El efecto del endeudamiento hipotecario sobre los precios de vivienda en Colombia: un enfoque de agentes diferenciados*

Juan David Durán Vanegas**

Abstract

An increasing amount of economic literature has stressed the relationship between strong housing price appreciation and demand for real estate investment. Following these findings, this research seeks to determinate the effect of mortgage credit on housing prices in Colombia with a framework of heterogeneous agents regarding the occupancy type. The hypothesis states that mortgage credit has a positive and statistically significant effect on housing prices when the activity of real estate investors gains importance. The methodology involves the estimation of threshold univariate and threshold vector autoregressive models during the period March 1988 - December 2015. Results imply that mortgage credit had a positive and statistically significant effect on housing prices when proxies of the presence of real estate investors exceed the estimated thresholds.

Resumen

Una cantidad creciente de literatura económica ha identificado la relación entre las fuertes valoraciones de los precios y la demanda por inversión en los mercados de vivienda. Siguiendo esta línea, este trabajo tiene como objeto determinar la influencia del crédito hipotecario sobre los precios de vivienda en Colombia teniendo en cuenta un enfoque de agentes diferenciados respecto a su propósito de compra. La hipótesis afirma que el crédito hipotecario ejerce una influencia estadísticamente significativa y positiva sobre los precios de vivienda en momentos en que la actividad de los agentes inversionistas cobra importancia en el mercado. La metodología propuesta consiste en la estimación de modelos econométricos uniecuacionales y de vectores autorregresivos de umbrales para el período comprendido entre marzo de 1988 y diciembre de 2015. Los resultados sugieren que el crédito tuvo un efecto importante y positivo sobre el comportamiento de los precios en momentos en que medidas aproximadas de la presencia de agentes inversionistas excede los umbrales estimados.

El efecto del endeudamiento hipotecario sobre los precios de vivienda en Colombia: un enfoque de agentes diferenciados
The effect of mortgage indebtedness over home prices in Colombia: a differential agent approach

Keywords: Housing Prices, Mortgages, Housing Finance, Threshold Models, TVAR
Palabras clave: Precios de vivienda, Crédito hipotecario, Modelos de umbrales, TVAR
Clasificación JEL: D12, D14, D40, D52, G21

Primera versión recibida el 30 de junio de 2017; versión final aceptada el 8 de agosto de 2017
Coyuntura Económica. Vol. XLVI, No. 2, Diciembre de 2016, pp. 41-75. Fedesarrollo, Bogotá - Colombia

* Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de: Magister en Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Colombia.

** Agradezco inmensamente la guía de Natalia Salazar desde la dirección de este trabajo. La construcción del mismo se debe en gran medida a las discusiones, comentarios y sugerencias de Constanza Eraso, Diego Rojas, Viviana Alvarado y Michael Lea. Aprecio el apoyo y la ayuda que recibí de José Manuel Gómez y Martha Elena Delgado. Finalmente, agradezco las observaciones y los aportes de Roberto Steiner, Leonardo Villar, Juan Pablo Herrera y Munir Jalil.

Volumen XLVI | No. 2 | Diciembre de 2016 | pp. 41-74

I. Introducción

Un rasgo distintivo de los episodios de fuertes apreciaciones de los precios de vivienda es la correlación entre estas valorizaciones y la demanda por inversión (Mayer, 2011). En efecto, varios trabajos recientes han identificado la presencia de inversionistas, definidos de forma general como agentes que adquieren viviendas con fines distintos al de ocupación, como un factor que explica el incremento de los precios por encima de los valores consistentes con sus fundamentales económicos subyacentes. En particular, un subgrupo de esta literatura se ha enfocado en el rol del crédito hipotecario como propagador del efecto de la inversión sobre los precios de vivienda (Barlevy y Fisher, 2011; Haughwout, Lee, Tracy y Klaauw, 2011; Gao y Li, 2012).

Siguiendo esta línea de investigación, el objetivo de este trabajo es determinar la influencia del crédito hipotecario sobre los precios de vivienda en Colombia teniendo en cuenta un enfoque de agentes diferenciados respecto a su propósito de compra. Así pues, se busca establecer el efecto del crédito para adquisición de vivienda sobre los precios en distintos escenarios que dependen de la participación de agentes inversionistas en el mercado.

La hipótesis del trabajo afirma que el crédito hipotecario ejerce una influencia estadísticamente significativa y positiva sobre los precios de vivienda en momentos en que la actividad de los agentes inversionistas cobra importancia en el mercado. Consecuentemente, este efecto estimado debería ser menor en el resto de períodos a lo largo del tiempo.

Esta hipótesis se basa en el hecho de que el crédito puede permitir una dinámica de retroalimentación entre la demanda por inversión y la valorización de los precios. Esto se debe a que mayores expectativas de valorización inducen aumentos en el apalancamiento de crédito, lo que eleva el monto ofrecido para adquirir los inmuebles (Haughwout *et al*., 2011). Así mismo, la apreciación del precio de mercado de las viviendas genera incrementos en el capital de los propietarios, lo que facilita la adquisición de nuevas hipotecas (Chakrabarti, Lee, Klaauw y Zafar, 2011).

La metodología propuesta consiste en la estimación de modelos econométricos de umbrales para el período comprendido entre marzo de 1988 y diciembre de 2015 para determinar el efecto del crédito sobre el crecimiento de los precios teniendo en cuenta el estado de la participación de agentes inversionistas en el sistema crediticio y otros fundamentales subyacentes de mercado. Este tipo de técnicas permiten separar la muestra en distintos regímenes o grupos que dependen del comportamiento de una variable umbral e identificar efectos diferenciados en cada escenario. La estrategia involucra la estimación de modelos uniecuacionales que capturan el efecto promedio de las variables en

el tiempo y modelos de vectores autorregresivos con umbrales (TVAR, por sus siglas en inglés) que reflejan las relaciones dinámicas entre las variables.

En línea con la hipótesis planteada, los resultados sugieren que el crédito tuvo un efecto importante y positivo sobre el comportamiento de los precios en momentos en que la presencia de agentes inversionistas en el mercado de vivienda fue suficientemente alta (*i.e.*, excedió los umbrales estimados). Por su parte, el efecto estimado para los períodos restantes, en los que la participación de estos agentes fue menos relevante, no resulta ser significativo.

El desarrollo de esta investigación para el caso colombiano es importante por varias razones. En primer lugar, los episodios de alto crecimiento de los precios de vivienda que se han registrado en la economía colombiana han motivado la ejecución de varios estudios sobre posibles desalineamientos de los precios respecto a los fundamentales o la presencia de burbujas de precios en el mercado de vivienda (Salazar, Steiner, Becerra y Ramírez, 2013; Gómez, Ojeda, Rey y Sicard, 2013; Franco, González, Ojeda y Torres, 2014). En ese sentido, este trabajo amplía el análisis sobre los determinantes de los precios de vivienda en Colombia y los posibles motivos que explican su desviación de los niveles consistentes con los fundamentales de mercado. Adicionalmente, de acuerdo al conocimiento del autor sobre la literatura existente, este trabajo es el primero en aproximar el efecto de la actividad de los agentes inversionistas sobre los precios a través del crédito hipotecario en una economía emergente.

El documento está organizado en siete secciones: la primera sección presenta el marco teórico partiendo de consideraciones conceptuales más generales sobre la influencia de la heterogeneidad de agentes en la determinación de precios en los mercados de activos; en la segunda sección se plantea la metodología del trabajo; la tercera sección describe la base de datos empleada y la justificación para la selección del período de estudio; en la cuarta sección se presentan los resultados y algunas limitaciones a tener en cuenta sobre los mismos; la última sección deriva algunas recomendaciones de política; la séptima sección contiene ciertas consideraciones finales y concluye.

II. Marco teórico

A. Agentes heterogéneos y determinación de precios

La heterogeneidad de agentes ha sido un rasgo característico en una gran cantidad de literatura económica sobre la determinación de precios en los mercados de activos (Xiong, 2013). Al respecto, Black (1986) distingue entre aquellos agentes que operan en el mercado con base en información sobre el precio de los activos y aquellos que actúan sin acceso a dicha información. Dada esta diferenciación, este último tipo de agentes ejecuta

sus transacciones sobre el *ruido*, entendido como el conjunto de factores que genera observaciones imperfectas sobre el comportamiento de los activos. Así pues, se distingue un grupo de *agentes informados* de otro de *agentes ruidosos*[1].

Partiendo de esta categorización, Black (1986) sugiere que las diferencias en las creencias que resultan de la distribución asimétrica de la información, y que implican la presencia de ruido, posibilitan las transacciones de los activos y generan liquidez en el mercado. Sin embargo, las transacciones de los agentes ruidosos imprimen a su vez ruido en los precios, alejando el precio de mercado del valor consistente con sus fundamentales subyacentes e incrementando la volatilidad de las cotizaciones.

Mientras algunos autores sugieren que el arbitraje de precios elimina necesariamente estas divergencias desestabilizadoras en tanto provienen de prácticas especulativas insostenibles en el tiempo (Friedman, 1953; Fama, 1965), un número considerable de trabajos muestran que el comportamiento de los agentes ruidosos pueden afectar de manera significativa la formación de precios en los mercados[2] (Xiong, 2013). Así pues, en términos de Bayer, Geissler y Roberts (2015), la teoría financiera moderna reconoce un rango más amplio de *agentes especuladores* dentro del que se encuentran tanto los participantes con acceso superior a la información que incrementan la eficiencia del mercado, como ciertos actores ruidosos cuyas expectativas no se encuentran completamente justificadas por los fundamentales de mercado.

En ese sentido, existen diversos factores que pueden limitar la capacidad de los agentes informados para arbitrar en el mercado y explotar las oportunidades de las percepciones infundadas de los agentes ruidosos. Por ejemplo, los agentes informados pueden ser aversos al riesgo de mercado, lo que limita sus posiciones de demanda de activos y, consecuentemente, acota su capacidad de arbitraje (Figlewski, 1979; Campbell y Kyle, 1987). Adicionalmente, la movilidad imperfecta de los capitales de inversión puede reducir las posibilidades de aprovechar las oportunidades de arbitraje debido a las barreras de información (Bolton, Santos y Scheinkman, 2011), las fricciones en los procesos de búsqueda (Duffie, Garleanu y Pedersen, 2005), los problemas de agencia (Shleifer y Vishny, 1997), entre otros factores.

