



REPORTE DE ESTABILIDAD FINANCIERA

Número 78

Índice de los precios de la vivienda nueva para
Bogotá: metodología de precios hedónicos

Jessica Castaño
Mariana Laverde
Miguel Ángel Morales
Ana María Yaruro

Índice de Precios de la Vivienda Nueva para Bogotá: Metodología de Precios Hedónicos*

JÉSSICA CASTAÑO* MARIANA LAVERDE** MIGUEL MORALES*** ANA MARÍA YARURO****

Resumen

En este documento se presenta un índice de precios de vivienda nueva ajustado por cambios en la calidad de los inmuebles para la ciudad de Bogotá. Para ello se utilizó la base de datos de La Galería Inmobiliaria para el período 2003-2013. El indicador se construyó utilizando el modelo teórico de precios hedónicos propuesto por Rosen (1974) y la aplicación econométrica sugerida por Bover & Velilla (2002) y Gatzlaff & Ling (1994). Al comparar el índice de precios obtenido con los existentes en Colombia, se encontró que el comportamiento entre estos es similar. Finalmente, cuando se controla por calidad, el índice presenta crecimientos inferiores a los registrados por índices que no incluyen este aspecto, reflejando que los cambios en calidad tienen un efecto positivo en los precios.

Clasificación JEL: *C21, C43, E31, R32*

Palabras clave: Índice de Precios de la Vivienda, Precios Hedónicos, Efectos Fijos, Mercado de la Vivienda en Colombia.

*Agradecemos los comentarios y sugerencias de Dairo Estrada, Juan Esteban Carranza, Diego Vásquez, Nancy Zamudio y Wilmar Cabrera. Además a Jaime Enrique Fajardo por su ayuda con el procesamiento de datos. Las opiniones contenidas en este documento son exclusivas de los autores y no comprometen al Banco de la República ni a su Junta directiva. Los autores son responsables de los errores que persistan.

*Profesional, Departamento de Estabilidad Financiera. e-mail: jcastala@banrep.gov.co

**Profesional Especializado, Departamento de Estabilidad Financiera. e-mail: mlaverqu@banrep.gov.co

***Profesional Experto, Departamento de Estabilidad Financiera. e-mail: mmoralmo@banrep.gov.co

****Estudiante en Práctica, Departamento de Estabilidad Financiera. e-mail: ayarurja@banrep.gov.co

1. Introducción

El sector de la vivienda es reconocido por su enorme influencia en la estabilidad y desempeño de las economías. Tanto a nivel internacional como local, se han observado episodios donde auges desproporcionados en el mercado de la vivienda han contribuido al desarrollo de crisis financieras y económicas. Por esta razón, instituciones como bancos centrales, gobiernos y entes reguladores se preocupan por la evolución de los principales indicadores que caracterizan a este sector, entre los que se destacan los índices de precios de la vivienda nueva y usada.

Existen diferentes metodologías que permiten construir indicadores de precios, dentro las cuales se destaca la de precios hedónicos, que se caracteriza por aislar el efecto de los cambios de la calidad de los inmuebles sobre su precio. Esta metodología parte del supuesto de que la vivienda es un bien diferenciado, por lo que su precio debe evaluarse en función de sus características. A partir de una estimación econométrica se calcula la contribución marginal de cada atributo en el precio, lo que se conoce como precio implícito o hedónico; descontando estos efectos, es posible estimar los cambios en el precio de la vivienda.

Actualmente, en Colombia no existe un índice de precios de la vivienda calculado a partir de esta metodología, dada la limitación de información detallada y periódica sobre las características de los inmuebles. No obstante, La Galería Inmobiliaria ha venido consolidando una base de datos desde 2002, que recoge información sobre precios de oferta y las características de todos los inmuebles vendidos en las salas de venta de las principales ciudades del país.

El índice de precios de la vivienda nueva calculado en este trabajo tiene como objetivo capturar de una manera precisa, las variaciones en los precios de los inmuebles ajustando por estos cambios en calidad. Este índice se construye para Bogotá para el período 2003-2012. La aproximación utilizada está basada en el modelo teórico de precios hedónicos formalizado por Rosen (1974) y una posterior implementación econométrica del mismo. El indicador de precios obtenido presenta un comportamiento similar a los de los índices calculados por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y el Banco de la República (Banrep).

Los principales resultados permiten validar que cuando se controla por calidad, el crecimiento del índice de precios de la vivienda es inferior al del índice que no incluye tales características, mostrando que los cambios en calidad han tenido una incidencia positiva en el precio de mercado de los inmuebles. Asimismo, al hacer el análisis por estratos, se encontró que para los estratos 2 a 5 el índice ajustado por calidad es menor que el que no lo hace, mientras que en el estrato 6 ocurre lo contrario, evidenciando la heterogeneidad que podría existir en este segmento.

Por otro lado, el análisis de los datos evidencia algunos cambios importantes en las características de los inmuebles durante el período analizado; algunos atributos como el número de garajes, la existencia de depósito, chimenea, ascensor, planta eléctrica, salón comunal, entre otros, ha aumentado durante el período analizado, mientras que el área y el número de alcobas promedio disminuyeron.

Este documento está dividido en seis secciones incluyendo esta introducción. En la segunda parte se presenta la revisión de la literatura; en la tercera se realiza un breve análisis del mercado inmobiliario en Colombia durante los últimos veinte años, así como una descripción de los datos. En la cuarta, se describe el modelo teórico de precios hedónicos y las diferentes especificaciones econométricas utilizadas para las estimaciones. Posteriormente, en la quinta, se muestran los principales resultados de los modelos y los

índices de precios de la vivienda nueva construidos. Por último, se destacan algunos comentarios finales y se concluye.

2. Revisión de la literatura

El mercado de vivienda y la evolución de su precio es un tema recurrente en la literatura internacional dado su impacto en la economía. De acuerdo con Syz (2008) la vivienda representa cerca de un tercio del total de la riqueza en el mundo y según Eurostat (2013) es el principal componente dentro del gasto de los hogares. De otro lado, según Hill (2011) el comportamiento del mercado inmobiliario tiene una fuerte repercusión en el resto de la economía; los ciclos de dicho mercado afectan el nivel de consumo, la distribución de la riqueza, y la estabilidad financiera de los países. Adicionalmente, este autor sugiere que los índices de precios de vivienda constituyen una herramienta útil para la política fiscal y monetaria, así como para los mercados financieros, en la medida que actúan como un "barómetro" del estado de la economía.

Relacionado con lo anterior, el seguimiento de los precios de la vivienda es importante para entender, no solo las condiciones de este mercado, sino también, las de la actividad económica y del sistema financiero. Goodhart & Hofmann (2007) estudian los distintos canales por los cuales los precios de la vivienda afectan la actividad económica y la inflación; aumentos en el precio de la vivienda generalmente están asociados con períodos de expansión económica, mientras que caídas en estos precios corresponden a períodos de recesión. Asimismo, Hofmann (2001) encuentra que existe una relación directa entre los precios de la vivienda, el crédito y el producto interno bruto (PIB).

Teniendo en cuenta lo anterior, resulta importante contar con índices de precios de vivienda que permitan analizar el comportamiento del mercado inmobiliario, así como identificar posibles vulnerabilidades que puedan afectar el crecimiento económico. Siguiendo a Eurostat (2013), los índices de precios de vivienda son de gran utilidad para diferentes agentes: por un lado, las instituciones financieras los utilizan para construir medidas de riesgo de crédito, mientras que para los bancos centrales constituyen una herramienta para el monitoreo de la estabilidad financiera; por último, los hogares basan sus decisiones de compra de vivienda en el comportamiento de estos índices.

Existen diversas metodologías para la construcción de índices de precios de vivienda que se pueden clasificar en cuatro grupos: medias o medianas, ventas repetidas, precios hedónicos y modelos híbridos¹. Sin embargo, la aplicación de cada una de estas metodologías está condicionada a la disponibilidad de información.

La primera y más sencilla de las metodologías es aquella que toma una medida de tendencia central de la distribución de los precios de las viviendas, generalmente representada por la media o la mediana. La ventaja de esta metodología es que no requiere una base de datos sofisticada y su cálculo es relativamente sencillo; se necesitan simplemente los precios de los inmuebles en el tiempo, para capturar el cambio en el precio de la vivienda media entre dos períodos. Sin embargo, con este método no es posible diferenciar qué parte del cambio en el precio se debe a diferencias en la calidad de los inmuebles y, por lo tanto, se pueden estimar índices imprecisos². Cabe resaltar que muchos índices de este tipo tratan de controlar

¹El modelo híbrido combina la metodología de ventas repetidas y de precios hedónicos, lo que permite incorporar las ventajas asociadas a muestras más completas de las ventas de los inmuebles, junto con la precisión de muestras correspondientes a las observaciones de ventas repetidas. Para mayor detalle véase Quigley (1995).

²En la medida que el índice no recoge cambios en la calidad de la vivienda, variaciones en la misma podría generar índices que sobreestiman o subestiman los cambios en los precios.

por los cambios en la calidad de las viviendas estratificando la muestra, es decir, dividiendo el total de inmuebles vendidos en un momento del tiempo en diferentes segmentos del mercado (estratos, barrios, zonas, entre otros). Para cada submuestra se calcula un índice de media o mediana, y el índice agregado resulta de un promedio ponderado de estos. Si bien esta técnica reduce la imprecisión de estos índices, no lo elimina totalmente, dado que puede haber diferencias en calidad dentro de cada segmento³.

Teniendo en cuenta que bajo la metodología de medias o medianas no es posible aislar el efecto de cambios en calidad, se han desarrollado otras propuestas metodológicas que abordan este problema, cuantificando así, el cambio de precios que se atribuye exclusivamente a la interacción entre la oferta y la demanda. Dentro de esta perspectiva, se encuentran los métodos de ventas repetidas, precios hedónicos y el modelo híbrido.

El método de ventas repetidas se construye con los datos de aquellas viviendas que han sido vendidas al menos dos veces en el período de estudio y que no han sufrido cambios significativos en su estructura física. La importancia de este método es que, al utilizar la información de los precios de una misma vivienda en dos momentos en el tiempo, garantiza que los cambios observados en el índice sólo corresponden a las dinámicas del mercado. Esta metodología fue introducida por Bailey et al. (1969) y mejorada por Case & Shiller (1987), quienes le asignan una mayor ponderación a aquellos inmuebles vendidos en un menor período de tiempo.

El índice de precios de vivienda de Standard and Poor's/Case-Shiller (SPCS) es el más conocido dentro de este grupo de índices, y es calculado para 20 ciudades de Estados Unidos. Asimismo, otros países como Australia, Canadá, Inglaterra y los Países Bajos cuentan con índices de ventas repetidas⁴. En Colombia, Escobar et al. (2005) calcularon el Índice de Precios de la Vivienda Usada (IPVU) a partir de una adaptación del enfoque de ventas repetidas propuesto en Case & Shiller (1987), el cual es publicado por el Banco de la República.

