio de los inmuebles, debido principalmente al ruido y a la contaminación, teniendo en cuenta sobre todo que al menos por una de esta dos vías de análisis (avenida universitaria y avenida central del norte) pasa todo el transporte que va del centro de Colombia al norte, departamentos como Santander y Norte de Santander, además de las salidas a la costa colombiana y Venezuela.

# 4. Conclusiones y recomendaciones

## 4.1 Conclusiones

- A pesar del recorrido teórico muy general de la metodología de precios hedónicos, es necesario comentar que solamente se citó el nacimiento de la misma y algunas aplicaciones internacionales, teniendo en cuenta sobre todo que en muchas partes del mundo se hace uso del método para valoración de bienes heterogéneos y construcción de índices de precios. Esto es normal en todos los trabajos de investigación que usan el método de precios implícitos, sobre todo porque hacerle un seguimiento histórico a las aplicaciones y desarrollos es más que complejo.

- Se hizo la presentación de las formas funcionales que generalmente se usan en los distintos estudios para la estimación de funciones de precios hedónicas, de las cuales se usóla forma doble logarítmica en la estimación para los precios de vivienda nueva en la ciudad de Tunja.

- La recolección de información y el conocimiento de la ciudad hicieron posible el almacenamiento de una buena cantidad de datos de distintas variables y distintos pisos en construcciones de vivienda nueva, al punto que se decidió usar la metodología de minería de datos para seleccionar las variables que de forma recursiva explicaran los precios de los inmuebles. Finalmente se obtuvieron seis

variables ambientales y dos como características del entorno, de veintisiete, para calcular el modelo de precios hedónicos.

- Se aplicaron dos etapas de la minería de datos, con el fin de seleccionar aquellas variables que cumplieran dos criterios: significancia individual y signo del parámetro con sentido teórico – práctico. Después de los análisis de los dos criterios en las regresiones econométricas, se calculó la función de precios hedónicospara la ciudad de Tunja.

- Cuando se calculó el modelo de precios hedónicos para Tunja, se observaron resultados interesantes desde el punto de la economía ambiental, ya que en dicha ciudad las personas que ofrecen vivienda nueva interiorizan las preferencias ambientales de los consumidores, de tal manera que el precio por $m^2$ de los inmuebles se explicaban significativamente por variables de recreación y avenidas principales, es decir, variables reconocidas en el vector de características o atributos ambientales de una vivienda.

- Un aporte significativo de la investigación es el análisis de modelos de precios hedónicos por pisos, dado que ahora los Planes de Ordenamiento Territorial están dirigiendo el crecimiento de las ciudades de manera vertical. Se pudo observar que las variables afectan de manera distinta los apartamentos cuando se ubican en distintos pisos de la construcción. Esto es importante en la medida que se tengan en cuenta las preferencias de los consumidores en un proyecto de inversión con crecimiento vertical, para que las constructoras maximicen sus ganancias y al mismo tiempo los consumidores no vean afectados sus intereses.

- Finalmente el enfoque seguido en la tesis se puede usar para construir índices de precios de viviendaque se encuentran diferenciadas por pisos, ya que se probó que las variables de entorno, estructurales y sobre todo ambientales afectan de manera distinta los inmuebles en construcciones verticales. La construcción de índices de precios en esta metodología daría datos más cercanos a los que está ocurriendo en el mercado de la vivienda en una región o país, en cuanto a si

existe o no alguna burbuja inmobiliaria, tema que se puede desarrollar en futuras investigaciones con el enfoque de vivienda diferenciada.

## 4.2 Recomendaciones

En el futuro sería deseable calcular funciones de precios hedónicos para vivienda arrendada por pisos, según la metodología aplicada en este trabajo.

De igual forma queda pendiente regresiones en datos panel, y probar si las condiciones estructurales, ambientales y del vecindario afectan los precios del apartamento o vivienda por pisos en la misma medida.