---

1 Cabe destacar que la distinción entre este tipo de agentes en términos empíricos resulta complicada. Black (1986) sostiene que los agentes informados no pueden estar seguros de estar comerciando con base en la información por lo que los precios reflejan tanto los fundamentales subyacentes como el ruido.

2 Frankel y Froot (1990) afirman que el contraejemplo más simple al argumento de estabilización mediante el arbitraje se basa en la teoría de burbujas financieras especulativas y racionales, en donde los participantes de mercado experimentan pérdidas sustanciales si no actúan de acuerdo a comportamientos de manada.

Al respecto, De Long, Shleifer, Summers y Waldmann (1990) muestran cómo incluso en ausencia del riesgo de mercado, el riesgo de que las creencias de los agentes ruidosos no se reviertan por un lapso de tiempo amplio limita la capacidad de arbitraje de los agentes informados con horizontes de inversión cortos. De esta manera, el cambio en las opiniones de los agentes ruidosos genera el denominado *riesgo de agentes ruidosos*, que incrementa las primas por riesgo de los activos y, en presencia de aversión al riesgo por parte de los agentes informados, abre espacio a mayor participación de los agentes ruidosos en el mercado. En este contexto, las transacciones ruidosas pueden llevar a una divergencia importante entre los precios de mercado y los valores consistentes con los fundamentales subyacentes. En una línea similar, Reitz y Taylor (2008) sugieren que una vez que la divergencia entre precios y fundamentales ocurre, los agentes informados pueden abandonar progresivamente el mercado debido a pérdidas de confianza, credibilidad y liquidez, lo que deriva en una mayor influencia de las operaciones de los agentes ruidosos.

La incorporación de la de heterogeneidad de agentes en los modelos sobre determinación de precios ha derivado en varios enfoques conceptuales. En principio, varios trabajos se han concentrado en los factores psicológicos y comportamentales que dan lugar a las creencias diferenciadas. En este sentido, Hirshleifer (2001) observa que los supuestos de los modelos con agentes heterogéneos reflejan de forma implícita su psicología y que varios desarrollos recientes han tratado de modelar explícitamente el proceso de toma de decisiones (Barberis y Thaler, 2003; Shiller, 2005).

Por su parte, tomando como dadas las fuentes de heterogeneidad, el énfasis puede darse en la asimetría entre agentes y su efecto sobre los precios (Harrison y Kreps, 1978; Hong y Stein, 2007). Esta heterogeneidad puede resultar de distintos factores, como la falta de experiencia (Greenwood y Nagel, 2009) o el acceso a la información de mercado (Hong, Scheinkman y Xiong, 2009) por parte de ciertos agentes que tratan de involucrarse en transacciones especulativas.

Ahora bien, otros trabajos han destacado los efectos de la presencia de agentes heterogéneos sobre la formación de precios a través del crédito. Al respecto, Allen y Gale (2000) sostienen que el crédito permite la inversión en activos financieros o reales, lo que eleva sus precios de mercado. Así pues, los agentes inversionistas observan mayor atractivo en llevar a cabo la compra de estos activos conforme se materializan las valoraciones en la medida en que las pérdidas esperadas pueden compensarse parcialmente mediante comportamientos de mora o *default* estratégico sobre los créditos.

Geanakoplos (2003; 2010), por su parte, desarrolla una teoría de ciclos de apalancamiento en la que los agentes con mayores expectativas de valorización contraen préstamos con altos niveles de endeudamiento para efectuar las compras de los

activos, lo que incrementa los precios de mercado[3]. Esta tendencia ascendente permanece hasta que surgen choques que contraen la oferta de crédito, generando pérdidas de capital y precipitando ventas forzosas por parte de los agentes más optimistas (Fostel y Geanakoplos, 2013).

B. Agentes heterogéneos en el mercado de vivienda: consideraciones conceptuales

La vivienda posee características muy particulares que la diferencian de la mayoría de activos de inversión. En primer lugar, se trata de un bien mixto que puede ser de consumo pues provee flujos de servicios por su ocupación, así como de inversión en tanto preserva, en general, su valor en el tiempo. Así mismo, los mercados de vivienda se ajustan mediante procesos lentos que involucran costos de transacción considerables en términos de búsqueda y negociación (Glaeser y Nathanson, 2014). Adicionalmente, la vivienda concentra la mayor parte de la riqueza de los hogares, incide de forma importante en el crecimiento de un gran número de economías y el desempeño de su mercado está fuertemente ligado los ciclos económicos (Leamer, 2007).

Aun cuando existen estas diferencias entre la vivienda y otros activos financieros, recientemente varios trabajos se han enfocado en la influencia de la heterogeneidad de los agentes de mercado sobre los movimientos de los precios de vivienda, dada la posibilidad de que dichos movimientos sean inconsistentes con la evolución de los fundamentales subyacentes[4] (Mayer, 2011).

En ese sentido, la heterogeneidad de agentes se ha empleado comúnmente en este tipo de trabajos mediante la diferenciación entre agentes que adquieren las viviendas con el fin de habitarlas y aquellos que persiguen fines de inversión especulativa[5]. La definición de este último tipo de agentes como especuladores reviste cierta dificultad en la medida

[3] La diferencia en las expectativas de los agentes sobre el comportamiento del precio de los activos, que marca la diferencia entre agentes optimistas y pesimistas en este tipo de modelos, es solo una de las posibles fuentes de heterogeneidad. Fostel y Geanakoplos (2013) afirman que la conexión entre apalancamiento y precios no depende exclusivamente de las creencias diferenciadas sino de otros motivos de heterogeneidad como la tolerancia al riesgo, productividad en el uso de los activos, preferencia por el uso de los mismos, entre otros.

[4] Dentro de los fundamentales de los precios de la vivienda identificados en la literatura cabe destacar el costo de uso (dentro del que se incluyen costos de mantenimiento y costos de oportunidad de uso del capital corregidos por impuestos) (Poterba, 1984); costos de construcción, restricciones en el uso del suelo y elasticidades de oferta (Glaeser y Gyourko, 2005); tendencias poblacionales y niveles de ingreso disponible (Van Nieuwerburg y Weil, 2007); tasas de interés y condiciones de crédito (Hubbard y Mayer, 2009; Glaeser, Gottlieb y Gyourko, 2010)

[5] El término inversión-especulación se emplea para distinguir las compras de vivienda para ocupación del resto de transacciones. Este concepto no implica que este tipo de agentes puedan catalogarse directamente como irracionales (Chinco y Mayer, 2015) o agentes ruidosos en los términos antes expuestos. Más adelante se presentará una definición precisa de estos agentes para el alcance de este trabajo y su respectiva motivación.

en que la adquisición de vivienda para usos distintos al de ocupación involucra un universo variado de actores (compra para recreación, arrendamiento, venta, entre otras). A pesar de esta diversidad, la distinción de los agentes que adquieren viviendas para fines distintos al de ocupación es importante puesto que en estos casos los inmuebles funcionan mayormente como activos de inversión (Gao y Li, 2012). Por consiguiente, en términos relativos, el retorno de la inversión de estos agentes depende más de la apreciación del capital, lo que lleva a suponer que su demanda es más elástica al precio (Chinco y Mayer, 2015; Gao y Li, 2012).

Bayer *et al*. (2015), por ejemplo, distinguen entre distintos tipos de inversionistas, empleando una diferenciación similar a la de Black (1986) y sugieren que ciertos agentes pueden involucrarse en actividades de inversión al identificar oportunidades para adquirir inmuebles a bajo precio y proveer liquidez en el mercado a lo largo del ciclo (agentes intermediarios), mientras que los agentes especuladores o ruidosos requieren que la expectativa de apreciación sea lo suficientemente alta para justificar su entrada en el mercado. Así, la operación de estos agentes se activa en ciertos períodos de valorización en los que pueden generarse incrementos progresivos entre la demanda de inversión y el incremento de precios.

De hecho, en un contexto de precios al alza, es posible que la entrada de inversionistas informados al mercado se convierta en una estrategia rentable, de forma que se tome provecho de las apreciaciones y se realicen las ventas respectivas antes de que los precios regresen a los niveles consistentes con sus fundamentales de mercado (Bayer *et al.*, 2015; Brunnermeier y Nagel, 2004). Por consiguiente, pueden configurarse escenarios en los que la entrada de agentes ruidosos implique incrementos progresivos en los precios de vivienda observados que no correspondan a la evolución de los fundamentales de mercado.

Esta tendencia puede reforzarse por el hecho de que las expectativas de valorización pueden inducir aumentos en el apalancamiento de crédito, lo que permite elevar el monto ofrecido para adquirir las viviendas (Haughwout *et al.*, 2011). Adicionalmente, la apreciación del valor de los inmuebles conlleva incrementos en el capital de los propietarios de vivienda, lo que facilita la adquisición de nuevas hipotecas y otros productos crediticios (Chakrabarti *et al.*, 2011). Por consiguiente, la actividad de los agentes inversionistas no solo puede afectar la dinámica de los mercados de vivienda, sino tener consecuencias sobre la estabilidad del sistema financiero.

C. Agentes heterogéneos en el mercado de vivienda: evidencia empírica

La evidencia empírica de la influencia de este tipo de agentes sobre la formación de los precios de vivienda incluye una cantidad reducida pero creciente de literatura. El trabajo de Wheaton y

Nechayev (2008) es pionero en este campo puesto que muestra que el incremento de los precios del mercado estadounidense entre 1998 y 2005 no es explicado por los fundamentales regularmente identificados (ingreso, empleo, tasas de interés, entre otros). Por su parte, se presenta evidencia de que los errores de pronóstico de los modelos de series de tiempo empleados están asociados con las compras de segunda vivienda y otros propósitos de inversión, así como el uso de hipotecas *sub-prime* y estándares más laxos de otorgamiento de crédito.