La metodología de precios hedónicos es más compleja que las anteriores, puesto que requiere datos de las características de las viviendas que en muchos casos no están disponibles. Bajo este tipo de modelos, se parte del supuesto de que una vivienda es un bien heterogéneo, la cual puede valorarse por la utilidad que generan sus atributos o características. En términos generales, una ecuación hedónica permite explicar el precio de un bien en función de sus características, logrando medir la contribución marginal de cada una de estas en el precio. De esta manera, los precios hedónicos son definidos como los precios implícitos de los atributos de los bienes.

Dentro de los primeros estudios se encuentran los de Court (1939) y Griliches (1961), quienes realizan un análisis del mercado de automóviles en Estados Unidos. Estos autores intentaron descontar el efecto de las características de los carros sobre su precio. Posteriormente, Rosen (1974) estableció los fundamentos teóricos de la metodología de precios hedónicos, lo que desencadenó una notable expansión de su estudio y aplicación. Este autor plantea que los bienes diferenciados se describen por un vector de características, donde cada entrada representa la cantidad de unidades de cada una de estas características. En este sentido, los precios hedónicos o implícitos resultan de una estimación econométrica entre el precio del bien diferenciado y las cantidades asociadas a sus atributos.

³En Colombia, los índices de precios de vivienda nueva construidos por el DANE y por el DNP utilizan esta metodología. En otros países, se calculan índices similares, como el Median Sales Price Index de la National Association of Realtors (NAR) en Estados Unidos y el del Real Estate Institute of Australia (REIA) en Australia.

⁴Estos índices son calculados por Residex y RPData- Rismark en Australia, mientras que en Inglaterra y en los países bajos es estimado por Dutch Land Registries. Por su parte, en Canadá la publicación de este índice está a cargo de Teranet y el Banco Nacional de Canadá.

El enfoque hedónico para el mercado inmobiliario ha sido utilizado principalmente con dos objetivos: primero, estudiar el impacto de ciertas externalidades y/o atributos en los precios de los inmuebles y, segundo, construir índices de precios de vivienda. Este primer grupo de estudios ha sido el más implementado en Colombia, mientras que el segundo ha sido poco trabajado debido a la falta de información detallada sobre las características de las viviendas.

En particular, dentro del primer grupo, se encuentran diferentes trabajos para Bogotá, que junto con herramientas de la economía espacial, evalúan el efecto que tienen sobre el precio de las viviendas sus atributos y variables asociadas a la ubicación. Por ejemplo, Revollo (2009), Carriazo et al. (2011) y Santana & Núñez (2011) encuentran que variables como el área, el estrato y la cercanía a establecimientos de recreación, zonas verdes y servicios públicos tienen un efecto positivo en el precio de los inmuebles, mientras que elementos como la contaminación e inseguridad contribuyen de manera negativa. Por su parte, Morales & Arias (2011) comprueban que el número de cuartos, el número de baños, el estrato, la disponibilidad de garajes, zona verde y servicio telefónico tienen un efecto positivo en el valor de la vivienda.

Otro estudio que vale la pena resaltar es el de Arbeláez et al. (2011), quienes estiman una función de demanda de vivienda para Colombia, la cual depende del precio de los inmuebles, del ingreso de los hogares y un conjunto de características socioeconómicas de los mismos. En el cálculo del precio, los autores utilizan el método hedónico para construir un índice de precios a partir de las características físicas de las viviendas y de variables asociadas con el entorno.

Para el segundo grupo de estudios, no se conocen aproximaciones para el caso colombiano. No obstante, a nivel internacional se encuentran diversos trabajos. Se resalta el artículo de Wallace (1996), en el que mediante técnicas no paramétricas se estimaron funciones de precios hedónicos y se construyeron índices de precios de vivienda para el Condado de Alameda en California: uno tipo Paasche, otro tipo Laspeyres⁵ y un índice ideal o superlativo de Fisher, que es el promedio geométrico entre los dos anteriores. Asimismo, Idrovo & Lennon (2011) calculan un índice de precios de vivienda nueva para la provincia del Gran Santiago en Chile a partir de los registros mensuales de ventas inmobiliarias de las empresas suscritas a la Cámara Chilena de Construcción desde 1994 hasta 2010. Las variables utilizadas en este trabajo fueron la ubicación, el tipo de inmueble y el área, que son determinantes en las variaciones del precio.

Finalmente, es importante mencionar el trabajo de Bover & Velilla (2002), en el que se propone una estimación alternativa del modelo hedónico para calcular un índice de precios de la vivienda nueva para varias ciudades de España, ajustada por cambios en la calidad. Los autores incorporan efectos fijos de sitio (proyecto inmobiliario) para controlar las características no observadas de los inmuebles, tales como el tráfico, la cercanía a servicios públicos, la ubicación, el transporte, entre otros. La base de datos empleada en estas estimaciones contiene un número destacable de características para cada inmueble, tales como el área, número de habitaciones y baños, el acceso a garaje, aire acondicionado, espacios deportivos, jardín, entre otros. Teniendo en cuenta que la información empleada en este artículo es similar a la que provee La Galería Inmobiliaria, y que el objetivo de este trabajo también es estimar un índice de precios con base en la metodología hedónica, este artículo ha sido tomado como referencia.

⁵Un índice tipo Laspeyres deja fijas las cantidades de compra del período base, para calcular el monto en que aumenta o disminuye el valor de compra de una canasta de bienes y servicios entre dos períodos de tiempo. Por su parte, el índice Paasche utiliza la canasta de bienes del período t para calcular el monto en que aumenta o disminuye el valor de compra de dicha canasta en dos períodos de tiempo.

3. Evolución del sector de la vivienda en Colombia

Durante las dos décadas más recientes el sector de la vivienda en Colombia ha experimentado un comportamiento cíclico en el cual se observan períodos de auges y caídas en la construcción y en los precios de los inmuebles. En este lapso de tiempo, el mercado de la vivienda presentó cambios significativos que se reflejaron en los principales indicadores económicos del sector, tales como su participación en el PIB, la dinámica de los precios de los inmuebles y el comportamiento del crédito de esta modalidad. Los cambios también se evidenciaron en el tipo de vivienda construida y su calidad.

En esta sección se presenta una breve descripción del mercado de la vivienda en Colombia para los últimos veinte años, y se muestran los cambios más importantes en algunas variables relacionadas con la calidad de las viviendas, que son relevantes para entender la situación actual del mercado y para una mejor interpretación de lo que sugiere un índice de precios hedónicos, el cual considera cambios en las características de la vivienda a través del tiempo.

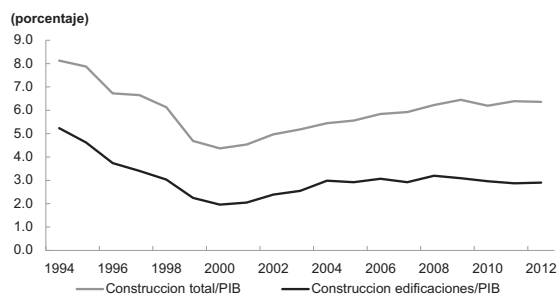
3.1. Dinámica del mercado

En términos generales, el sector de la vivienda en Colombia ha mostrado diferentes cambios en los últimos veinte años, que se han visto reflejados principalmente en el comportamiento de la construcción, en la evolución del crédito de esta modalidad y en los precios de los inmuebles.

En primer lugar, es importante mencionar que el sector de la construcción es relevante para el desempeño económico del país, ya que se encuentra interrelacionado con diversas industrias de la economía, como la metalúrgica, la maderera y la cementera. Adicionalmente, genera una importante demanda de mano de obra, especialmente no calificada: el 89% de la mano de obra en el sector es no calificada, la cual, a 2012, representó el 7.3% del total de mano de obra no calificada del país.

Al analizar el comportamiento del subsector de edificaciones, se observa que entre 1994 y 1995, su participación en el PIB alcanzó niveles cercanos al 5%, mientras que con la crisis descendió hasta valores cercanos al 2%. Desde entonces, el indicador ha exhibido una lenta recuperación y para 2012 se ubicó en un nivel de 2,9% del PIB. Se destaca, que el comportamiento del subsector de edificaciones exhibe una evolución similar a la observada para el sector de la construcción (Gráfico 1).

GRÁFICO 1: Participación de la construcción en el PIB



Fuente: DANE, cálculos Banco de la República

Por otro lado, el comportamiento de la cartera de vivienda y su participación dentro del PIB, también han reflejado en cierta medida los períodos de auge, crisis y posterior recuperación de este mercado. Durante el comienzo de la década de los noventa, el auge en el sector se evidenció en las altas tasas de

crecimiento registradas por la cartera de vivienda (Gráfico 2, Panel A). Las tasas reales de crecimiento de esta modalidad alcanzaron niveles por encima del 20 %, las cuales fueron muy superiores al promedio de las dos décadas más recientes (2,8 %). Al analizar el indicador de cartera de vivienda sobre el PIB, se observa una tendencia creciente, alcanzando en 1998 un nivel de 9,5 % (máximo histórico)(Gráfico 2, Panel B).

Tras la crisis económica de finales de los noventa, la cartera de vivienda presentó una fuerte desaceleración, registrando tasas de crecimiento cercanas al -25 % a finales del año 2000. Por su parte, el indicador de cartera sobre PIB registró fuertes caídas que se prolongaron durante gran parte del período de análisis, llevando al indicador a alcanzar un nivel mínimo de 2,7 % del PIB en 2006 (Gráfico 2, Panel B). Durante el período de gran dinámica de la cartera (2006-2007), el crecimiento del crédito de vivienda se ubicó por encima del promedio histórico, tomando valores cercanos a los niveles pre-crisis, generando que la participación de esta modalidad de crédito en el PIB se incrementara, aunque sin alcanzar los observados a comienzos de la década de los noventa.