# A. Anexo: Muestra de proyectos de vivienda nueva en la ciudad de Tunja

# B. Anexo: Plano de la ciudad de Tunja.

# C. Anexo: Colinealidad perfecta entre número de habitaciones y número de baños

Estimación por mínimos cuadrados ordinarios

| | |
|---|---|
| Número de observaciones | 62 |
| $R^2$ | 1,000000 |
| $R^2{}_{ajustado}$ | 1,000000 |

| Variable | Coeficiente | Error estándar | T-student | Nivel de significancia |
|---|---|---|---|---|
| ********** | | | | |
| 1. Constante | 0,69315 | 1,30e-015 | 5,32e+014 | 0.00000 |
| 2. HR | 0,58496 | 2,01e-015 | 2.90e+014 | 0.00000 |

# D. Anexo: Resultados de las regresiones

Las siguientes estimaciones fueron calculadas por el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) en el programa econométrico Rats 8.01. Teniendo en cuenta que son alrededor de 50 regresiones realizadas para llegar a los resultados finales, a continuación se presentan solamente las regresiones que se encuentran en la tabla 3-3.

***** TODOS LOS PISOS[6]******

[6]Centered R^2: $R^2$ --- R-Bar^2: $R^2{}_{ajustado}$ --- Significance Level ó Signif: p-valor.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Usable Observations | | 62 | | |
| Centered R^2 | | 0,86154730 | | |
| R-Bar^2 | | 0,84064880 | | |
| Regression F(8,53) | | 41,22530000 | | |
| SignificanceLevel of F | | 0,00000000 | | |
| | | | | |
| Variable | Coeff | Std Error | T-Stat | Signif |
| ********** | | | | |
| 1. Constant | 13,70894382 | 0,39777549 | 34,46402000 | 0,00000000 |
| 2. LNPP | 0,15308093 | 0,04471286 | 3,42364000 | 0,00119919 |
| 3. LE | 0,74292806 | 0,10994757 | 6,75711000 | 0,00000001 |
| 4. LRV | 0,03739436 | 0,01839211 | 2,03317000 | 0,04705645 |
| 5. LPRN | -0,05409352 | 0,02570300 | -2,10456000 | 0,04008846 |
| 6. D5 | -0,15610209 | 0,02876534 | -5,42674000 | 0,00000145 |
| 7. D6 | 0,07551067 | 0,02371964 | 3,18347000 | 0,00243624 |
| 8. LAU | -0,04993586 | 0,01801048 | -2,77260000 | 0,00765769 |
| 9. LACN | -0,03886930 | 0,01684253 | -2,30781000 | 0,02494390 |

***** PISOS 1 y 2******

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Usable Observations | | 19 | | |
| Centered R^2 | | 0,90823910 | | |
| R-Bar^2 | | 0,83483040 | | |
| Regression F(8,53) | | 12,37240000 | | |
| SignificanceLevel of F | | 0,00028710 | | |
| | | | | |
| Variable | Coeff | Std Error | T-Stat | Signif |
| ********** | | | | |
| 1. Constant | 13,63923391 | 0,87311683 | 15,62132000 | 0,00000002 |
| 2. LNPP | 0,10966528 | 0,08727455 | 1,25656000 | 0,23747395 |
| 3. LE | 0,94006057 | 0,22997766 | 4,08762000 | 0,00218752 |
| 4. LRV | 0,03136035 | 0,05748848 | 0,54551000 | 0,59736191 |
| 5. LPRN | -0,05610798 | 0,05856626 | -0,95803000 | 0,36063850 |
| 6. D5 | -0,14737120 | 0,06458312 | -2,28188000 | 0,04563928 |
| 7. D6 | 0,04515870 | 0,05761227 | 0,78384000 | 0,45130162 |
| 8. LAU | -0,05466715 | 0,04915301 | -1,11218000 | 0,29208148 |
| 9. LACN | -0,04845956 | 0,04071177 | -1,19031000 | 0,26141526 |