Ahora bien, este trabajo se relaciona especialmente con Barlevy y Fisher (2011), Haughwout *et al*. (2011), y Gao y Li (2012) en la medida en que el análisis de la influencia de la heterogeneidad de agentes se enfoca en el rol del mercado de crédito. Barlevy y Fisher (2011) desarrollan un modelo teórico en el que la inversión especulativa está asociada al uso de créditos hipotecarios con cuotas destinadas únicamente al pago de intereses, y muestran que el uso de este tipo de instrumentos financieros es un predictor robusto del aumento de precios de vivienda en algunas ciudades de Estados Unidos entre 2000 y 2008 mediante la estimación de modelos de series de tiempo y cortes transversales. Los resultados son interpretados por los autores como evidencia del rol de la especulación como determinante de la aceleración de los precios de vivienda en estos mercados.

Siguiendo una línea similar, Haughwout *et al.* (2011) emplean información de reportes de crédito para documentar cómo la participación de inversionistas, definidos como deudores con más de dos hipotecas, estuvo asociada con el comportamiento de auge y caída de los precios en el mercado de vivienda estadounidense entre 2000 y 2010. En particular, estos autores encuentran patrones consistentes con la teoría del ciclo de apalancamiento de Geneakoplos (1997; 2003; 2010) en la medida en que el incremento de los precios de vivienda estuvo relacionado con un cambio en la composición del mercado de hipotecas a favor de los agentes inversionistas. De hecho, los préstamos de estos agentes llegaron a representar cerca del 45% de las originaciones de crédito en los estados con mayores incrementos en los precios de vivienda. Igualmente, las obligaciones de este tipo de agentes mostraron mayores niveles de endeudamiento e impago en comparación a los agentes que mantenían una única hipoteca.

Gao y Li (2012) también emplean bases de datos sobre aplicaciones y desempeño de créditos hipotecarios en Estados Unidos para un período similar. Sus resultados, obtenidos a través de la estimación de modelos de series de tiempo con efectos fijos de área, sugieren que la demanda de vivienda para inversión explica cerca del 12% del incremento de los precios entre 2000 y 2005. Al igual que Haughwout *et al.* (2011), estos autores encuentran que los préstamos para adquirir viviendas de inversión presentaron un comportamiento inferior en términos de impago y, curiosamente, tendieron a emplear productos de financiación estandarizados y con altas calificaciones iniciales de crédito.

Otros trabajos han explorado las transacciones individuales de vivienda sin un énfasis particular en el crédito. Bayer *et al.* (2015), por ejemplo, desarrollan un estudio para el mercado de vivienda de la ciudad de Los Ángeles, Estados Unidos, en el período 1988-2008 utilizando este tipo de información. La disponibilidad de los datos les permite analizar con mayor profundidad el universo de inversionistas, distinguiendo desde compradores de segunda vivienda a agentes que adquieren inmuebles y los venden en períodos cortos de tiempo (dos años, en principio). Los resultados, obtenidos mediante estimaciones de series de tiempo, sugieren que los inversionistas menos experimentados (con menor número de inmuebles adquiridos) operan en tiempos de auge de precios, obtienen sus retornos por la tenencia relativamente más prolongada de las viviendas e identifican los sub-mercados con mayores valorizaciones. Los inversionistas más experimentados, por el contrario, están activos a lo largo del ciclo, realizan transacciones en diferentes ubicaciones geográficas y ganan los retornos de la inversión comprando inmuebles de bajo precio. La evidencia presentada por estos autores sugiere que la entrada del primer grupo de agentes inversionistas al mercado está fuertemente asociada al incremento de los precios de vivienda de las zonas involucradas mientras que no existen relaciones significativas entre estas apreciaciones y la presencia del segundo tipo de agentes.

El trabajo de Chinco y Mayer (2015) sigue una línea similar, aunque su aproximación se enfoca en los diferenciales de información que pueden surgir entre los agentes locales y aquellos que residen en ubicaciones diferentes a la ciudad donde se localizan las viviendas adquiridas (denominados agentes distantes). Haciendo uso de información sobre transacciones individuales para el período 2000-2007 y modelos de series de tiempo con efectos fijos de área, los autores encuentran que el incremento en la demanda de los agentes distantes predice satisfactoriamente el aumento en los precios de vivienda en los mercados de Estados Unidos.

Finalmente, cabe destacar otras aproximaciones alternativas que se basan en una intuición similar. Nathanson y Zwick (2017), por ejemplo, sostienen que la heterogeneidad de creencias o el desacuerdo sobre el estado de los fundamentales de mercado pueden amplificar los ciclos de precio al generar sesgos a favor de las valoraciones más optimistas. Estas tendencias especulativas tendrían más espacio para manifestarse en ciudades con menores restricciones de largo plazo para la construcción, hipótesis que se documenta para el caso de Estados Unidos entre 2000 y 2006. Soo (2015), por su parte, crea una medición del sentimiento de los inversionistas del mercado de vivienda estadounidense mediante análisis textual aplicado a la prensa local. Sus resultados indican que esta medición predice de forma robusta el incremento de los precios y explica cerca del 70% de su variación después de controlar por el comportamiento de un conjunto de fundamentales de mercado en modelos econométricos estimados para el período 2000-2012.

III. Metodología

La hipótesis de este trabajo implica que el crédito debería ejercer una influencia positiva y considerable sobre el comportamiento de los precios de vivienda en períodos en los que la expectativa de valorizaciones induzca una presencia suficiente importante de agentes inversionistas en el mercado. La verificación de esta hipótesis implica abordar dos aspectos importantes: i) la definición de agentes inversionistas y ii) el tratamiento empírico para determinar el efecto de estos agentes sobre los precios a través del crédito de vivienda.

Siguiendo varias aproximaciones de la literatura y teniendo en cuenta la disponibilidad de información, los agentes inversionistas se definen como los deudores que al contraer nuevas obligaciones de crédito acumulan dos, tres o más hipotecas (Haughwout *et al.*, 2011; Gao y Li, 2012).

La selección de la estrategia empírica, por su parte, debe lidiar con la cuestión de qué participación de inversionistas puede considerarse *suficientemente importante* para caracterizar los distintos episodios de mercado y estimar el efecto del crédito sobre los créditos en cada caso. El problema en sí mismo sugiere que es conveniente entonces determinar un *umbral* sobre la medida de la presencia de inversionistas que separe la muestra en los distintos episodios de mercado y permita evaluar los efectos de las variables de interés de forma diferenciada.

Los modelos de umbrales son altamente convenientes para estos propósitos por varios motivos. En primer lugar, esta metodología cumple el objetivo deseado en tanto permite separar la muestra en distintos grupos o regímenes de acuerdo al comportamiento de una variable umbral y estimar las relaciones entre las variables para cada régimen (Hansen, 2000). En segundo lugar, esta aproximación parte la verificación de la existencia de efectos diferenciados de las variables (o *efectos umbral*) en comparación a la alternativa lineal (Hansen, 2011), lo que permite contrastar la hipótesis de forma más directa. En tercer lugar, y de acuerdo a lo anterior, el valor del umbral no es arbitrario, sino que resulta del uso de técnicas econométricas que seleccionan la forma funcional que se ajusta en mejor medida a la naturaleza de los datos.

Por estos motivos, en este trabajo se realiza la estimación de modelos de umbrales incorporando la presencia de inversionistas como variable umbral. Los modelos se especifican de dos formas, como se describe a continuación.

A. Modelos uniecuacionales

Los modelos univariados de una etapa asumen que los precios responden a su evolución pasada, choques de oferta y choques de demanda. Estas especificaciones tienen la ventaja de seguir una estructura simple y suelen generar estimaciones tan precisas como otras alternativas en varias etapas (Wheaton y Nechayev, 2008).

Siguiendo a Wheaton y Nechayev (2008) y Gao y Li (2012), el crecimiento de los precios de vivienda puede expresarse en una versión lineal de la siguiente manera:

$$\Delta p_t = \alpha + \sum_{j=1}^{n} \beta_i \Delta p_{t-j} + \theta \Delta c_t + \delta \Delta y_t + \tau q_t + \varepsilon_t \qquad (1)$$

donde Δ es un operador de diferencias respecto al período anterior; p_t es el logaritmo natural de un índice de los precios de vivienda en el período t; $\sum_{j=1}^{n} \beta_i \Delta p_{t-j}$ es un conjunto de componentes autorregresivos, c_t representa el logaritmo natural de una medida del crédito hipotecario otorgado; y_t indica el logaritmo natural de un conjunto de fundamentales económicos de mercado que, siguiendo la especificación de Salazar *et al.* (2013) para el mercado de vivienda colombiano, incluye la tasa de interés real de crédito hipotecario (i_t), el ingreso (y_t), un índice de precios del suelo (s_t) y un índice de costos de construcción (cc_t); q_t es una medida de la presencia de inversionistas y ε_t es un término de error.

Aun sin incorporar los efectos umbral, el modelo *(1)* reviste un problema importante de endogeneidad en tanto la demanda por crédito hipotecario de estos individuos está a su vez determinada por el comportamiento de los precios. En otras palabras, dado que puede esperarse que la operación de agentes inversionistas se active en momentos en los que la apreciación es suficientemente atractiva (Bayer *et al.*, 2015), el crecimiento de los precios por cuenta de la actividad de estos agentes supone una causalidad en doble sentido que afecta la calidad de las estimaciones econométricas.

Con el fin de tratar este problema de causalidad inversa, los efectos umbral se introducen de tal forma que la medida de inversionistas funcione como una variable umbral que determine los distintos regímenes pero no esté incluida directamente en los regresores del modelo[6]. De esta manera, la variable umbral afecta indirectamente los coeficientes estimados puesto que el valor del umbral genera las particiones de la muestra, pero su efecto se da de forma exógena en el modelo.