GRÁFICO 2: Evolución de la cartera de vivienda

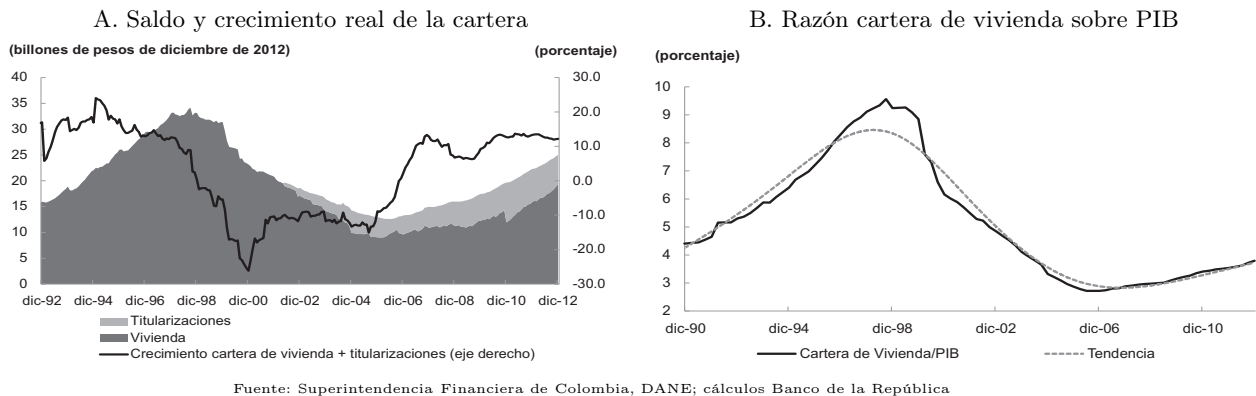
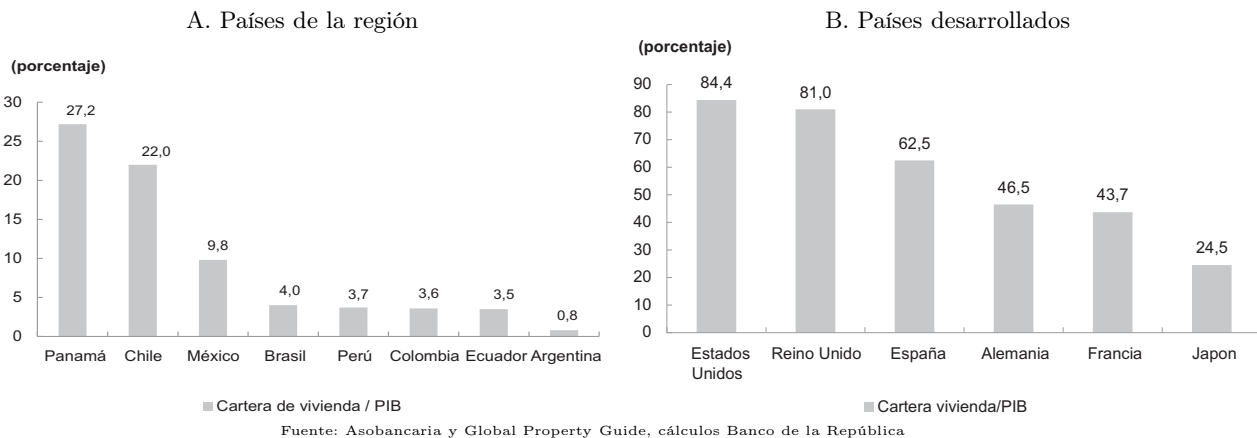
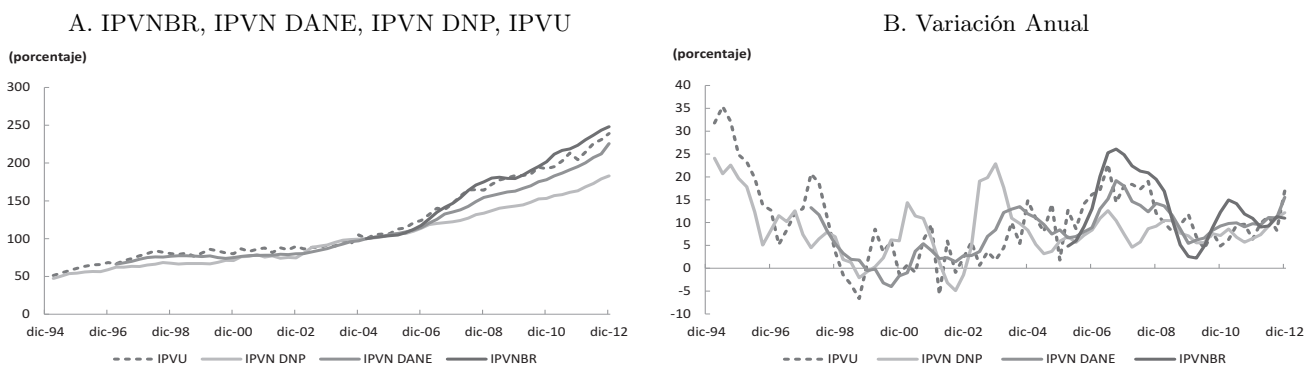


GRÁFICO 3: Indicadores profundización financiera



Al comparar el indicador de cartera de vivienda sobre PIB entre economías de la región y con algunas economías desarrolladas, se observa que Colombia registra un nivel bajo en comparación con Panamá, Chile, México, Brasil y Perú (Gráfico 3, Panel A). Por otra parte, este indicador para las economías desarrolladas está muy por encima del observado en las economías latinoamericanas, en general mayores al 40 % (excepto Japón, la cual registró un indicador de 24.5 %) (Gráfico 3, Panel B).

GRÁFICO 4: Índices de Precios de la vivienda



Fuente: DANE, DNP, Galería Inmobiliaria, cálculos Banco de la República

Los precios de la vivienda en Colombia también han reflejado el comportamiento cíclico observado en el crecimiento de la cartera y en la participación de la construcción en el PIB. En el Gráfico 4, se presenta la evolución de los índices de precios de la vivienda nueva y usada, junto con sus respectivas variaciones anuales calculadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Departamento Nacional de Planeación (DNP) y el Banco de la República (Banrep)⁶. Se destacan las altas tasas de crecimiento que los precios de la vivienda registraron durante el comienzo de los años noventa, y la pronunciada disminución de dichas tasas en el preámbulo de la crisis de finales de la década pasada. Desde 2002, los precios de la vivienda han venido mostrando un crecimiento nominal anual sostenido que se intensificó en el período 2006-2007, cuando dichas tasas de crecimiento se ubicaron por encima del promedio histórico (1994-2012) y que inclusive alcanzaron niveles superiores al 20%. Tras la crisis financiera internacional de 2008, dichas tasas de crecimiento se redujeron levemente, pero continúan por encima del promedio histórico.

En general, se observa que después de la crisis financiera de finales de los años noventa, el sector de la vivienda presenció un estancamiento hasta mediados de la década pasada, alcanzando mínimos históricos en términos de participación en la actividad económica, cartera de vivienda sobre PIB y precios. No obstante, a partir de 2005 el sector mostró una importante recuperación, que se ha evidenciado a través del crecimiento de la cartera y de la dinámica de los precios de la vivienda. Todo esto ha estado sin duda influenciado también por la mayor dinámica que exhibió la economía colombiana en el mismo período.

⁶El índice de precios de vivienda nueva (IPVNBR) calculado por el Banrep, utiliza la base de datos de La Galería Inmobiliaria y consiste en un promedio simple del precio por metro cuadrado de todos los inmuebles nuevos que están a la venta en cada momento del tiempo. Para mayor información véase el Reporte de Estabilidad Financiera (Marzo 2013).

3.2. Cambios en las características de los inmuebles en Bogotá

Además de los cambios macroeconómicos observados en el sector de la vivienda en Colombia durante el período 1990-2012, también se evidenciaron cambios importantes en la calidad de los inmuebles, tal y como lo confirma la información recolectada por La Galería Inmobiliaria. Esta base de datos contiene información del mercado de vivienda nueva (apartamentos y casas) para Bogotá, Cali, Medellín, Barranquilla, Cartagena, Santa Marta, Bucaramanga y Villavicencio⁷, la cual se obtiene por medio de encuestas mensuales que se aplican a todas las salas de ventas en cada ciudad. Cada proyecto inmobiliario se monitorea desde el momento en que aparece la sala de ventas, hasta que la última unidad es vendida. La información contenida en esta base incluye características de cada uno de los inmuebles así como las unidades ofrecidas, vendidas, y el precio de venta de cada vivienda⁸.

El presente análisis se desarrolla para la ciudad de Bogotá, cuyo mercado representa el 40 % del total de las ventas en la base de datos; se utiliza además información del periodo 2003-2013 dada la disponibilidad de los registros. El Cuadro 1 contiene las estadísticas descriptivas más relevantes de la base a lo largo del período de estudio. En el Cuadro 2 se presenta el comportamiento de estas variables por estrato socioeconómico, para el promedio del período de análisis.

CUADRO 1: Estadísticas descriptivas por año

Características	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013*
	<i>Total</i>										
Número de proyectos	604	800	854	932	921	906	910	1.056	819	797	493
Número de inmuebles vendidos	34.594	35.586	40.636	50.655	42.426	34.415	40.324	41.411	41.061	31.917	7.501
Porcentaje de apartamentos	57,0	54,5	57,0	69,1	87,1	90,5	93,4	92,1	97,4	98,6	98,5
	<i>Media</i>										
Precio**	85,9	90,1	89,3	99,1	122,8	137,6	129,2	149,6	172,0	204,9	227,2
Área total (m^2)	79,4	80,6	76,5	73,6	74,6	72,7	67,0	68,7	69,4	68,9	69,7
Precio por metro cuadrado**	0,90	0,95	1,00	1,17	1,45	1,64	1,70	1,92	2,18	2,69	2,93
Número de alcobas	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Número de baños	1,9	1,9	1,8	1,7	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8
Número de garajes	1,1	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5
	<i>Porcentaje de viviendas que cuentan con la característica</i>										
Depósito	29,1	29,7	27,9	29,5	30,5	30,0	21,8	25,1	28,1	32,4	35,5
Chimenea	17,8	21,3	18,9	18,5	19,5	20,8	17,4	18,7	18,0	20,9	20,5
Tina	9,9	10,4	6,6	5,9	4,9	4,8	2,2	2,3	2,9	3,2	3,3
Salón comunal	89,4	91,3	89,9	91,4	96,4	97,3	96,3	96,7	93,9	97,1	95,1
Parque infantil	68,9	66,2	68,4	69,9	69,6	68,1	60,2	61,6	67,3	71,3	69,3
Canchas/gimnasio	31,8	31,6	30,3	32,8	37,2	34,2	34,3	39,2	36,4	39,6	40,9
Planta eléctrica	25,6	25,2	23,3	28,0	33,0	33,4	38,6	40,9	41,9	47,5	56,1
Sauna	9,2	7,3	6,8	8,8	11,2	10,2	8,3	12,2	10,1	12,5	14,1
Ascensor	33,7	36,0	35,5	39,6	47,5	47,9	47,7	52,3	57,5	65,1	71,1

*Incluye información hasta marzo

** Cifras en millones de pesos

Fuente: Galería Inmobiliaria, cálculos de los autores.

Durante el período que va desde enero de 2003 hasta marzo de 2013 se vendieron 400.526 inmuebles nuevos que hacían parte de 3.416 proyectos de vivienda. Estas ventas se concentraron en los estratos 2 y 3 (62 %), mientras que los estratos 5 y 6 tuvieron una menor participación (13 %). Los períodos en los que se registró el mayor número de ventas coinciden con los momentos en que se observaron fuertes incrementos

⁷De acuerdo con La Galería Inmobiliaria, la muestra de ciudades que abarca la base de datos corresponde aproximadamente al 80 % del total de la oferta de vivienda nueva del país.