***** PISOS 3 y 4******

| | | | |
|---|---|---|---|
| Usable Observations | 17 | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Centered R^2 | | 0,88392400 | | |
| R-Bar^2 | | 0,76784800 | | |
| Regression F(8,8) | | 7,61500000 | | |
| SignificanceLevel of F | | 0,00474930 | | |
| | | | | |
| Variable | Coeff | Std Error | T-Stat | Signif |
| ********** | | | | |
| 1. Constant | 15,33643245 | 0,99282264 | 15,44730000 | 0,00000031 |
| 2. LNPP | -0,07210434 | 0,13620612 | -0,52938000 | 0,61091472 |
| 3. LE | 0,37413531 | 0,25290968 | 1,47932000 | 0,17731743 |
| 4. LRV | 0,10232105 | 0,03696312 | 2,76819000 | 0,02436458 |
| 5. LPRN | -0,14576877 | 0,06063853 | -2,40390000 | 0,04291495 |
| 6. D5 | -0,17812298 | 0,05066883 | -3,51544000 | 0,00789849 |
| 7. D6 | 0,13424506 | 0,05578806 | 2,40634000 | 0,04275164 |
| 8. LAU | -0,08427648 | 0,03339747 | -2,52344000 | 0,03561748 |
| 9. LACN | -0,07633476 | 0,03337699 | -2,28705000 | 0,05150166 |

***** PISOS 5 y 6******

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Usable Observations | | 15 | | |
| Centered R^2 | | 0,88573910 | | |
| R-Bar^2 | | 0,73339120 | | |
| Regression F(8,6) | | 5,81390000 | | |
| SignificanceLevel of F | | 0,02284350 | | |
| | | | | |
| Variable | Coeff | Std Error | T-Stat | Signif |
| ********** | | | | |
| 1. Constant | 14,57264447 | 1,63129091 | 8,93320000 | 0,00010978 |
| 2. LNPP | 0,05052983 | 0,24143481 | 0,20929000 | 0,84114707 |
| 3. LE | 0,41014437 | 0,32497596 | 1,26208000 | 0,25376046 |
| 4. LRV | 0,06474677 | 0,05561886 | 1,16412000 | 0,28856883 |
| 5. LPRN | -0,09553976 | 0,09589805 | -0,99626000 | 0,35758821 |
| 6. D5 | -0,15212219 | 0,07236162 | -2,10225000 | 0,08022776 |
| 7. D6 | 0,12652489 | 0,08186114 | 1,54560000 | 0,17315652 |
| 8. LAU | -0,05557393 | 0,04424449 | -1,25606000 | 0,25578605 |
| 9. LACN | -0,04735080 | 0,04925658 | -0,96131000 | 0,37351995 |

***** PISOS 7 EN ADELANTE******

| | | | |
|---|---|---|---|
| Usable Observations | 11 | | |
| Centered R^2 | 0,98268690 | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| R-Bar^2 | | 0,91343450 | | |
| Regression F(8,6) | | 14,18990000 | | |
| SignificanceLevel of F | | 0,06747460 | | |
| | | | | |
| Variable | Coeff | Std Error | T-Stat | Signif |
| ********** | | | | |
| 1. Constant | 12,59632878 | 0,87553411 | 14,38702000 | 0,00479650 |
| 2. LNPP | 0,99030672 | 0,19979153 | 4,95670000 | 0,03837432 |
| 3. LE | 2,48702627 | 0,47093355 | 5,28106000 | 0,03403573 |
| 4. LRV | -0,06684321 | 0,02962658 | -2,25619000 | 0,15269354 |
| 5. LPRN | -0,24592888 | 0,06012006 | -4,09063000 | 0,05488734 |
| 6. D5 | 0,01383330 | 0,04320681 | 0,32016000 | 0,77919704 |
| 7. D6 | -0,02062943 | 0,04404549 | -0,46837000 | 0,68560824 |
| 8. LAU | -0,16482235 | 0,03227396 | -5,10698000 | 0,03626872 |
| 9. LACN | -0,14926448 | 0,03420603 | -4,36369000 | 0,04871086 |

# Bibliografía

[1] AZQUETA, Diego. Introducción a la economía ambiental. Editorial McGraw-Hill, España, 2002, 420 p.