Así pues, la especificación seguiría la siguiente forma:

$$\begin{aligned}\Delta p_t = \alpha + \sum_{j=1}^{n} \beta_i \Delta p_{t-j} + I(q_{t-k} \le \gamma)\,(\theta_1 \Delta c_t + \delta_1 \Delta y_t + \\ \rho_1 Bin_r) + I(q_{t-k} > \gamma)\,(\theta_2 \Delta c_t + \delta 2\, \Delta y_t + \\ \rho_2 Bin_r) + \varepsilon_t \qquad (2)\end{aligned}$$

donde q_t es la variable umbral; γ es el valor estimado de q_t que determina la transición entre regí-

[6] Una posibilidad alternativa es el uso de variables instrumentales. Gao y Li (2012), por ejemplo, emplean la proporción de empleo dedicado a recreación y acomodaciones por área como variable instrumental para estimar la demanda de vivienda de inversión en la primera fase de una estrategia en dos etapas. Esta opción, al igual que el uso de instrumentos distintos, no luce factible dado el carácter más agregado de las series disponibles.

menes; $I(\cdot)$ es una función que toma el valor de *1* si la expresión dentro del paréntesis es cierta y *0* en caso contrario; *j* y *k* son rezagos del crecimiento de los precios y la variable umbral, respectivamente.

El modelo *(2)* permite separar la muestra en dos grupos de acuerdo a la presencia de inversionistas y determinar el efecto del crédito de acuerdo a esta separación. Así pues, en el segundo régimen la actividad de los inversionistas supera su umbral estimado $(q_{t-k} > \hat{\gamma})$, por lo que es de esperarse que el crédito ejerza un efecto importante sobre el comportamiento de los precios, con lo que θ_2 debería ser positivo y estadísticamente distinto de cero. Alternativamente, en el primer régimen la incidencia de inversionistas se encuentra por debajo de su umbral estimado $(q_{t-k} \leq \hat{\gamma})$, lo que se interpreta como un período de baja actividad por parte de estos agentes y la asociación del crédito a fines más relacionados con la adquisición de vivienda para ocupación. Consecuentemente, el efecto del crédito sobre el crecimiento de los precios debería ser más reducido, capturado en un coeficiente θ_1 inferior a θ_2.

La estimación del modelo *(2)* se lleva a cabo mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios por concentración siguiendo la metodología propuesta por Bai y Perron (1998, 2003). Esta metodología estima primero los coeficientes y el valor del umbral de forma que minimicen la suma de los errores al cuadrado del modelo. La búsqueda del valor estimado del umbral se realiza siguiendo técnicas de programación dinámica que parten de un grupo de valores iniciales de la variable umbral y van reduciendo progresivamente el espacio de búsqueda (Bai y Perron, 2003). Una vez encontrado el valor estimado del umbral consistente con la minimización de los errores, se procede a contrastar el modelo de umbrales estimado versus una versión lineal del modelo mediante una prueba de igualdad de coeficientes[7]. Finalmente, los rezagos j y k son elegidos seleccionando el modelo que minimice la sumatoria de los errores cuadráticos sobre los rangos $j, k = \{1,2,\ldots,4\}$.

B. Modelos de vectores autorregresivos

Una de las falencias de los modelos uniecuacionales presentados en la sección anterior consiste en que son poco informativos sobre las relaciones dinámicas entre las variaciones de los precios, los fundamentales subyacentes y la presencia de inversionistas en el mercado. Particularmente, dada la exogeneidad de la variable umbral, el modelo *(2)* aísla el efecto directo de mayor participación de agentes inversionistas sobre los precios y omite las relaciones de retroalimentación que pueden presentarse entre estas variables a través del crédito.

[7] El Anexo B proporciona mayores detalles de esta metodología.

Con el ánimo de dar cuenta de estas relaciones y agregar robustez a los resultados de los modelos uniecuacionales, se estima un modelo de vectores autorregresivos con umbrales (TVAR) siguiendo la metodología propuesta por Balke y Chang (1995) y Balke (2000).

Este tipo de modelos son útiles para el propósito de este trabajo por varios motivos. En primera instancia, la estructura del modelo varía dependiendo del comportamiento de la variable umbral, lo que permite analizar las interacciones dinámicas entre los precios y sus fundamentales con respecto al estado en que se encuentre la demanda de vivienda para inversión. Así mismo, es posible capturar la existencia de no-linealidades, como reacciones asimétricas ante choques, lo que es consistente con un marco conceptual en el que el crédito hipotecario podría tener efectos heterogéneos sobre los precios respecto a la participación de distintos tipos de agentes en el mercado de vivienda. En particular, esta clase de modelos refleja el hecho de que los precios no solo reaccionan directamente a la demanda de inversión, sino que el crédito desempeña un rol de propagación de estos choques de manera dinámica.

Ahora bien, la determinación simultánea de las variables en el sistema permite tratar las relaciones causales en doble sentido que pueden ocurrir entre las series de interés sin excluir la presencia de los inversionistas de la estructura interna del modelo. Así, se incorpora el hecho de que el precio de la vivienda puede explicarse por la presión de sus fundamentales y la presencia de inversionistas, pero que a su vez el precio influya sobre el comportamiento de estas últimas variables. Lo anterior es posible imponiendo restricciones sobre las relaciones contemporáneas de las variables, siguiendo el mismo enfoque de Salazar *et al.* (2013) para un modelo estructural de vectores autorregresivos (SVAR).

De acuerdo a Balke (2000) y Afonso, Baxa y Slavik (2011), el modelo puede representarse de la siguiente manera:

$$Y_t = A^1 Y_t + B^1(L) Y_{t-1} + A^2 Y_t + B^2(L) Y_{t-1}) \\ I(q_{t-k} > \gamma) + U_t \qquad (3)$$

donde Y_t es un vector de variables endógenas; $I(\cdot)$ es una función que, al igual que en el modelo uniecuacional, toma el valor de *1* si la expresión entre paréntesis es cierta o *0* en otro caso; q_t es la variable umbral del modelo que está también incluída en las variables endógenas; γ es el valor estimado del umbral que determina el cambio entre regímenes; $B^1(L)$ y $B^2(L)$ son matrices polinomiales de rezago; A^1 y A^2 son matrices de efectos contemporáneos con estructura recursiva; U_t es un vector de perturbaciones.

De manera similar al modelo uniecuencional, las variables endógenas consideradas son un índice de precios de vivienda (p_t), la tasa de interés real de crédito hipotecario (i_t), el ingreso (y_t), el valor real de los desembolsos de crédito (d_t), un índice

de precios del suelo (s_t) y un índice de costos de construcción (cc_t). Adicionalmente, se incluye una medida de agentes inversionistas en el sistema de crédito como variable endógena de acuerdo a la definición planteada anteriormente (q_t). Las series se introducen en el modelo en escala logarítmica y en su primera diferencia[8].

El modelo tiene una identificación recursiva y sigue la descomposición de Choleski (Balke y Chang, 1995; Afonso *et al.*, 2011). De acuerdo a Salazar *et al.* (2013), se asume que la tasa de interés es determinada exógenamente por las tasas de interés de mercado; el ingreso está dado por la tasa de interés en la medida en que reflejan las condiciones monetarias de la economía; el crédito se ve afectado tanto por el ingreso como por las tasas de interés; el precio del suelo reacciona a la demanda determinada por las anteriores variables; los costos de construcción responden a la dinámica de la demanda y las restricciones del suelo; los precios de vivienda reaccionan contemporáneamente a todos estos factores que recogen elementos de oferta y demanda. Así pues, el ordenamiento de las variables es i_t, y_t, q_t, d_t, s_t, cc_t, p_t.

Este ordenamiento está sujeto a críticas en la medida en que depende de supuestos fuertes sobre la determinación de las variables y las relaciones de causalidad de las mismas. Mientras es posible justificar parcialmente esta selección desde el punto de vista teórico, conviene recalcar que la forma general de los resultados del modelo no se ve afectada en forma significativa al considerar otros ordenamientos posibles de las variables incluídas.

El número de rezagos es determinado mediante criterios de información y se aplica la prueba del ratio de verosimilitud sugerida por Hansen (1996) y Lo y Zivot (2000) para determinar la pertinencia de emplear un modelo con umbrales en contraste a un modelo lineal. La estimación se lleva a cabo mediante mínimos cuadrados condicionales y el valor estimado del umbral es seleccionado como el valor que minimice secuencias de estadísticos de ratios de verosimilitud en línea con la metodología de Hansen (2000).

Por su parte, el análisis de impulso-respuesta se realiza teniendo en cuenta que la estructura de las perturbaciones del modelo es no-lineal, dado que ciertos choques pueden generar cambios entre regímenes. Lo anterior impide que las funciones de impulso-respuesta puedan construirse como las reacciones de las variables ante choques iniciales únicos sino que dependen de la historia pasada de las variables, así como de la magnitud y dirección de los choques (Balke y Chang, 1995; Potter, 1995). En términos precisos, las funciones de impulso respuesta pueden plantearse como:

[8] Los resultados de las pruebas de raíz unitaria se presentan en el Cuadro 4, Anexo C.

$$\phi(k, u_t, \Omega_{t-1}) = E[Y_{t+k} | \Omega_{t-1}, u_t] - E[Y_{t+k} | \Omega_{t-1}] \qquad (4)$$

donde Y_{t+k} es el vector de variables endógenas para el horizonte de tiempo k; Ω_{t-1} es el conjunto de información disponible anterior a la ocurrencia del choque y u_t es una conjunto de choques exógenos.

Siguiendo la metodología planteada por Koop, Pesaran y Potter (1996), los conjuntos de información se obtienen mediante series observadas de las variables mientras que los choques se aproximan con los residuos del modelo estimado a través de pronósticos condicionados de las mismas variables recurriendo a técnicas de *bootstrap*. De esta manera, se obtiene información del comportamiento condicionado de las variables en el sistema de manera que éste pueda ser contrastado con su evolución cuando se introduce un choque controlado en la variable impulso de interés.

La diferencia entre estas respuestas es entonces la función de impulso-respuesta estimada, que se construye como un promedio de un número considerable de repeticiones (500, en este caso). Así mismo, este proceso se repite sobre todas las historias (es decir, series observadas) que los datos pueden ofrecer: *[{t=1, t=2}, {t=1, t=2,…, t=n},…, {t=1,…, t=N-1, t=N}]*. Por consiguiente, las funciones estimadas de impulso-respuesta de este trabajo provienen de promedios conformados por aproximadamente 53 mil repeticiones en cada caso[9].