⁸Las características son estrato, zona, barrio, área, número de habitaciones, número de baños, número de garajes y un conjunto de atributos que pueden o no estar disponibles tales como depósito, chimenea, tina, parque infantil, canchas y/o gimnasio, planta eléctrica, sauna, ascensor, entre otros.

CUADRO 2: Estadísticas descriptivas por estrato

Características	2	3	4	5	6	Total
Número de proyectos	362	718	741	701	826	33.483
Número de inmuebles vendidos	121.499	126.470	100.693	28.735	23.129	400.526
Participación en ventas	30,0	32,0	25,0	7,0	6,0	100,0
Porcentaje de apartamentos	59,9	80,9	94,5	94,7	97,6	79,9
<i>Media</i>						
Área total (m2)	49,3	61,0	87,5	115,5	146,7	73,0
Número de cuartos	2,6	2,8	2,8	2,5	2,3	2,7
Número de baños	1,1	1,6	2,2	2,6	2,9	1,8
Número de garajes	0,9	1,2	1,3	1,7	2,0	1,2
<i>Porcentaje de inmuebles que cuentan con la característica</i>						
Depósito	0,6	12,0	50,8	88,3	92,5	28,4
Chimenea	0,7	2,6	35,3	65,8	77,6	19,1
Tina	0,0	0,5	5,6	23,0	34,7	5,2
Salón comunal	88,8	96,7	97,3	93,9	91,0	93,9
Parque infantil	56,6	75,2	78,9	59,3	37,1	67,1
Canchas/gimnasio	8,4	26,8	64,9	60,1	55,0	34,8
Planta eléctrica	3,8	23,2	63,4	67,8	81,0	34,0
Sauna	0,1	5,2	19,6	27,0	19,7	9,7
Ascensor	10,0	40,8	92,0	99,5	99,7	58,2
<i>Precio promedio por inmueble**</i>						
2003	23,4	40,9	94,1	188,4	353,0	85,9
2004	24,1	43,3	105,5	209,8	373,9	90,1
2005	24,9	47,1	118,5	222,1	408,6	89,3
2006	27,1	57,0	133,1	236,9	417,9	99,1
2007	32,6	71,0	161,6	278,7	452,0	122,8
2008	37,1	86,4	188,8	299,2	497,5	137,6
2009	40,7	87,0	201,3	307,8	510,7	129,2
2010	46,3	97,2	234,9	340,6	550,3	149,6
2011	53,9	103,1	244,0	345,2	699,8	172,0
2012	66,2	128,0	278,6	377,4	717,6	204,9
2013*	78,0	134,5	320,7	399,8	790,9	227,2

*Incluye información hasta marzo

** Cifras en millones de pesos

Fuente: Galería Inmobiliaria, cálculos de los autores.

en los precios de la vivienda y un mayor dinamismo de esta cartera (2006-2007). En contraste, durante el año 2012 se registró el número más bajo de ventas de inmuebles de la muestra.

Por otra parte, en el período de análisis se aprecia una sustitución de venta de casas por apartamentos: mientras que en el año 2003 el 53 % del total de viviendas vendidas eran casas, en 2012 este porcentaje disminuyó a 1,4 %. Este comportamiento es observado en todos los estratos, especialmente en el 2 y 3⁹. Lo anterior podría estar explicado por las restricciones de tierra en Bogotá, lo cual ha incentivado a los constructores a desarrollar proyectos principalmente de vivienda vertical.

En cuanto al precio promedio de la vivienda, se resalta la tendencia alcista observada durante todo el período para todos los estratos, dinámica que ha estado acompañada por una disminución en el área de los inmuebles: mientras que entre 2003 y 2008 las viviendas tenían en promedio 76 metros cuadrados, a partir de 2009 esta área ha permanecido alrededor de 69 metros cuadrados. Cabe destacar que entre

⁹Para 2003, en el estrato 2, el 82 % de las ventas se concentraban en casas y el 18 % restante en apartamentos, mientras que en 2012 estas participaciones pasaron a ser 2 % y 98 %, respectivamente. Asimismo, en el estrato 3, la participación de las casas dentro de las ventas en 2003 era 52 % y el 48 % restante lo ocupaban los apartamentos; en 2012 estas cifras cambiaron a 1 % y 99 %, en su orden.

estratos la diferencia en área es representativa; como se muestra en la Cuadro 2, los inmuebles del estrato 2 tienen en promedio un área de 49 metros cuadrados, mientras que en estrato 6 esta asciende a 146 metros cuadrados.

Con respecto a las características de los inmuebles, se observaron variaciones entre estratos socioeconómicos y en el tiempo. En primer lugar, se aprecia que el número de baños es superior en las viviendas de mayor estrato; mientras que en el estrato 2 el 88 % de los inmuebles tienen un solo baño, en el estrato 6 el 37,3 % cuenta con tres baños, y el 22 % con cuatro baños. No obstante, esta característica se ha mantenido relativamente estable en el tiempo. Por otro lado, el número de alcobas es similar entre estratos, y no ha mostrado mayores cambios en el período de análisis. De otra parte, el número promedio de garajes ha aumentado en el tiempo, y además se encuentra que la mayor parte de las viviendas vendidas tienen acceso por lo menos a un garaje, a excepción de las de estrato 2.

Relativo a la disponibilidad de ciertos servicios comunales, se encontró que el porcentaje de viviendas que cuenta con acceso a un salón comunal, parque infantil y canchas y/o gimnasios se ha incrementado en el tiempo. Asimismo, se observa que la oferta de estos atributos es más alta en los estratos intermedios, mientras que para los estratos 2 y 6 ésta es más baja.

Finalmente, en relación a los domicilios con planta eléctrica, se observa un incremento considerable entre 2003 y 2012. Los estratos con mayor número de plantas eléctricas son el 5 y el 6, seguidos por el 4, mientras que en los estratos 2 y 3 esta cuantía es menos significativa. Asimismo, se evidencia un incremento en los apartamentos con ascensores, cuya proporción fue de 71,1 % en 2012; no obstante, este comportamiento varía según estrato: en el estrato 2 tan solo el 10 % de los apartamentos cuenta con esta característica, mientras que en los estratos 5 y 6 este porcentaje es cercano al 100 %. Por otro lado, las chimeneas y el sauna son características que han venido apareciendo con mayor frecuencia y que se han concentrado fundamentalmente en los estratos 4 y 5. Por último, el porcentaje de viviendas con tina siempre ha sido bajo, se presenta principalmente en los estratos más altos y ha exhibido una reducción durante el período analizado.

En resumen, se observa que la vivienda en Bogotá ha presentado cambios importantes en los 10 años más recientes. Factores como cambios demográficos, culturales y de ingreso, junto con las restricciones de espacio evidenciadas en las grandes urbes, pudieron haber influenciado cambios en las características y calidad de los inmuebles, y por lo tanto podrían haber afectado los precios. Entre los cambios observados, se resalta una mayor proporción de apartamentos versus casas; inmuebles de menor tamaño con precios por metro cuadrado más altos; viviendas con mayor cantidad de garajes, depósitos, ascensores, salones comunales, parques y gimnasios. Sin embargo, no se han observado grandes cambios en el número de alcobas ni en el número de baños por inmueble.

4. Metodología

4.1. Modelo teórico

En 1974 Sherwin Rosen formalizó la teoría de los precios hedónicos. La hipótesis principal detrás de estos modelos es que los bienes diferenciados son valorados de acuerdo a la cantidad de cada una de las características asociadas al bien, y la utilidad que estas representen para cada individuo.

El modelo parte del supuesto de que el mercado de bienes diferenciados, en este caso el de la vivienda, es un mercado competitivo en donde interactúan compradores y vendedores. Se supone que cada vivienda está descrita por un conjunto de n características que son medidas de forma objetiva entre agentes, es decir, la percepción de todos los agentes acerca de la cantidad de cada una de las características de un bien es la misma.

De acuerdo a lo anterior, cada uno de los inmuebles en el mercado está completamente representado por un vector $z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$ donde z_i es la cantidad de la i -ésima característica presente en el bien. En este sentido, los precios de los inmuebles son una función del vector z , es decir, $p(z) = p(z_1, \dots, z_n)$. Se supone además, que este mercado es competitivo en el sentido en que ningún agente tiene suficiente peso como para modificar los precios, más aún, estos resultarán de un proceso de maximización.

Sea $U(x, z_1, \dots, z_n)$ la función de utilidad de los consumidores, donde x es el consumo de bienes diferentes a la vivienda. Si normalizamos el precio de x a 1 y definimos y como el ingreso del individuo, entonces la restricción presupuestal estará dada por $y = x + p(z)$ si se supone que el individuo demanda una unidad de vivienda (el modelo puede generalizarse de forma sencilla para tener en cuenta situaciones donde esto no se cumple).

De la maximización de la utilidad se obtiene que el individuo escogerá la demanda por x y z_i que satisfaga la condición de primer orden:

$$\frac{\partial p}{\partial z_i} = p_i = \frac{U_{z_i}}{U_x}, \quad (1)$$

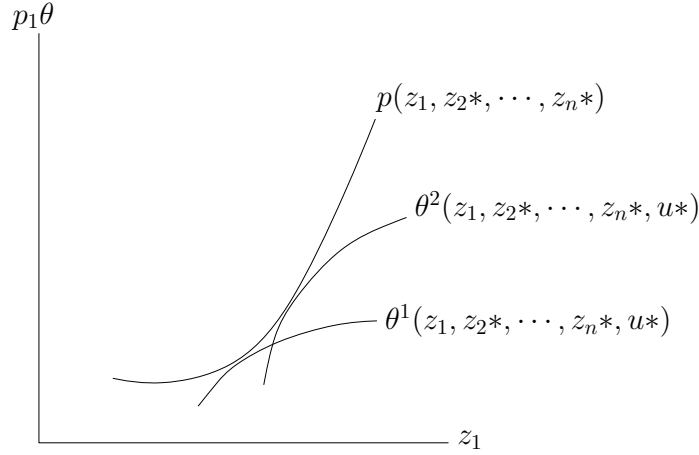
donde U_{z_i} y U_x son las derivadas parciales de la función de utilidad U con respecto a z_i y a x , respectivamente, y p_i es el precio hedónico del i -ésimo bien, es decir, el aporte que hace una unidad de esta característica al precio del bien final.