[2] BARTIK, T. J. Measuring the benefits of amenity improvements in hedonic price models. Land Economics, vol. 2, 1987, p. 172-183.

[3] BERNDT, E. R.; GRILICHES, Z. y RAPPAPORT, N. Econometric Estimates of Price Indexes for Personal Computers in the 1990s. Journal of Econometrics, 1995, julio, p. 243-268.

[4] BOLT, Katherine; RUTA, Giovanni y SARRAF, Maria. Estimating the cost of environmental degradation. The World Bank Environment Department. Environmental Department Papers, 2005, 265 p.

[5] BOYLE, Melissa A. y KIEL Katherine A. A Survey of House Price Hedonic Studies of the Impact of Environmental Externalities. Journal Of Real Estate Literature, Vol 9, No 2, 2001, p. 117 – 144.

[6] BROOKSHIRE, D. D.; THAYER, M. A.; SCHULZE, W. D. y D`ARGE, R. C. Valuing Public Goods: A Comparison of Survey and Hedonic Approaches. American Economics Review, 1982, vol. 72, p. 165-178.

[7] CADENA M., Félix J.; PAZMIÑO M., Marcela I. y RAMOS C., Mónica E. Los Determinantes de la Demanda de Vivienda en las ciudades de Guayaquil, Quito y Cuenca: Un Análisis Multinomial. Tesis de Grado en la Facultad de Economía y Negocios, Escuela Superior Politécnica del Litoral ESPOL, 2010, 53 p.

[8] CAN, A. Specification and estimation of hedonic housing price models Regional Science and Urban Economics, North - Holland, 1992, p. 453-478.

[9] CARRIAZO O., Fernando. 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-Colombia, 1999.

[10] CASTELLAR, Carlos. Valoración de las características de una finca campesina mediante los precios hedónicos Cáp. II, Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona España, 1991, {En línea} {10 de enero de 2012} disponible en: http://economia-publica.uab.es/materials/ACBinduc.htm

[11] CATAÑO M., José F. Lecciones de economía Marxista: Mercados, precios y dinero desde un enfoque heterodoxo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Económicas, 2009, 177 p.

[12] CEULAR V., Nuria; Millán V., María y Núñez T., Julia 2007. Conocimiento, innovación y emprendedores: camino al futuro Libro editado por Juan Carlos Ayala Calvo, Universidad de La Rioja, España, ISBN 84-690-3573-8.

[13] COURT, A. T. Hedonic price indexes with automobile examples, en The Dynamics of Automobile demand, Ed. General Motors Corporation, 1939, p. 99-117.

[14] CUEVAS T., Carlos H. Fundamentos de la economía de mercado. Universidad Externado de Colombia, 2001, 346 p.

[15] CRUZ C., Gabriel. Economía Aplicada a la valoración de impactos ambientales. Universidad de Caldas, Colombia, 2005, 208 p.

[16] Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Informe de Coyuntura Económica Regional (ICER) 2010. Publicación en septiembre de 2011, 60 p.

[17] DIXON, John A., FALLON S., Louise, CARPENTER, Richard. A., SHERMAN, P. B. and MANIPOMOKE, Supachit. Economic Analysis of Environmental Impacts of

Development Projects. Asian Development Bank. First Edition by Earthscan Library Collection, 2009, 148 p.

[18] DRAKOPOULOS, Stavros A. Values and Economic Theory: The Case of Hedonism. Library Aldershot Avebury, 1991, 235 p.

[19] EPPLE, D. Hedonic prices and implicit markets: estimating demand and supply functions for differentiated products, Journal of Political Economy, 1987, vol. 95, número1, p. 59-80.