IV. Datos

La base de datos contiene observaciones trimestrales desde marzo de 1988 a diciembre de 2015. El período de análisis está determinado por la disponibilidad del índice de precios de vivienda usada (IPVU) calculado por el Banco de la República mediante el método de ventas repetidas, dado que es el indicador con mayor cobertura de tiempo en el país. La tasa de interés hipotecaria real *(i)* se construye como la serie empalmada de las tasas de colocación ponderadas por monto desembolsado. Las tasas indexadas a unidades variables se convierten a su equivalentes en tasa fija teniendo en cuenta las variaciones anuales de la Unidad de Poder Adquisitivo Constante (UPAC) que estuvieron vigentes hasta diciembre de 1999 y las Unidades de Valor Real (UVR) que aplicaron posteriormente. El ingreso *(y)* se mide con el producto interno bruto real mientras que los desembolsos de crédito *(d)* corresponden al monto total de las originaciones

[9] El uso de un número suficiente de repeticiones permite "generar estimaciones precisas sobre los aspectos de interés de las funciones de impulso respuesta generalizadas" (Koop, Pesaran y Potter, 1996, p. 136). Por consiguiente, a pesar de que la construcción de intervalos de confianza es factible, su presentación en varios trabajos en lo que se emplean este tipo de modelos no es frecuente (ver, por ejemplo, Balke y Chang, 1995; Balke, 2000; Afonso *et al.*, 2011). En este trabajo se emplea una aproximación alternativa, en la que se presentan los límites superiores e inferiores de las funciones de impulso-respuesta estimadas de tal forma que sea posible observar la dispersión de estos resultados.

de créditos para adquisición de vivienda (incluídas operaciones de *leasing* habitacional y subrogaciones) en términos reales.

La ausencia de un índice de precio del suelo agregado para el total nacional lleva a aproximar s con el índice del precio del suelo de Bogotá (IPSB) dada la concentración del mercado en la capital siguiendo a Salazar *et al.* (2013). El índicador de costos de construcción *(cc)* se mide con el índice de costos de construcción de vivienda (ICCV) desestacionalizado que incluye insumos de materiales, maquinaria y mano de obra[10].

Ahora bien, siguiendo la aproximación de Haughwout *et al.* (2011), la presencia de inversionistas en el mercado se mide desagregando el total de desembolsos de crédito en cada período de acuerdo a la tenencia de hipotecas de los deudores asociados. De esta forma, esta medida se contruye como la proporción de deudores de crédito de vivienda para los que el desembolso del préstamo en el trimestre t implica la constitución de dos, tres o más hipotecas asociadas a su identificación. Vale notar que esta variable aproxima el peso relativo del tipo de agentes de interés en las originaciones de préstamos y dista sustancialmente de los desembolsos totales de crédito hipotecario *(d)* que miden el volumen total del crédito otorgado en cada momento del tiempo. Es importante destacar que las hipotecas asociadas al momento del desembolso se contabilizan únicamente si aún existe capital vigente para cada período consultado. Es decir, las identificaciones se asocian a hipotecas que representen obligaciones vivas al momento de la consulta. Estas series fueron construídas a partir de la revisión de más de 14 millones de identificadores únicos en las aperturas de crédito de cada trimestre para el período de estudio, a través de los reportes de una de las principales centrales de crédito del país[11]. La información fue obtenida en series agregadas en las que el total de originaciones de cada período de crédito se clasifican según el tipo de deudor de acuerdo a su tenencia de hipotecas. Las participaciones se presentan en el Gráfico 1.

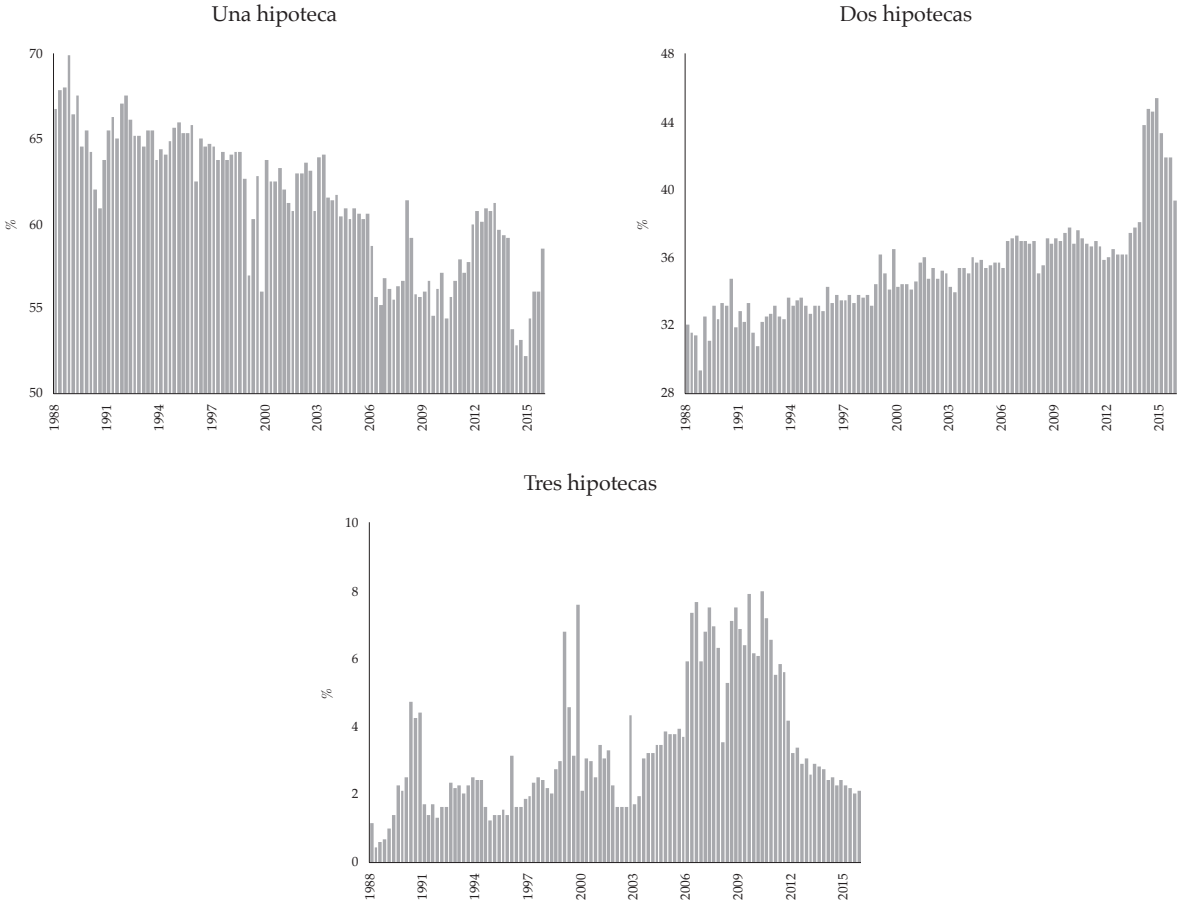
El hecho de que puedan registrarse varias personas como titulares del crédito y la imposibilidad de asociar los identificadores a cada uno de los préstamos, como ocurre en otros trabajos similares (Haughwout *et al.* (2011), por ejemplo), pueden introducir cierto ruido en la medición. Es posible que esto ocurra debido a que, por ejemplo, se vinculen personas con otras hipotecas constituidas a la solicitud del crédito para incrementar el monto de

[10] El Cuadro 3 ubicado en el Anexo A, presenta las fuentes y una descripción general de las series empleadas.

[11] Las series de aperturas de crédito que constituyen segundas y terceras hipotecas incorporan el efecto de los préstamos de salvamento otorgados por el Gobierno durante la crisis de finales de los noventa a través del Fondo Nacional de Garantías (FOGAFIN) en los trimestres 1999:01 y 1999:03. Para la estimación de los modelos se corrigen estos datos atípicos mediante una interpolación de la serie.

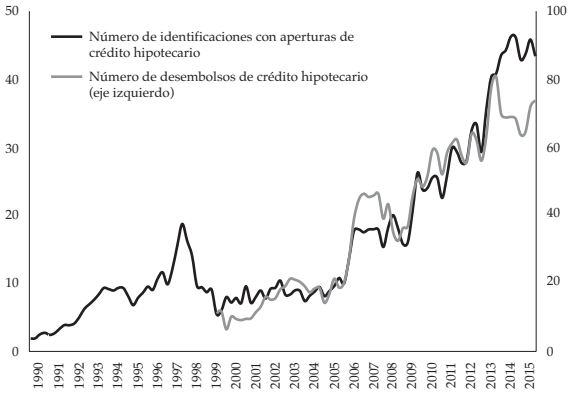
ingresos al momento de estudiar la factibilidad de la operación sin que esto implique necesariamente compras de inmuebles para inversión. No obstante, la dinámica del número absoluto de deudores con desembolsos de crédito en cada período se aproxima bastante al comportamiento del número de créditos desembolsados a lo largo de la muestra (Gráfico 2), por lo que es razonable vincular el registro de individuos con la generación de nuevos créditos e hipotecas en el mercado.

Gráfico 1
ESTRUCTURA DE DEUDORES DE CRÉDITO DE VIVIENDA SEGÚN TENENCIA DE HIPOTECAS



Nota: El Gráfico presenta la descomposición del total de deudores que recibieron un desembolso de crédito en cada trimestre a lo largo del período marzo 1988 a diciembre 2015 según su tenencia de hipotecas. El primer panel grafica la participación de los deudores para los que el desembolso constituye la primera hipoteca vigente en el trimestre t, mientras que los dos restantes presentan la participación de los deudores para quienes el desembolso del crédito en t constituye una segunda o tercera hipoteca.
Fuente: Asobancaria y Expirian-Datacrédito.

Gráfico 2
NÚMERO DE CRÉDITOS HIPOTECARIOS DESEMBOLSADOS Y DEUDORES CON APERTURAS DE CRÉDITO



Nota: El Gráfico muestra las series del número de desembolsos de crédito hipotecario de los principales originadores bancarios para el período en el que se encuentran disponibles y el número de identificaciones asociadas a desembolsos de crédito hipotecario en cada trimestre.
Fuente: Asobancaria y Expirian-Datacrédito.