Si se define θ como la máxima disposición a pagar del individuo, por un bien con características z y dado unos niveles de ingreso y utilidad y y \bar{u} , entonces θ se define de forma implícita mediante la ecuación:

$$U(y - \theta, z_1, \dots, z_n) = \bar{u}. \quad (2)$$

Es posible mostrar mediante diferenciación implícita que θ se incrementa en la medida que los z_i aumentan pero que este aumento es decreciente, es decir, $\theta(z_i)$ es una función creciente y cóncava. En resumen, $\theta(z, \bar{u}, y)$ es lo que el consumidor está dispuesto a pagar por z , si tiene un ingreso y y quiere garantizar una utilidad \bar{u} , mientras que $p(z)$ es el precio mínimo que tendrá que pagar en el mercado. En consecuencia, siguiendo a Rosen (1974), la utilidad se maximizará cuando se determinen valores óptimos de z y u que garanticen que $\theta(z^*, \bar{u}^*, y) = p(z^*)$ y $\theta_{z_i}(z^*, \bar{u}^*, y) = p_{z_i}(z^*)$ para todo i , siendo θ_{z_i} y p_{z_i} las derivadas parciales de las funciones θ y p con respecto a z_i . Lo anterior, es equivalente a garantizar la tangencia entre la función de precios de mercado y la función de máxima disposición a pagar (Gráfico 5).

GRÁFICO 5: Ecuación hedónica y máximas ofertas de compra



Fuente: Rosen, 1974

Por su parte, el productor de bienes inmuebles deberá escoger qué cantidad de cada tipo de inmuebles desea producir. Sea $C(M, z, \beta)$ la función de costos asociada a la producción, donde $M(z)$ es la cantidad de unidades producidas del bien definido por z , y el parámetro β representa el tipo de estructura de costos de la firma.

La decisión del productor resulta de escoger la cantidad de producto final y de características z , que maximizan sus beneficios $\pi = Mp(z) - C(M, z_1, \dots, z_n)$. De lo anterior se obtiene que el ingreso y costo marginal deben ser iguales, tanto para los cambios en características como para el bien final:

$$p_i(z) = C_{z_i}(M, z_1, \dots, z_n)/M \quad (3)$$

$$p(z) = C_M(M, z_1, \dots, z_n). \quad (4)$$

De forma análoga a lo expuesto en el problema del consumidor, se plantea una función de oferta $\phi(z_1, \dots, z_n, \bar{\pi}, \beta)$, que determina el mínimo valor al que un productor estará dispuesto a vender un bien con características z , si quiere garantizar un nivel fijo de beneficios $\bar{\pi}$. Esta función se define de forma implícita en términos de z , π y β mediante las siguientes ecuaciones:

$$\pi = M\phi - C(M, z_1, \dots, z_n) \quad (5)$$

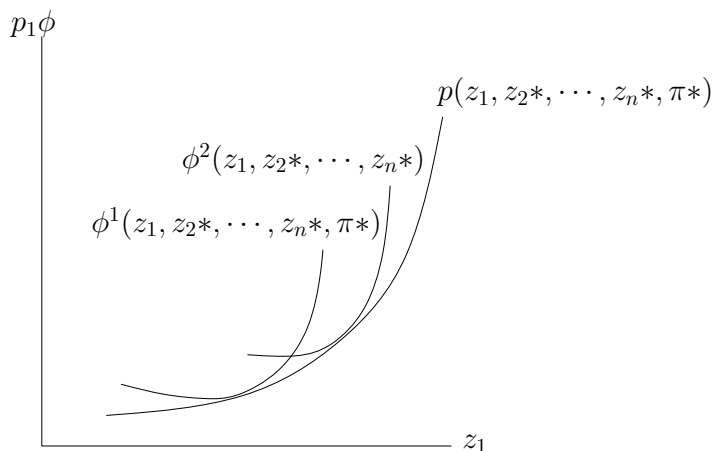
$$\phi = C_M(M, z_1, \dots, z_n). \quad (6)$$

Rosen muestra que ϕ_{z_i} y $\phi_{z_i z_i}$ son positivas, es decir, la función $\phi(z_i)$ es creciente y convexa. Siguiendo la misma intuición, el beneficio de las firmas se maximiza cuando las curvas $\phi(z_i)$ y $p(z_i)$ son tangentes para todo i . Es decir, $p_i(z^*) = \phi_{z_i}(z_1^*, \dots, z_n^*, \pi^*, \beta)$ y $p(z^*) = \phi(z_1^*, \dots, z_n^*, \pi^*, \beta)$ (Gráfico 6).

Sobreponiendo las Gráficas 5 y 6, Rosen muestra que la función de precios hedónicos $p(z_1, \dots, z_n)$ es la envolvente de los equilibrios de un mercado diferenciado, que no se caracteriza mediante agentes representativos. Por lo anterior, la función hedónica resulta de todas las interacciones en el mercado, y

por lo que estimarla con técnicas econométricas permitiría encontrar el cambio del precio en el tiempo, controlando por el efecto de variaciones en las características.

GRÁFICO 6: Ecuación hedónica y mínimas ofertas de venta



Fuente: Rosen, 1974

4.2. Estimaciones Econométricas

Si un determinado número de inmuebles de la misma calidad son vendidos en cada período, para construir un índice de precios de vivienda sería suficiente calcular una medida de tendencia central de los precios a los que se vendieron los mismos en cada momento del tiempo. El hecho de que la calidad de los inmuebles varía en el tiempo, hace necesaria, la construcción de índices de precios que controlen por dichos cambios (Knight et al. (1995)).

En esta sección se presentan los modelos estadísticos que se estiman para construir índices de precios que controlan por calidad. Para construir estos índices, en la especificación econométrica se utilizan variables *dummy*, que señalan el año en que un inmueble fue vendido y capturan la tendencia en el tiempo de los precios de la vivienda. Este enfoque, denominado el *time-dummy method*, es usualmente utilizado en la metodología de precios hedónicos aplicada al mercado de vivienda, tal y como en Hill (2011), Knight et al. (1995), Gatzlaff & Ling (1994), Crone & Voith (1992) y Bover & Velilla (2002).

En este trabajo se estiman tres modelos econométricos con el objetivo de encontrar un índice de precios ajustado. El primero es una regresión del precio en función del área y *dummies* de tiempo¹⁰, con el fin de estimar la variación del precio de la vivienda con respecto al año base, sin controlar por características. En el segundo, se incluyen atributos observables de la vivienda junto con *dummies* de tiempo, y finalmente, en el tercero, se controla por efectos fijos aditivos y multiplicativos¹¹.

El primer modelo estima entonces, los precios de la vivienda incluyendo únicamente el área del inmueble y *dummies* de tiempo de la forma:

¹⁰En lugar de definir la variable dependiente como el precio por metro cuadrado, el área será considerada como una variable explicativa. Esto permitirá estimar la elasticidad del precio de la vivienda con respecto al tamaño, la cual varía por proyecto en el ejercicio de efectos fijos multiplicativos.

¹¹En este trabajo se aplicó la prueba de Hausman para verificar la existencia efectos fijos o aleatorios. Se concluyó que era necesario controlar por efectos fijos. Finalmente, para tener más detalles acerca de efectos fijos aditivos y multiplicativos consulte Cameron & Trivedi (2005)

$$p_{it} = \alpha_0 + \sum_{s=1}^T \delta_s d_{sit} + \beta a_{it} + e_{it} \quad (t = 1, \dots, T), \quad (7)$$

donde p_{it} es el logaritmo del precio del inmueble i en el período t , α_0 es el intercepto y δ_s es el coeficiente asociado a la *dummy* de tiempo d_{sit} , la cual toma el valor de 1 cuando $s = t$ y 0 en otro caso. Por su parte, a_{it} es el logaritmo del área del inmueble i en t , medido en metros cuadrados y β su coeficiente asociado. Finalmente, $e_{i,t}$ es el término de error.

En el segundo modelo se estima una ecuación hedónica de la forma:

$$p_{it} = \alpha_0 + \sum_{s=1}^T \delta_s d_{sit} + \beta a_{it} + \sum_k \phi_k c_{kit} + e_{it} \quad (t = 1, \dots, T). \quad (8)$$

Esta especificación a diferencia de la anterior incluye el efecto de la calidad del inmueble, donde $\sum_k \phi_k c_{kit}$ es la sumatoria de las k características c de la vivienda i en el año t multiplicada por el precio implícito ϕ_k . Dichas características incluyen entre otros el número de baños y garajes, además de la existencia de ciertos atributos como depósito, ascensor, chimenea, tina, estudio, extractor, cancha y/o gimnasio.

Adicional a estas características, variables asociadas con atributos propios de la zona o proyecto, como la seguridad y los niveles de contaminación, así como la distancia al transporte masivo, entre otras, podrían ser determinantes en la regresión hedónica. No incluirlas podría implicar problemas de variable omitida. Para asegurar que se controla por estas características no observadas, se hizo una tercera regresión incluyendo efectos fijos aditivos η_j asociados a cada proyecto inmobiliario. De esta forma, la ecuación hedónica se especifica de la siguiente manera:

$$p_{ijt} = \sum_{s=1}^T \delta_s d_{sijt} + \beta a_{ijt} + \eta_j + \sum_m \phi_m c_{mit} + \epsilon_{ijt} \quad (t = 1, \dots, T) \quad (9)$$

donde el subíndice j identifica cada uno de los proyectos inmobiliarios, la variable η_j captura los efectos fijos por proyecto y las variables c_{mit} son las características que varían para los inmuebles dentro de un proyecto, es decir la que no está recogida en los efectos fijos.

Como es usual, la ecuación (9) se estima después de transformar las variables, restando de cada una su media por proyecto:

$$(p_{ijt} - \bar{p}_j) = \sum_{s=1}^T \delta_s (d_{sijt} - \bar{d}_{sj}) + \beta (a_{ijt} - \bar{a}_{ijt}) + (\epsilon_{ijt} - \bar{\epsilon}_j) \quad (t = 1, \dots, T), \quad (10)$$

donde \bar{p}_j , \bar{d}_{sj} , \bar{a}_{ijt} , $\bar{\epsilon}_j$ son los promedios de las variables p_{ijt} , d_{sijt} , a_{ijt} , ϵ_{ijt} para el proyecto j .

Las especificaciones descritas anteriormente se estimarán utilizando el método de Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG) y una estimación de regresión por cuantiles de la mediana, que es menos sensible a datos extremos.