[20] FIALHO P., Martha N.; MARTINÉZ I., Eva y LOUREIRA María L. Valor económico del agua de usos urbanos: aplicación de precios hedónicos en Belo horizonte, Brasil, 2005.

[21] FREEMAN III, A. Myrick. Hedonic prices, property values and measuring environmental benefits: a survey of issues. Scandinavian Journal of Economic, Vol. 81 - 2. Measurement in Public Choice, 1979, p. 154-173.

[22] FREEMAN III, A. Myrick. The Measurement of Environmental and Resource Values. Theory and Methods. Second Edition. Resources for the Future, Washington, D.C., Future Press, 2003.

[23] GARCÍA P., Alejandro. Una aproximación a la aplicación de la metodología hedónica: especial referencia al caso del mercado de la vivienda. Cuadernos de Ciencias Económicas y Empresariales, 2007, vol. 53, p. 53-81.

[24] GONZÁLEZ, Rolando. Aplicación del Modelo de Precios Hedónicos al Mercado de colegios Particulares Pagados: Supuestos y Conjeturas. Tesis de Maestría de Economía de Políticas Públicas, Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Economía, 2003, 48 p.

[25] GREENE H., William. Econometric Analysis. Pearson Prentice Hall, Quinta Edición, 2002, 1023 p.

[26] GRILICHES, Z. Hedonic price indexes for automobiles: an econometric analysis of quality change, en Price Statistics of the Federal Government, Editorial Columbia University Press, Nueva York, 1961.

[27] GRILICHES, Z. Introduction: Hedonic Prices Revisited, Capítulo I en Griliches, Z. Ed., Price Indexes and Quality Changes, Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1971.

[28] GONZÁLEZ, Manuel; ROMERO P. Byron y VILLAVICENCIO S., Jorge. Determinantes de los precios para las viviendas nuevas en el sector de Samborondón: un análisis econométrico basado en la metodología hedónica Artículo de tesis de Grado para la Especilización en Sector Público de la Escuela Superior Politénica del Litoral ESPOL, 2009, 11 p.

[29] GOODMAN, A. C. 1978. Hedonic prices, price indices and housing markets, Journal of Urban Economics, vol. 5, p. 471-484.

[30] GUJARATI, Damodar y PORTER Dawn C. Econometría. Quinta Edición, McGraw-Hill, 2010, 921p.

[31] HAAS, G. C. A Statistical Analysis of Farm Sales in Blue Earth County, Minnesota, as a Basis for Farm Land Appraisal. Masters thesis, the University of Minnesota, 1922a.

[32] HAAS, G. C. Sale Prices as a Basis for Farm Land Appraisal. Technical Bulletin 9. St. Paul: The University of Minnesota Agricultural Experiment Station, 1922b.

[33] HIDANO, N. The economic valuation of the environment and public policy: a hedonic approach, Ed. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 2002.

[34] HILL, Robert J. y MELSER, Daniel. Hedonic Imputation and the Price Index Problem: an Application to Housing. Economic Inquiry Vol. 46, No. 4, 2008, p. 593–609.

[35] HOUTHAKKER, H. Compensated changes in quantities and qualities consumed. Review of Economic Studies, 1952, vol. 19 - 3, p. 155-164.

[36] JANSSON M., Axel. Función de precios hedónicos de viviendas y adaptación del test Reset en modelos no lineales. Aplicación del modelo Box & Cox a los precios de las viviendas de la ciudad de Catamarca, Argentina. Revista Pharos, Ciencia, Arte y Tecnología, Santiago de Chile, 2000, vol. 7- 2, p. 43-59.

[37] KENNEDY, P. Sinning in the Basement: What Are the Rules? The Ten Commandments of Applied Econometrics, manuscritoinédito.

[38] KERRY, Patterson. An Introduction to Applied Econometrics. St. Martin's Press, New York, 2000, 10 p.

[39] LANCASTER, Kelvin J. A new approach to consumer theory. Journal of Political Economy, published by the University of Chicago, 1966, vol. 74-2, p. 132-157

[40] LANCASTER, Kelvin J. Consumer Demand: a New Approach. Ed. Columbia University Press, New York (USA), 1971.