V. Resultados

A. Modelos uniecuacionales

La estimación del modelo *(2)* se llevó a cabo tomando como variables umbral las definiciones de inversionistas con dos, tres o más hipotecas. Para ello, se empleó la prueba de cambio de régimen sugerida por Bai y Perron (1998) que contrasta el modelo lineal con el modelo con el de efectos de umbral. Mientras no existe evidencia de efectos de umbrales en el caso de deudores con dos hipotecas -en contraste con los modelos lineales- la hipótesis nula de linealidad se rechaza para el caso de deudores con tres hipotecas[12].

Los resultados de estimación de este modelo y del modelo lineal asociado (sin efectos umbral) se presentan en el Cuadro 1. Tanto el rezago de la variable umbral como el número de retardos del crecimiento de los precios fueron seleccionados en $k = j = 4$. Los coeficientes tienen el signo esperado y son significativos en la mayoría de los casos, a excepción del índice de costos de construcción que exhibe una relación negativa con el crecimiento de los precios. Es conveniente resaltar que en el modelo lineal, el coeficiente de los desembolsos de crédito es estadísticamente significativo y positivo, sugiriendo el efecto positivo del crédito sobre los precios de vivienda encontrado usualmente en la literatura. Al tener en cuenta el efecto de umbrales, los desembolsos de crédito ejercen un efecto positivo y estadísticamente significativo cuando la presencia de inversionistas definidos como deudores con tres o más hipotecas excede el umbral

[12] Este resultado puede deberse a varios motivos. En primer lugar, la serie de deudores con dos hipotecas recoge las compras de vivienda para uso esporádico, como inmuebles de recreación o descanso, que no están directamente vinculadas con actividades de inversión para re-venta o arrendamiento y no es posible aislar de la medición de estas operaciones. En segundo lugar, la tendencia creciente de la serie dificulta separar la muestra en grupos que involucren distintos períodos a lo largo del ciclo de precios (Gráfico 1).

estimado de $\hat{\gamma} = 3{,}19\%$ (primer régimen). Por el contrario, en el segundo régimen ($\hat{\gamma} \leq 3{,}19\%$) el coeficiente de los desembolsos de crédito resulta ser negativo y no es estadísticamente significativo.

En ese orden de ideas, en línea con la hipótesis de este trabajo, los resultados del modelo de umbrales sugieren que el crédito tuvo un efecto importante y positivo sobre el comportamiento de los precios en el período de estudio cuando la presencia de agentes inversionistas en el mercado de vivienda fue suficientemente alta (*i.e.*, excedió el umbral estimado). Es interesante notar también que el efecto de los precios del suelo sobre los precios de la vivienda resulta ser más alto y estadísticamente significativo bajo el segundo régimen, lo que puede asociarse a una mayor presión sobre la demanda de suelo en momentos en que la demanda de vivienda para inversión genera mayor actividad en el mercado (Nathanson y Zwick, 2017).

Cuadro 1
RESULTADOS DEL MODELO UNIECUACIONAL DE UMBRALES

		Modelo de umbrales con tres o más hipotecas	
Coeficiente	**Modelo lineal**	**Régimen bajo** $(q_{t-k} \leq \hat{\gamma})$	**Régimen alto** $(q_{t-k} > \hat{\gamma})$
Constante	-0,004 ***	-0,004 ***	- 0,006 **
PIB	1.008 ***	0,635 ***	1.188 *****
Tasa de interés	-0,010 ***	-0,024 ***	-0,049 ******
Crédito	0,016 ***	-0,003 ***	0,039 ****
Costos de construcción	-0,242	-0,215 ***	-0,027 ***
Precios del suelo	0,316 ****	0,365 ******	0,397 ***
Δp_{t-1}	-0,395 ***	-0,236 *	-0,770 ***
Δp_{t-2}	0,023 ***	-0,085 ***	0,032 ***
Δp_{t-3}	0,195 ****	0,143 **	0,375 ******
Δp_{t-4}	0,173 ****	0,247 ******	0,212 ***
Observaciones	107	65	42
R^2	44,7%	52,8%	
$\hat{\gamma}$		3,19%	
F		40.875 ***	

Nota: El cuadro presenta los resultados del modelo *(1)* mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios, identificando el valor estimado de la variable umbral según el método de Bai y Perron (1998).
Los rezagos de la variable umbral y el crecimiento de los precios elegidos fueron $k = j = 4$.
*, **, *** denotan significancia estadística al 10%, 5% y 1%, respectivamente.
F indica el valor calculado del estadístico F del test de cambio de régmen propuesto por Bai y Perron (1998) cuya hipotesis nula es la no-existencia de efectos de umbral.

B. Modelos de vectores autorregresivos

Al igual que en el caso anterior, la estimación del modelo TVAR se realizó con ambas definiciones de inversionistas y se encontró evidencia a favor de efectos umbral para la serie de deudores con tres o más hipotecas. El Cuadro 2 contiene los resultados de las pruebas de linealidad siguiendo la metodología de Hansen (1999).

De acuerdo al criterio de información de Schwartz, se eligieron 4 rezagos para el modelo VAR y 4 rezagos de la variable umbral de inversionistas. Las funciones de respuesta generalizadas y acumuladas de los precios de vivienda ante un choque de una desviación estándar en cada una de las variables endógenas del modelo se presentan en el Gráfico 3. Allí se observa que los precios reaccionan negativamente ante un choque en las tasas de interés hipotecarias, mientras que la respuesta es positiva ante choques propios, en el PIB, la presencia de inversionistas en el mercado y los precios del suelo. Al igual que en el los modelos uniecuacionales y el trabajo de Salazar *et al*. (2013) para Colombia, la respuesta ante el choque de los costos de construcción es negativa en contra del efecto esperado.

Es conveniente destacar varios aspectos sobre el análisis de impulso-respuesta del modelo. En primer lugar, la respuesta ante los choques en las tasas de interés es consistente en un entorno en el que las medidas de política monetaria se transfieren a la dinámica de los precios de vivienda a través de las tasas de colocación de crédito hipotecario. Este resultado es valioso en términos de política económica puesto que da luces sobre el vínculo existente entre la política monetaria y su potencial para afectar el comportamiento de los precios en el mercado de vivienda (Taylor, 2007).

En segundo término, y de forma análoga a los resultados del modelo uniecuacional, la respuesta acumulada de los precios ante un choque en los desembolsos de crédito es negativa cuando la presencia de inversionistas se ubica por debajo del umbral estimado $(q_{t-k} \leq \gamma)$ y positiva (con una magnitud mayor) en el régimen alto del modelo $(q_{t-k} > \gamma)$. Este comportamiento de la respuesta acumulada es consistente con la hipótesis planteada y confirma la importancia de considerar el estado del mercado en términos de la demanda para inversión al momento de determinar los efectos del crédito sobre los precios de vivienda.

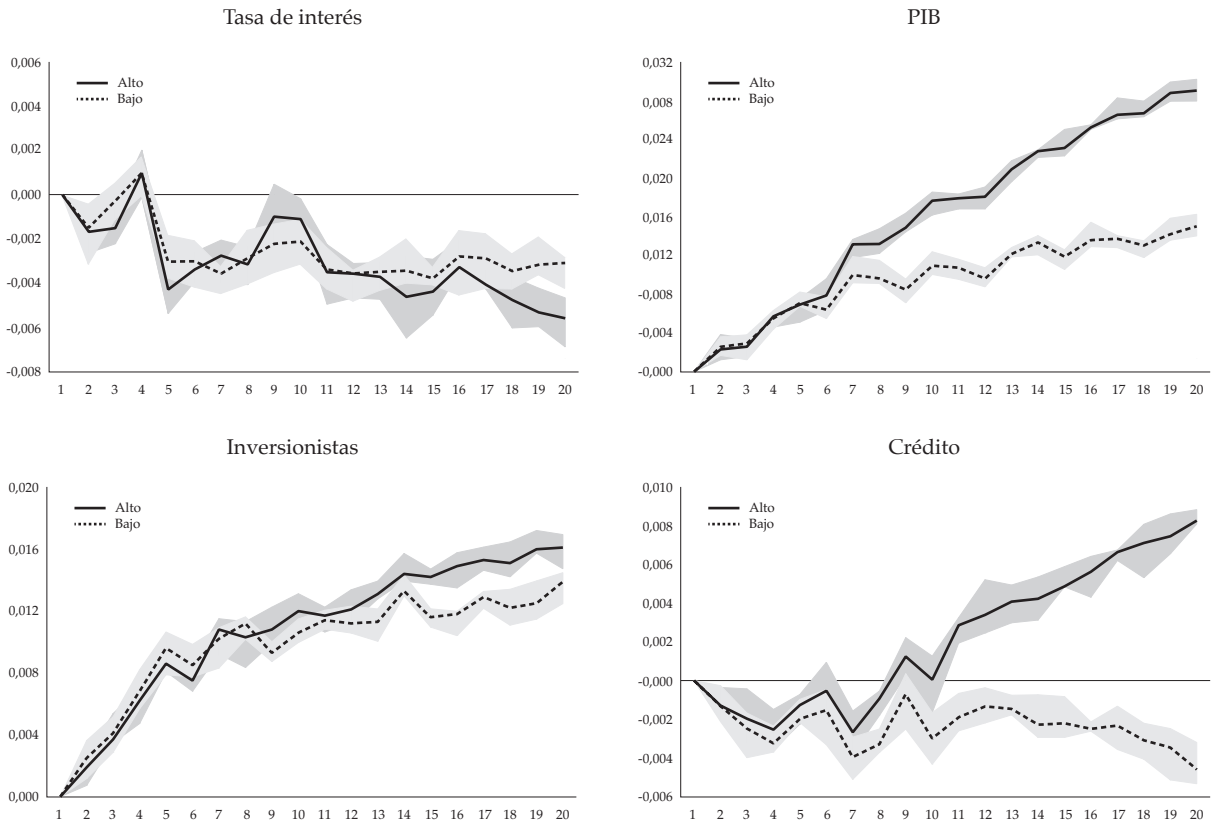
Cuadro 2
RESULTADOS DE LA PRUEBA DE LINEALIDAD MODELO TVAR

Modelo	Estadístico de ratio de verosimilitud (LR)	Valor p
Deudores con dos o más hipotecas	1,311.80	0.200
Deudores con tres o más hipotecas	429.67	0.000

Nota: El cuadro presenta los estadísticos de ratio de verosimilitud de acuerdo a la metodología propuesta por Hansen (1999). La prueba se construye con una hipótesis nula de linealidad en contraste al modelo con efectos umbral. El Anexo B. contiene mayores detalles.