Adicional a los controles por efectos fijos aditivos mencionados anteriormente, se podría esperar que la contribución marginal del área en el precio varíe por zonas. Por lo anterior, se estima también una

especificación del modelo con efectos fijos multiplicativos y aditivos, los cuales capturan justamente diferencias en la valoración marginal del área. La especificación de este modelo es la siguiente:

$$p_{ijt} = \sum_{s=1}^T \delta_s d_{sit} + \beta_j a_{ijt} + \eta_j + \epsilon_{ijt} \quad (t = 1, \dots, T). \quad (11)$$

Como lo realiza Bover & Velilla (2002), la estimación de (11) se realiza de acuerdo a la siguiente transformación:

$$(p_{ijt} - \bar{p}_j) - \hat{\theta}_j (a_{ijt} - \bar{a}_j) = \sum_{s=1}^T \delta_s [(d_{sijt} - \bar{d}_{sj}) - \hat{\phi}_{sj} (a_{ijt} - \bar{a}_j)] + \nu_{ijt} \quad (t = 1, \dots, T), \quad (12)$$

donde $\hat{\theta}_j$ es el coeficiente de la regresión auxiliar de $(p_{ijt} - \bar{p}_j)$ en $(m_{ijt} - \bar{m}_j)$ y $\hat{\phi}_{sj}$ es el coeficiente asociado a la variable de área de la regresión auxiliar entre $(d_{sijt} - \bar{d}_{sj})$ y $(m_{ijt} - \bar{m}_j)$:

En general, los modelos de precios hedónicos usualmente presentan algunos problemas econométricos tales como de variable omitida, no normalidad de los errores y multicolinealidad. En el caso de la variable omitida, la severidad de este problema depende del objetivo del análisis; cuando se quiere estimar un índice de precios sin analizar los precios marginales de las características, el problema por variable omitida es menor¹² (Hill (2011)). En el caso de la multicolinealidad y la no normalidad de los errores, ninguno de estos problemas afecta la consistencia e insesgamiento de los estimadores; en el caso de la no normalidad esto ocurre porque se cuenta con un N suficientemente grande, y en el caso de la multicolinealidad (no perfecta), puede mostrarse que aún en presencia de este problema, los estimadores son consistentes e insesgados (Gujarati (2004)). Por lo anterior, las *dummies* de tiempo, utilizadas para construir el índice de precios, son estimadores insesgados y consistentes.

Como se mencionó, los modelos se estiman también por medio de regresión por cuantiles de la mediana. Esta metodología tiene ciertas ventajas sobre los estimadores de MCG, entre las que se destacan: que se obtienen estimadores menos sensibles a datos extremos, estimadores que son consistentes en condiciones más débiles y, finalmente, menos restricciones en cuanto a los supuestos sobre el comportamiento de los datos y los errores asociados a las regresiones (Cameron & Trivedi (2005)). En la siguiente sección se presentan los resultados de las estimaciones y los índices de precios calculados en cada uno de estos escenarios.

5. Resultados

En esta sección se presentan los resultados de las estimaciones bajo las diferentes especificaciones econométricas, utilizando tanto el método de MCG como el de regresión por cuantiles en cada caso¹³. En el Cuadro 3 se muestran las estimaciones de la ecuación (7), en la que solo se incluyen *dummies* de tiempo y el logaritmo del área de los inmuebles. Esta especificación captura las variaciones en los precios de la vivienda, sin tener en cuenta el efecto de las características. Como es esperado, los coeficientes asociados a las *dummies* son significativos y positivos, y aumentan a través del tiempo, lo cual indica que

¹²Es importante tener en cuenta que el objetivo de este trabajo es construir un índice de precios de vivienda nueva controlando por variaciones en las características, y no estudiar el efecto de estas últimas en el precio de los inmuebles

¹³Los resultados de las estimaciones se encuentran al final de este documento.

los precios de la vivienda han venido aumentando de manera sostenida durante todo el período analizado con respecto al año base (2002). Asimismo, el área tiene un efecto positivo sobre el precio de los inmuebles. Cabe resaltar que estos resultados son similares para los dos métodos de estimación utilizados.

El Cuadro 4 contiene los resultados de la ecuación (8), en la que además de incluir el área y *dummies* de tiempo, también se incorporan variables asociadas a las características de las viviendas, tales como el número de baños, número de garajes y el piso en que está ubicado el inmueble, entre otras¹⁴. Como se puede observar, el efecto del área y de las *dummies* de tiempo sobre el precio se reduce en el modelo cuando se controla por características.

Como es usual en esta literatura, es probable que exista multicolinealidad entre los regresores de los modelos planteados¹⁵, lo que generalmente ocasiona errores estándar inflados y, por ende, estadísticos *t* pequeños. No obstante, se encontró que para todas las regresiones, el error estándar toma valores bajos y estadísticos *t* suficientemente grandes para obtener coeficientes significativos. Esto también permite obtener intervalos de confianza de las *dummies* de tiempo que son disyuntos, lo que significa que los crecimientos en el precio de los inmuebles son significativamente diferentes entre sí.

Dada la forma funcional de las especificaciones econométricas, las variaciones del precio de la vivienda con respecto al año base se aproximan a partir de la siguiente transformación de los coeficientes asociados a las *dummies* de tiempo:

$$\frac{E(P_t) - E(P_0)}{E(P_0)} \approx e^{(\delta_t)} - 1, \quad (13)$$

donde P_t y P_0 es el precio de la vivienda en el período t y en el año base, respectivamente. Esta aproximación es exacta cuando se supone que los precios de la vivienda P_t siguen una distribución log-normal con varianza constante en el tiempo, como lo muestra la siguiente ecuación:

$$\frac{E[P_t] - E[P_0]}{E[P_0]} = \frac{E[P_t]}{E[P_0]} - 1 \quad (14)$$

$$= \frac{e^{\mu_t + \sigma^2/2}}{e^{\mu_0 + \sigma^2/2}} - 1 \quad (15)$$

$$= e^{\delta_t} - 1. \quad (16)$$

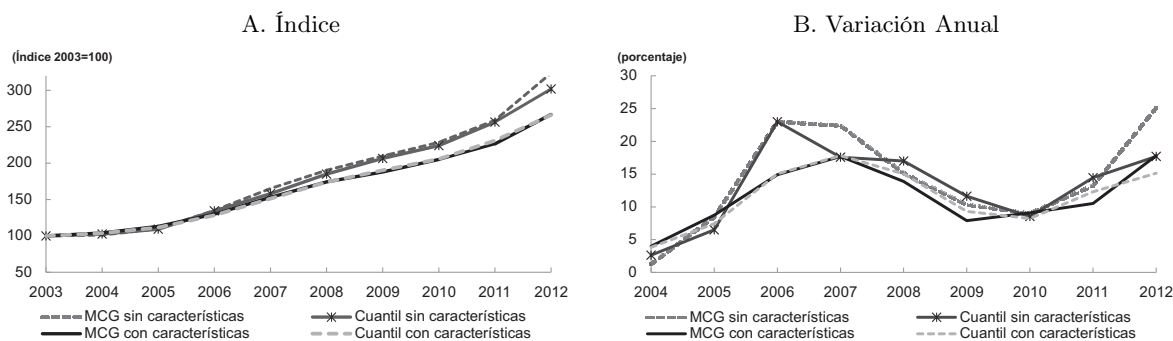
Asumiendo log-normalidad se obtiene que $E[P_t] = e^{\mu_t + \sigma^2/2}$, donde μ_t es la media del logaritmo de P_t y σ^2 es su varianza, la cual se supone constante en el tiempo. Finalmente, si se expresa la media del logaritmo del precio de acuerdo con la especificación econométrica, se encuentra que el término $\frac{e^{\mu_t + \sigma^2/2}}{e^{\mu_0 + \sigma^2/2}} = e^{\mu_t - \mu_0}$ es igual a e^{δ_t} .

Al construir los índices de esta manera, se encuentra efectivamente que aquellos que incorporan cambios en características muestran menores crecimientos, lo que puede indicar que las variaciones en los precios calculados en la ecuación (7) se encuentran sobreestimados al no aislar el efecto de los cambios en la calidad de los inmuebles. Cabe destacar que a pesar de las diferencias en los niveles de los índices, estos muestran un ciclo similar evidenciando robustez en las estimaciones (Gráfico 7).

¹⁴El resto de variables hacen referencia a ciertos atributos que pueden estar o no disponibles: depósito, canchas y/o gimnasio, estufa a gas, ascensor, planta eléctrica, chimenea, cocina integral, shut de basuras, tanque de agua, horno a gas, tina, cuarto y baño de servicio, estudio, extractor, instalación de secadora y calentador a gas.

¹⁵Se analizó la matriz de varianzas y covarianzas de los β s y se realizaron las pruebas de *Variance Inflation Factor (VIF)* junto con la prueba de Índice de Condición que se calcula con los valores propios de la matriz de varianzas y covarianzas de los regresores. En las dos pruebas se obtuvo cierto grado de multicolinealidad.

GRÁFICO 7: Índice de precios de la vivienda nueva sin efectos fijos



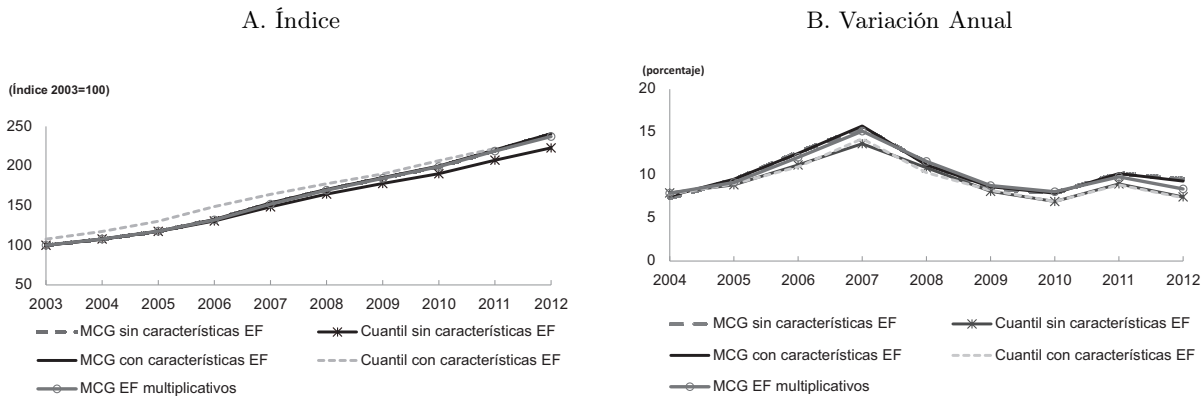
Fuente: La Galería Inmobiliaria; cálculos de los autores

En un segundo ejercicio se estimaron las regresiones controlando por efectos fijos y, además, se incluyeron algunas variables observables que varían entre proyectos. Al estimar las regresiones con y sin dichas características observables, los resultados obtenidos son similares, mostrando que las variables capturadas en el efecto fijo recogen la mayor parte del cambio en el precio. De nuevo se encontró que los coeficientes asociados a las *dummies* de tiempo son positivos y crecientes, indicando un aumento sostenido en los precios en el tiempo. Este comportamiento podría estar asociado a las restricciones de oferta, al tiempo que existe una demanda dinámica relacionada con el déficit habitacional de la ciudad, especialmente, en los estratos bajos.