[41] LANCASTER, Kelvin J.Variety, Equity and Efficiency. Ed. Basil Blackwell, Oxford, 1979.

[42] LINNEMAN, P. Some Empirical Results on the Nature of the Hedonic Price Function for the Urban Housing Market, Journal of Urban Economics, 1980, vol. 8, p. 47-68.

[43] LOVELL, M. Data Mining, Review of Economics and Statistics, 1983, vol. 65, p. 1 – 12.

[44] MÄLER, K. G. Environmental Economics: A Theoretical Inquiry. Baltimore, Md.: The John Hopkins University Press for the Resources for the Future, 1974.

[45] MARDONES, Cristian. Impacto de la percepción de la calidad del aire sobre el precio de las viviendas en Concepción – Talcahuano, Chile. Cuadernos de Economía, Universidad de Chile, 2006, vol. 43, p. 301-329.

[46] MENDIETA L., Juan C. Valoración de bienes no mercadeables. Transparencias de clases. Apuntes de clase, Universidad de los Andes, Facultad de Economía, CEDE, 2006, 112 p.

[47] MORALES, Leonardo y ARIAS, Fabio. La Calidad de la Vivienda en Bogotá: Enfoque de Precios Hedónicos de Hogares y de Agregados Espaciales, Sociedad y Economía, 2005, vol. 9, 46 p.

[48] MUELLBAUER, J. Household Production Theory, Quality, and the Hedonic Technique. American Economic Review, 1974, vol. 64- 6, p. 977-994.

[49] NICHOLSON, Walter. Teoría Microeconómica: principios básicos y ampliaciones. Editor Thomson, Novena edición, 2007, 750 p.

[50] POOL, W. Is inflation Too low? Cato Journal, 1999, vol. 18- 3, p. 456.

[51] QUIROGA, Bernardo F. Precios hedónicos para valoración de atributos de viviendas sociales en la Región Metropolitana de Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Instituto de Economía. Revista Munich Personal RePec Archive MPRA, 2005, vol. 378, 24 p.

[52] REVOLLO F., Daniel A. Calidad de la vivienda a partir de la metodología de precios hedónicos para la ciudad de Bogotá – Colombia. Revista Digital Universitaria, 2009, vol. 10, Nº 7, Universidad Nacional Autónoma de México, 17 p.

[53] RIDKER, R. y HENNING, A. The determinants housing prices and the demanda for clean air. Journal Environmental Economy Management, 1967, p. 81- 102.

[54] ROSEN, Sherwin. Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition, Journal of Political Economy, 1974, vol. 82, p. 34-55.

[55] ROSEN, Sherwin. Wage-based Indexes of Urban Quality of Life. Miezkowski, &Strasheim Eds., Current Issues in Urban Economics. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1979.

[56] STEVEN C. Bourassa, MARTIN,Hoesli y JIAN Sun. A simple alternative house price index method. Journal of Housing Economics 15, 2006, p. 80 – 97. También disponible online en www.sciencedirect.com

[57] STIGLITZ, Joseph. Caída libre. Santillana Ediciones Generales, 2010, 432 p.

[58] TINBERGEN, Jan. On the Theory of Income Distribution. In Selected Papers of Jan Tinbergen, edited by L. H. Klaassen, L. M. Koyck, and H. J. Witteveen. Amsterdam: North-Holland, 1959.

[59] VARIAN, Hal R. Microeconomía Intermedia: un enfoque actual. Editor Antoni Bosch, España, Séptima edición, 2005, 726 p.

[60] WAUGHT, F. V. Quality factors influencing vegetable prices, Journal of Farm Economics, 1928, vol. 10- 2, p. 185-196.

[61] WHEATON, W. C. Monocentric models of urban land use: contributions and criticisms. Current Issues of Urban Economics, Ed. John Hopkings University Press Baltimore (USA), 1979.