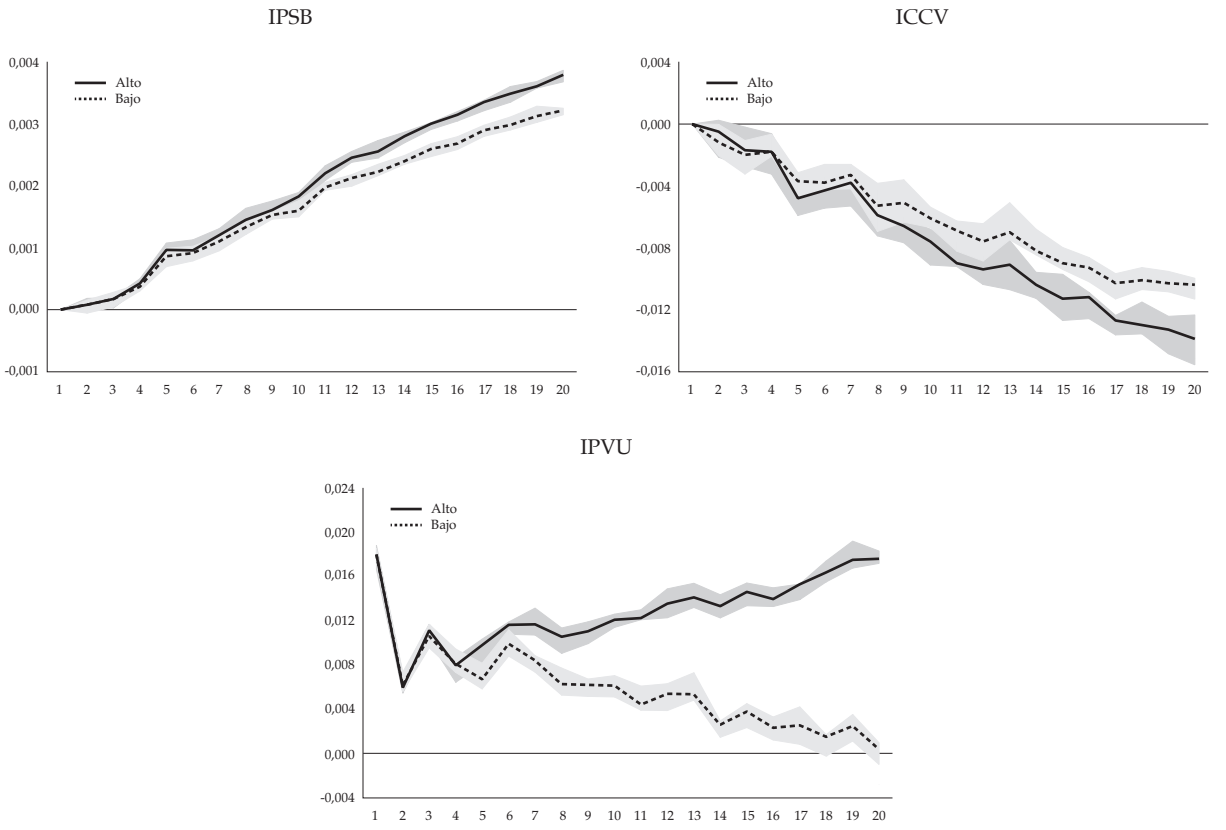
En tercer lugar, la respuesta acumulada de los precios ante choques en sí mismos es positiva en los primeros períodos en ambos regímenes pero existe una mayor persistencia en el caso del umbral alto, lo que es compatible con la dinámica de retroalimentación entre los precios y las demanda por vivienda cuando las valorizaciones motivan la inversión en el mercado descrita en la literatura.

Gráfico 3
RESPUESTA ACUMULADA DEL ÍNDICE DE PRECIOS DE VIVIENDA ANTE CHOQUES EN LAS VARIABLES DEL MODELO TVAR



Nota: Los gráficos presentan la respuesta acumulada del Índice de Precios de Vivienda Usada en un horizonte de 20 períodos ante choques de una desviación estándar de las variables del modelo TVAR siguiendo las funciones de impulso-respuesta generalizadas *(1)*. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, las variables sobre las que se aplica el impulso son: tasas de interés, ingreso, presencia de inversionistas, crédito hipotecario, precios del suelo, costos de construcción y precios de vivienda. Las líneas punteadas corresponden a la respuesta bajo el régimen alto determinado por el valor estimado de la variable umbral $(qt\text{-}k > \gamma)$ mientras que las líneas continuas corresponden a la respuesta bajo el regímen bajo $(qt\text{-}k \leq \gamma)$. Se presentan los límites superiores e inferores como bandas sobre cada función estimada.

Gráfico 3
RESPUESTA ACUMULADA DEL ÍNDICE DE PRECIOS DE VIVIENDA ANTE CHOQUES EN LAS VARIABLES DEL MODELO TVAR *(Continuación)*



Nota: Los gráficos presentan la respuesta acumulada del Índice de Precios de Vivienda Usada en un horizonte de 20 períodos ante choques de una desviación estándar de las variables del modelo TVAR siguiendo las funciones de impulso-respuesta generalizadas *(1)*. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, las variables sobre las que se aplica el impulso son: tasas de interés, ingreso, presencia de inversionistas, crédito hipotecario, precios del suelo, costos de construcción y precios de vivienda. Las líneas punteadas corresponden a la respuesta bajo el régimen alto determinado por el valor estimado de la variable umbral $(qt\text{-}k > \gamma)$ mientras que las líneas continuas corresponden a la respuesta bajo el regímen bajo $(qt\text{-}k \leq \gamma)$. Se presentan los límites superiores e inferores como bandas sobre cada función estimada.

Así mismo, la respuesta acumulada a un choque en la presencia de inversionistas en el mercado tiene una magnitud considerable en ambos regímenes (superior incluso a la respuesta ante un choque del crédito), lo que puede sugerir la influencia de la demanda por inversión sobre los precios de mercado. Finalmente, y de manera consistente a los resultados del modelo uniecuacional, la respuesta

acumulada ante un choque de los precios del suelo resulta ser mayor en el régimen alto del modelo.

C. Consideraciones sobre los resultados

Los resultados de los distintos modelos empleados deben leerse teniendo en cuenta una serie de factores importantes. En primer lugar, la metodología adoptada no tiene en cuenta las particularidades regionales de los mercados de vivienda que pueden generar dinámicas propias en distintas ciudades. La disponibilidad de series de tiempo relacionadas con el mercado de vivienda para períodos amplios de tiempo y mayor frecuencia es fundamental para subsanar esta falencia en investigaciones posteriores.

Lo anterior se relaciona también con el hecho de que no existe disponibilidad de índices de precio del suelo para el agregado nacional, por lo que los resultados provienen de estimaciones realizadas a partir de un índice que puede no reflejar la realidad del mercado del suelo en el país. Mientras el peso de la capital en las transacciones de vivienda y la industria de la construcción puede brindar cierto soporte en este punto, es preciso tener en cuenta esta falencia.

Así mismo, como se advirtió anteriormente, la medición de las transacciones relacionadas con inversión empleada en este trabajo es una aproximación general en comparación a otras mediciones mucho más precisas que han sido empleadas en la literatura, en donde es posible depurar en mayor medida la tenencia de hipotecas, colapsar las transacciones sobre las operaciones de crédito, estudiar los tiempos de tenencia y los comportamientos de mora, entre otros. Esta falencia impide caracterizar en mayor detalle los tipos de agentes que intervienen en el mercado, los agentes más relacionados con la inversión especulativa y aquellos que invierten a lo largo del ciclo de precios. En este sentido, la cuantificación de la demanda por vivienda diferenciada por propósito (ocupación, inversión para re-venta, inversión para renta, entre otros) tanto a nivel nacional como regional podría enriquecer sustancialmente el análisis futuro de los mercados inmobiliarios en el país.

En conjunto, los resultados se basan en el análisis de las transacciones que atravesaron el sistema de financiación formal de vivienda. Si bien este enfoque es consistente con el propósito del trabajo, es conveniente destacar que la inversión inmobiliaria en Colombia tiende a concentrarse en el período que transcurre entre la pre-venta de la vivienda (su venta sobre planos, antes de que el desarrollador alcance el punto de equilibrio financiero para iniciar la construcción del proyecto) y la entrega de los inmuebles. Es razonable que este tipo de inversión se lleve a cabo sin la intermediación del crédito, por lo que la investigación de este tipo de transacciones bajo un énfasis distinto (a saber, bajo el esquema de preventas) puede resultar muy fructífero en el futuro para construir una imagen más global del efecto de la demanda por inversión sobre los mercados de vivienda en Colombia.

Volumen XLVI | No. 2 | Diciembre de 2016 | pp. 41-74

VI. Recomendaciones de política

Las recomendaciones de política que pueden derivarse de los resultados de este trabajo se dividen en dos categorías: por un lado, la política macroprudencial y el marco regulatorio del sistema de financiación de vivienda en Colombia y, por otra parte, la política pública de acceso a la vivienda que se ha puesto en marcha en el país desde 2009[13].

En primer lugar, la evidencia presentada en este trabajo sugiere que la influencia que la demanda para inversión ejerce sobre los precios de la vivienda puede tener implicaciones sobre la estabilidad financiera de la economía. Esto se debe al hecho de que el crecimiento acelerado de los precios que puede resultar de un auge de inversión extiende la capacidad de tomar crédito por parte de los propietarios de dichos inmuebles, lo que puede tener consecuencias adversas sobre la salud del sistema financiero (Chakrabarti *et al*., 2011).