Al calcular los índices de precios para el ejercicio con efectos fijos aditivos, se encontró que utilizando ambos métodos de estimación, (MCG y regresión por cuantiles), los resultados son similares (Gráfico 8). En general, se observa que los indicadores que controlan por efectos fijos aditivos resultan inferiores a los que no tienen en cuenta dichos efectos, lo que indica que existen características comunes a los inmuebles de un proyecto que influyen en el precio del mismo y que no eran parte de las variables inicialmente observadas. Al incluir efectos multiplicativos, se encuentra que el índice estimado es muy similar al que se obtuvo con el modelo que solo incorpora efectos aditivos.

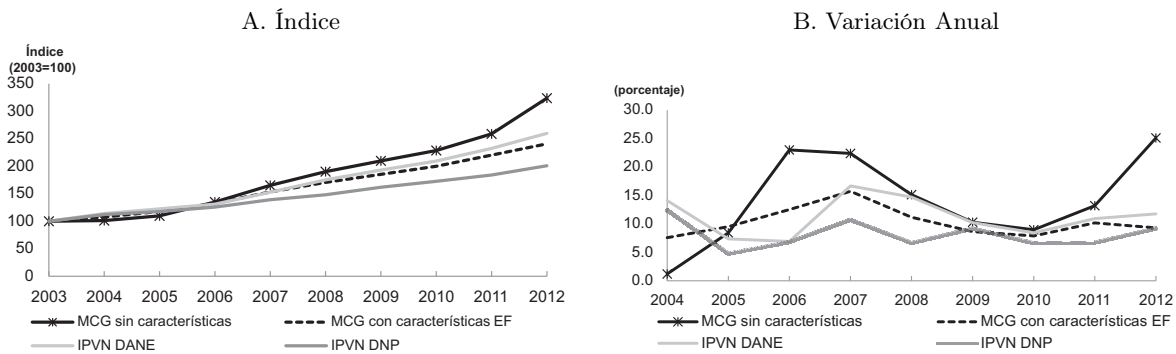
Cuando se analizan los índices construidos por medio de la metodología de precios hedónicos con los índices de precios de vivienda nueva y usada existentes para Bogotá (DNP, DANE y Banrep), se resalta que todos los indicadores presentan una tendencia similar, aunque se encuentran diferencias entre los niveles, siendo el más alto aquel que no controla por efectos fijos ni características, y el más bajo el que calcula el DNP (Gráfico 9). En general, los indicadores exhiben tasas altas de crecimiento para el año 2007, una desaceleración entre 2008 y 2010, seguida por una mayor dinámica para 2011 y 2012. En particular, durante 2012, el índice obtenido controlando por características y efectos fijos, presentó un crecimiento de 9,3%, cifra inferior a la registrada por los otros índices (11,8% de acuerdo con el índice del DANE, y 15,3% según el IPVU), con excepción del construido por el DNP (9,2%). Es importante mencionar, que los indicadores difieren en la base de datos utilizada y en su metodología, y que el único que controla por cambios en la calidad es el calculado en este trabajo.

GRÁFICO 8: Índice de precios de la vivienda nueva con efectos fijos



Fuente: La Galería Inmobiliaria, cálculos de los autores

GRÁFICO 9: Comparación de los índices de precio de la vivienda nueva



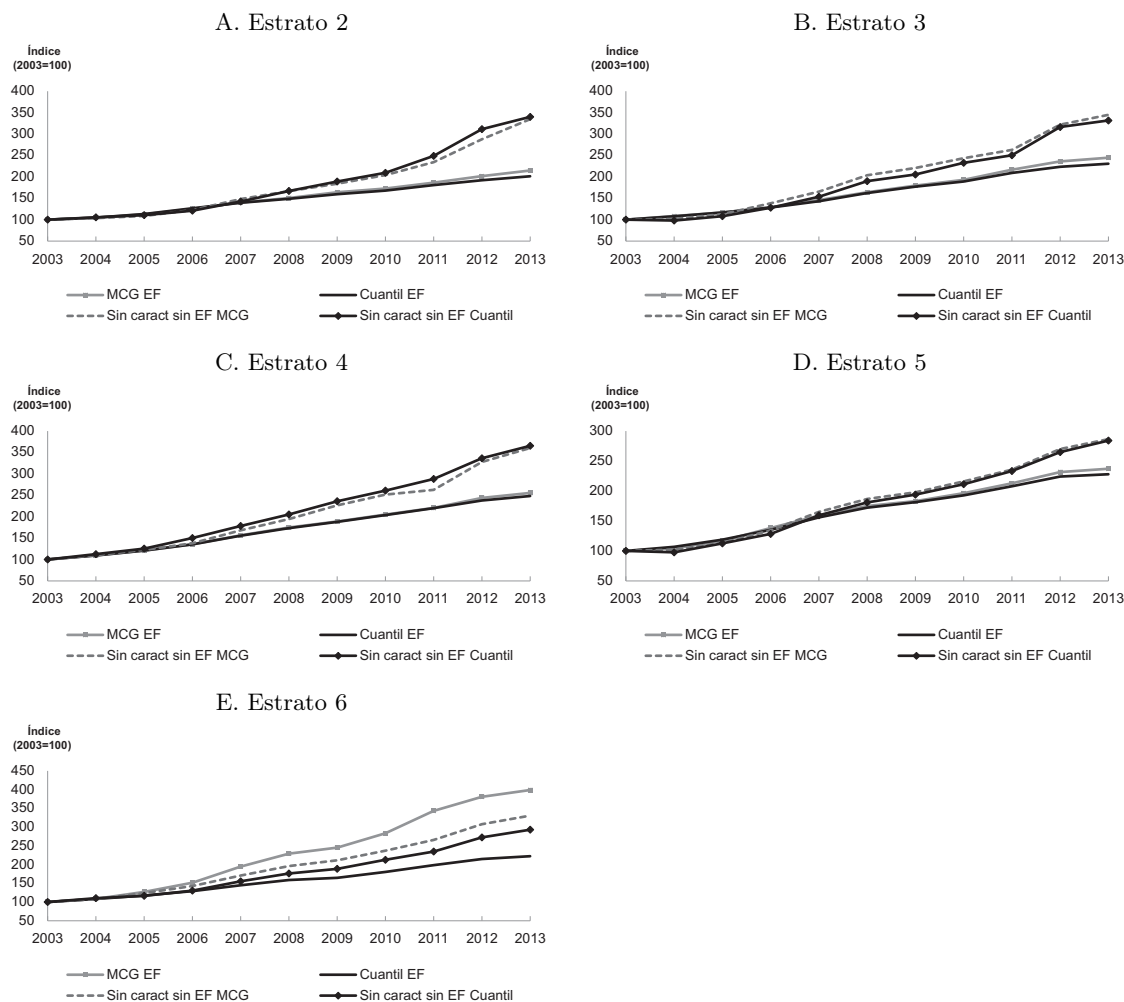
Fuente: La Galería Inmobiliaria, cálculos de los autores

Al comparar los índices estimados (MCG sin características y MCG con efectos fijos y características), se puede observar que el primero ha sido superior al segundo en los últimos años. En particular, durante 2012 el índice que no controla por características tuvo un aumento importante, mientras que el que sí lo hace, mostró una leve desaceleración; esto podría implicar que en este período hubo un incremento en la calidad de los inmuebles que llevó a un aumento del primer índice.

Adicional a los anteriores ejercicios, se construyeron índices de precios para los estratos 2 a 6, utilizando la especificación que solo incluye *dummies* de tiempo, así como la que controla por efectos fijos aditivos. Las estimaciones se hicieron empleando MCG y regresiones por cuantiles en la mediana (Gráfico 10).

Para los estratos 2 a 5, los índices de precios obtenidos de las estimaciones incluyendo efectos fijos son inferiores a los que no controlan por características, mostrando que los cambios en calidad de estos inmuebles han tenido efectos positivos en los precios de venta. Adicionalmente, los índices resultantes de las estimaciones para cada especificación, realizadas utilizando MCG y regresión por cuantiles son similares.

GRÁFICO 10: Índices de precios de la vivienda nueva por estratos



Fuente: La Galería Inmobiliaria, cálculos de los autores

Finalmente, para el estrato 6 se encontró que bajo los diferentes métodos de estimación (MCG y regresión por cuantiles) los índices obtenidos difieren entre sí, evidenciando que podría existir heterogeneidad en este segmento¹⁶. Asimismo, en este estrato se encuentra que mediante estimaciones por MCG, el índice que controla por calidad es superior al que no lo hace, mientras que, utilizando regresión por cuantiles en la media, ocurre lo contrario. Lo anterior podría explicarse por la heterogeneidad presente en este segmento, y además a que, posiblemente existan características que no estén recogidas en los efectos fijos que expliquen la variación en precios¹⁷.

Para modelar más a fondo el comportamiento del estrato 6, sería necesario incluir características diferentes a las que contiene nuestra base, buscando lograr una mejor especificación, así como emplear otros métodos de estimación no paramétricos que se ajusten mejor al comportamiento de los datos.

¹⁶Mientras que la regresión MCG busca aproximar el comportamiento medio, la regresión por cuantiles modela los datos medianos.

¹⁷Por ejemplo, se podrían encontrar grandes diferencias en la calidad de los materiales de las características de los inmuebles, así como la preferencia por ciertos atributos de lujo que posiblemente no están siendo consideradas dentro del modelo.

6. Conclusiones

En este trabajo se utilizó la metodología de precios hedónicos para estimar la variación de los precios de la vivienda nueva para Bogotá, entre 2003 y 2012, descontando el efecto del cambio en la calidad de los inmuebles. Para las estimaciones se empleó información de características observables y también se realizaron especificaciones incluyendo efectos fijos por proyecto inmobiliario.

Al comparar los índices calculados con los ya existentes para Colombia, se encontró que estos tienen tendencias y ciclos similares, aunque aquellos controlados por características, son inferiores. Lo anterior muestra que efectivamente hay cambios en la calidad de los inmuebles que deben ser considerados, para hacer un análisis más preciso de la evolución de los precios de la vivienda. Estos resultados se mantienen cuando se hace un análisis detallado por estrato socioeconómico, a excepción del estrato 6 donde ocurre lo contrario, evidenciando la heterogeneidad de este segmento.

Por otro lado, el análisis de los datos evidencia algunos cambios importantes en las características de los inmuebles durante el período analizado. En primer lugar, se aprecia una sustitución de casas por apartamentos que podría estar explicado por las restricciones de tierra en Bogotá, lo que ha llevado a los constructores a desarrollar principalmente proyectos de vivienda vertical. Esto se ha visto acompañado de una reducción en el área promedio de los inmuebles, la cual difiere significativamente entre estratos. Con respecto a las características de las viviendas, se observa que el número de garajes, y la disponibilidad de ciertos atributos como depósito, chimenea, ascensor, planta eléctrica y salón comunal, han aumentado en el tiempo.

Finalmente, es importante mencionar que este trabajo es una primera aproximación para el cálculo de índices de precios de la vivienda nueva, utilizando la metodología de precios hedónicos en Colombia, por lo que hay que seguir avanzando en el mejoramiento de las metodologías que se emplean para la estimación; además, se pueden incluir ejercicios para otras ciudades del país con el fin de obtener una visión del comportamiento del sector a nivel nacional.

Referencias

- Arbeláez, M., Steiner, R., Becerra, A. & Wills, D. (2011), Housing tenure and housing demand in Colombia, Working Paper 259, Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Bailey, M., Muth, R. & Nourse, H. (1969), 'A regression method for Real Estate Price Index Construction', *Journal of the American Statistical Association* .
- Bover, O. & Velilla, P. (2002), Hedonic house prices without characteristics: The case of new multiunit housing, Working Paper 117, European Central Bank.
- Cameron, A. & Trivedi, P. (2005), *Microeconometrics: Methods and Applications*, Cambridge University Press.
- Carriazo, F., Ready, R. & Shortle, J. (2011), 'Using frontier models to mitigate omitted variable bias in hedonic pricing models: a case study for air quality in Bogotá, Colombia', *Documentos CEDE* .
- Case, K. & Shiller, R. (1987), 'Prices of single-family homes since 1970: new indexes for four cities', *New England Economic Review* .
- Court, A. (1939), 'Hedonic price indexes with automotive examples', *Automobile Manufactures Association* .
- Crone, T. M. & Voith, R. P. (1992), 'Estimating house price appreciation: A comparison of methods', *Journal of Housing Economics* pp. 324–338.
- Escobar, J., Huertas, C., Mora, D. & Romero, J. (2005), Índice de Precios de la Vivienda Usada en Colombia, Borrador de economía, Banco de la República.
- Eurostat (2013), 'Handbook on Residential Property Price Indices (RPPI)', *Methodologies and Working Papers* .
- Gatzlaff, D. H. & Ling, D. C. (1994), 'Measuring changes in local house prices: An empirical investigation of alternative methodologies', *Journal of Urban Economics* (35), 221–244.
- Goodhart, C. & Hofmann, B. (2007), Financial Conditions Indices, in 'House Prices and the Macroeconomy: Implications for Banking and Price Stability', Oxford University Press.
- Griliches, Z. (1961), Hedonic price indexes for automobiles: An econometric analysis of quality change, Technical report, The Price Statistics of the Federal Government.
- Gujarati, D. (2004), *Econometría*, Mc Graw Hill.
- Hill, R. (2011), 'Hedonic Price Indexes for housing', *Statistics Working Papers* .
- Hofmann, B. (2001), 'The determinants of private sector credit in industrialised countries: Do property prices matter?', *BIS Working Papers* (108).
- Idrovo, B. & Lennon, J. (2011), 'Índice de precios de viviendas nuevas para el gran santiago', (Working Paper No.65).
- Knight, J. R., Dombrow, J. & Sirmans, C. F. (1995), 'A varying parameters approach to constructing house price indexes', *Real Estate Economics* **23**(2), 187–205.

- Morales, L. & Arias, F. (2011), 'La calidad de la vivienda en Bogotá: Enfoque de precios hedónicos de hogares y de agregados espaciales', *Sociedad y Economía* .
- Quigley, J. (1995), 'A simple hybrid model for estimating Real Estate Price Indexes', *Journal of Housing Economics* (4).
- Revollo, D. (2009), 'Calidad de la vivienda a partir de la metodología de precios hedónicos para la ciudad de Bogotá-Colombia', *Revista Digital Universitaria* **10**(7).
- Rosen, S. (1974), 'Hedonic prices and implicit markets: Product differentiation in pure competition', *Journal of Political Economy* .
- Santana, L. & Núñez, L. (2011), 'Una aproximación hedónica al efecto de las preferencias por segregación en el precio del suelo urbano en Bogotá', *Equidad y Desarrollo* (16).
- Syz, J. (2008), *Property Derivatives: Pricing, Hedging and applications*, John Wiley and Sons Inc.
- Wallace, N. (1996), 'Hedonic-based price indexes for housing: Theory, estimation, and index construction', *Economic Review* pp. 34–48.

CUADRO 3: Modelo sin efectos fijos no ajustado por calidad

	MCG	Cuantiles
	lnp	
constante	9.938*** (1289.5)	9.448*** (1193.14)
lna	1.821*** (1020.38)	1.936*** (1169.32)
t2	0.115*** (41.06)	0.143*** (32.2)
t3	0.127*** (42.57)	0.169*** (32.47)
t4	0.208*** (74.54)	0.232*** (49.76)
t5	0.415*** (162.83)	0.439*** (111.48)
t6	0.617*** (239.08)	0.601*** (129.99)
t7	0.758*** (263.13)	0.758*** (193.18)
t8	0.856*** (311.23)	0.868*** (219.96)
t9	0.942*** (335.71)	0.950*** (265.02)
t10	1.066*** (363.4)	1.085*** -311.31
t11	1.290*** (430.43)	1.248*** (255.23)
t12	1.382*** (278.51)	1.336*** (176.34)
N	432932	432932
R-sq	0.803	
adj. R-sq	0.803	
ps. R-sq		0.5948

Estadísticos t en paréntesis

* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

CUADRO 4: Modelo sin efectos fijos ajustado por calidad

	MCG	Cuantiles		MCG	Cuantiles		MCG	Cuantiles
	lnp			lnp			lnp	
constante	13.71*** (1843.2)	13.69*** (1524.94)	est 3	0.256*** (264.41)	0.241*** (179.03)	shut	0.0405*** (37.5)	0.0476*** (35.45)
t2	0.0290*** (18.47)	0.0334*** (16.56)	est 4	0.435*** (285.57)	0.397*** (230.23)	tanque agua	0.0419*** (43.24)	0.0547*** (46.37)
t3	0.0682*** (40.91)	0.0711*** (36.02)	est 5	0.590*** (265.22)	0.541*** (228.94)	horno gas	0.0231*** (22.41)	0.0101*** (9.22)
t4	0.152*** (105.43)	0.143*** (66.06)	est 6	0.872*** (281.44)	0.836*** (276.01)	tina	0.0452*** (23.68)	0.0466*** (21.48)
t5	0.291*** (222.09) †	0.283*** (148.14)	num baños	0.0918*** (94.41)	0.0947*** (98.81)	cb de serv	0.0334*** (15.73)	0.0155*** (7.23)
t6	0.454*** (339.42)	0.447*** (203.32)	estufa gas	0.108*** (65.72)	0.0726*** (51.29)	estudio	0.00351*** (4.1)	0.0190*** (15.41)
t7	0.584*** (386.91)	0.587*** (258.07)	depósito	0.0582*** (61.36)	0.0666*** (59.76)	num. garajes	0.0317*** (67.65)	0.0251*** (40.89)
t8	0.660*** (440.3)	0.676*** (389.87)	canchas/gimn	0.0259*** (28.66)	0.0100*** (9.82)	piso	0.00432*** (41.47)	0.00385*** (31.5)
t9	0.747*** (484.14)	0.755*** (369.42)	ascensor	0.166*** (151.33)	0.135*** (80.81)	extractor	0.118*** (77.8)	0.143*** (97.51)
t10	0.847*** (482.01)	0.871*** (470.21)	planta eléct	0.0461*** (46.9)	0.0659*** (47.28)	inst sec	0.0442*** (34.27)	0.0710*** (54.46)
t11	1.011*** (614.16)	1.012*** (496.38)	chimenea	0.0278*** (21.73)	0.00973*** (9.14)	calentador gas	0.0268*** (23.1)	0.0410*** (28.02)
t12	1.083*** (431.46)	1.065*** (395.99)	cocina int	0.0206*** (29.99)	0.0335*** (37.17)	lna	0.763*** (383.24)	0.772*** (336.42)
N	432932							
R-sq	0.952							
adj. R-sq	0.952							
ps. R-sq	0.8097							

Estadísticos t en paréntesis

* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

CUADRO 5: Modelo con efectos fijos aditivos sin ajustar por características específicas de los proyectos

	MCG	Cuantiles
	lnp	
lna	0.839*** (399.53)	0.906*** (50.57)
t2	0.0756*** (67.21)	0.0867*** (64.32)
t3	0.146*** (100.03)	0.163*** (15.27)
t4	0.236*** (134.23)	0.248*** (43.89)
t5	0.355*** (172.53)	0.354*** (15.72)
t6	0.499*** (184.44)	0.482*** (18.13)
t7	0.607*** (191.50)	0.585*** (22.05)
t8	0.688*** (195.35)	0.663*** (27.52)
t9	0.764*** (192.64)	0.730*** (22.52)
t10	0.861*** (182.32)	0.816*** (35.65)
t11	0.952*** (190.57)	0.888*** (31.89)
t12	0.996*** (195.24)	0.922*** (23.62)
	(0.43)	(-0.13)
N	327103	327103
R-sq	0.748	
adj. R-sq	0.748	

Estadísticos t en paréntesis

* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

CUADRO 6: Modelo con efectos fijos aditivos

	MCG	Cuantiles		MCG	Cuantiles
	lnp				
lna	0.751***	0.836***	num baños	0.0450***	0.0374***
	(301.37)	(508.84)		(39.93)	(43.95)
t2	0.0750***	0.0902***	cb de serv	0.0290***	0.0205***
	(68.10)	(94.18)		(12.70)	(13.00)
t3	0.148***	0.165***	estudio	0.0396***	0.0277***
	(103.22)	(165.70)		(43.41)	(36.86)
t4	0.239***	0.251***	piso	-0.000321	0.000180
	(138.52)	(264.37)		(-1.86)	(1.51)
t5	0.357***	0.355***	deposito	0.0203***	0.0107***
	(175.26)	(301.52)		(11.88)	(9.33)
t6	0.503***	0.488***			
	(187.52)	(406.54)			
t7	0.609***	0.586***			
	(193.77)	(376.25)			
t8	0.692***	0.665***			
	(197.90)	(411.80)			
t9	0.768***	0.732***			
	(194.91)	(424.30)			
t10	0.865***	0.817***			
	(183.87)	(429.66)			
t11	0.954***	0.888***			
	(191.46)	(427.33)			
t12	0.999***	0.923***			
	(196.32)	(370.96)			
N	327103	327103			
R-sq	0.755				
adj. R-sq	0.755				

Estadísticos t en paréntesis

* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001

CUADRO 7: Modelo con efectos fijos aditivos y mutiplicativos

	MCG
	lnp
t2	0.0840*** (80.39)
t3	0.160*** (120.88)
t4	0.247*** (149.49)
t5	0.361*** (172.00)
t6	0.502*** (180.61)
t7	0.612*** (186.61)
t8	0.696*** (189.77)
t9	0.774*** (186.23)
t10	0.867*** (174.79)
t11	0.948*** (181.80)
t12	0.992*** (187.11)
N	327111
R-sq	0.484
adj. R-sq	0.484

Estadísticos t en paréntesis

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001