Lo anterior sugiere que la política macroprudencial podría incluir el factor de demanda de vivienda para inversión dentro de su rango de acción en aras de evitar excesos de endeudamiento y expansiones artificiales del crédito por cuenta de desalineamientos en el precio de la vivienda.

Así mismo, es conveniente notar que la regulación en materia de endeudamiento hipotecario, que surgió en Colombia después de la crisis de finales del siglo pasado, determina un tratamiento único para todos los deudores del sistema[14]. Mientras se han establecido medidas de este tipo en otras economías para modular el comportamiento de los mercados de vivienda y el endeudamiento de largo plazo de los hogares, estas herramientas tienden a diferenciar comúnmente entre compras de primera vivienda y otros grados superiores[15]. En Colombia, la aplicación general de estas medidas genera fuertes cargas en términos de ahorro sobre una gran parte de los hogares y limita el acceso al financimiento formal para estos grupos de población (Gaviria y Tovar, 2011).

Los resultados presentados en este trabajo resaltan las diferencias entre la adquisición de vivienda para ocupación e inversión para re-venta y motiva futuras investigaciones en las que se de-

[13] Para una descripción detallada del sistema de financiación de vivienda en Colombia, ver Cuéllar (2006).

[14] Puntualmente, la Ley 546 instauró límites sobre la relación LTV de 80% para la vivienda de interés social y 70% para la vivienda de valor superior a interés social. Igualmente, el tope a la relación de cuota-ingreso se fijó en 30%.

[15] Esta regulación diferenciada opera en países como China, Hong Kong, Corea, Canadá en términos de límites a la relación LTV o elegibilidad de los préstamos para ciertas facilidades ofrecidas por el gobierno. El caso de Alemania es especialmente destacable en la medida en que la política de Valor Sostenible de Largo Plazo *(Long-Term Sustainable Value)* involucra explícitamente los usos alternativos de la vivienda en la determinación del valor financiable a través del crédito hipotecario.

termine el impacto de la demanda para inversión sobre la dinámica de los mercados de vivienda y el sistema de financiación hipotecaria. Lo anterior permitiría acercar la regulación a la realidad del mercado, de forma que se logre un mejor balance entre los beneficios de estabilidad en términos macroprudenciales y las consecuencias de estas medidas sobre el acceso al crédito formal.

VII. Consideraciones finales

En ciertos aspectos, el rol de la inversión es importante para el adecuado funcionamiento de los mercados de vivienda. De hecho, los agentes inversionistas pueden funcionar como intermediarios en el mercado, adquiriendo inmuebles de vendedores cuyos costos de espera para encontrar al comprador correcto serían muy altos en otro caso y realizando mejoras físicas en las viviendas (Bayer *et al.*, 2015).

Sin embargo, la demanda por inversión puede operar también bajo su faceta de especulación al tomar ventajas generadas por diferenciales de información en el mercado, desviaciones de los precios de sus fundamentales o simplemente exhuberancia en las expectativas de valorización (Bayer *et al.*, 2015; Shiller, 2005). Bajo este último rol, la demanda de vivienda por inversión puede generar incrementos importantes en los precios y el crédito puede cumplir un papel de propagación de estos efectos en el mercado. En este trabajo se buscó determinar la influencia del crédito sobre los precios de vivienda teniendo en cuenta el estado de la presencia de agentes inversionistas en el mercado colombiano. Para cumplir este propósito, y dadas las limitaciones de información sobre transacciones individuales de vivienda, se emplearon series de la participación de deudores cuyos desembolsos de crédito implicaron la constitución de tres o más hipotecas en cada período de tiempo como variables proxy. La metodología de la investigación se basó en la estimación de modelos econométricos de umbrales para el periodo marzo de 1988 a diciembre de 2015 con el fin de determinar el efecto del crédito sobre el crecimiento de los precios teniendo en cuenta el estado de la participación de agentes inversionistas en el sistema crediticio y otros fundamentales de mercado subyacentes.

Los resultados del modelo de umbrales sugieren que el crédito tuvo un efecto importante y positivo sobre el comportamiento de los precios en el período de estudio cuando la presencia de agentes inversionistas en el mercado de vivienda fue suficientemente alta (*i.e.*, excedió los umbrales estimados). Esta evidencia se confirma tanto en el en el caso de modelos uniecuacionales que capturan los efectos promedio en el período de muestra, como de modelos de vectores autorregresivos que recogen las relaciones dinámicas de las variables en el tiempo. Igualmente, se encuentra que los efectos del precio del suelo sobre los precios de vivienda son más fuertes en los regímenes en los que la participación de agentes inversionistas es mayor a los umbrales estimados.

Estos resultados constituyen una aproximación preliminar sobre la influencia de la inversión sobre los precios de vivienda en el mercado colombiano, así como un reflejo de las marcadas diferencias que pueden existir entre la demanda de vivienda para ocupación y la demanda para inversión con fines de re-venta o renta. El desarrollo de investigaciones ulteriores sobre estas relaciones reviste gran importancia para comprender en mayor medida el funcionamiento de los mercados de vivienda en el país y ajustar las medidas regulatorias y de política que operan actualmente en Colombia.

Bibliografía

Afonso, A., J. Baxa, y M. Slavik (2011). Fiscal Developments and Financial Stress. *European Central Bank Working Paper Series*, No. 1319.

Allen, F. y D. Gale (2000). Bubbles and Crises. *The Economic Journal*, 110 (460): 236-255.

Bai, J. y P. Perron (1998). Estimating and Testing Linear Models with Multiple Structural Changes. *Econometrica*, 66, 47-78.

Bai, J. y P. Perron (2003). Computation and Analysis of Multiple Structural Change Models. *Journal of Applied Econometrics*, 18: 1-22.

Balke, N. y Chang, C. (1995). Credit and Economic Activity: Shocks or Propagation Mechanism? *Federal Reserve Bank of Dallas, Working Paper* 95-19.

Balke, N. (2000). Credit and Economic Activity: Credit Regimes and Nonlinear Propagation of Shocks. *Review of Economics and Statistics*, 82(2), 344-349.

Barberis, N y R. Thaler (2003), A Survey of Behavioral Finance, En: Constantinides, G., Harris, M., Stulz, R. (Eds.), *Handbook of the Economics of Finance*, North-Holland, Amsterdam.

Barlevy, G. y J. Fisher (2011). Mortgage Choices and Housing Speculation." Working Paper.

Bayer, P., C. Geissler y J. Roberts (2015). Speculators and Middlemen: The Strategy and Performance of Investors in the Housing Market. Working Paper.

Black, F. (1986). Noise. *Journal of Finance*, 41: 529-543.

Bolton, P., Scheinkman, J. y Santos, T. (2011), Outside and Inside Liquidity, *Quarterly Journal of Economics* 126, 259-321.

Brunnermeier, M. y S. Nagel (2004). Hedge Funds and the Technology Bubble. *Journal of Finance*, 59(5): 2013-2040.

Campbell, J. y A. Kyle (1987). *Smart Money, Noise Trading, and Stock Price Behavior*. Princeton University. Nueva York.

Chakrabarti, F., D. Lee, W. Klaauw y B. Zafar (2011). Household Debt and Saving During the 2007 Recession. *Federal Reserve Bank of New York Staff Report*, No. 482.

Chinco, A. y C. Mayer (2015). Misinformed Speculators and Mispricing in the Housing Market. Working Paper.

Cúellar, M. (2005). *¿A la Vivienda Quién la Ronda?* Instituto Colombiano de Ahorro y Vivienda (ICAV), Universidad Externado de Colombia. Bogotá, Colombia.

De Long, B., Shleifer, A., Summers, L. y Waldman, R. (1990). Noise Trader Risk in Financial Market. *Journal of Political Economy* 98, 703-738.

Duffie, D., N. Garleanu, y L. Pedersen (2005). Over-the-counter Markets. *Econometrica* 73: 1815-1847.

Fama, E. (1955). The Behavior of Stock-Market Prices. *Journal of Business*, 38, 34-105.

Figlewski, S. (1979). Subjective Information-and Market Efficiency in a Betting Market. *Journal of Political Economy*, 87: 75-88.

Friedman, M. (1953). *Essays in Positive Economics*, University of Chicago Press, Chicago.

Fostel, A. y J. Geanakoplos. (2013). Reviewing the Leverage Cycle. *Cowles Foundation Discussion Paper*, No. 1918

Franco, J., J. González, J. Ojeda y J. Torres (2014). Burbujas en Precios de Activos Financieros: Existencia, Persistencia y Migración. *Borradores de Economía*, No. 823.

Gao, Z. y W. Li (2012). Real Estate Investors and the Boom and Bust of the US Housing Market. SSRN.

Gaviria, A. y Tovar, J. (2011). El Potencial de la Política de Vivienda en Colombia. En: *Ensayos sobre Política de Vivienda*. Asobancaria.

Geanakoplos J. (2003). Liquidity, Default, and Crashes: Endogenous Contracts in General Equilibrium. En: *Advances in Economics and Econometrics: Theory and Applications, Eighth World Conference*, 2:170-205. Econometric Society Monographs.

Geanakoplos, J. (2010). The Leverage Cycle, *NBER Macroeconomics Annual 2009*, 24, 1-65.

Glaeser, E. y J. Gyourko (2005). Urban Decline and Durable Housing. *Journal of Political Economy*, 113(2): 345-375.

Glaeser E, Gottlieb J, Gyourko J. (2010). Can Cheap Credit Explain The Housing Boom? NBER Working Paper No. 16230.

Glaeser, E. y C. Nathanson (2014). Housing Bubbles. NBER Working Paper Series, No. 20426.

Gómez, J., J. Ojeda, C. Rey y N. Sicard (2013). Testing for Bubbles in Housing Markets: New Results Using a New Method. *Borradores de Economía*, No. 753.

Greenwood, R. y S. Nagel (2009). Inexperienced Investors and Bubbles, *Journal of Financial Economics*, 93: 239-258.

Hansen, B. (1996). Inference when a Nuisance Parameter is not Identified under the Null Hypothesis. *Econometrica*, 64(2), 413-430.

Hansen, B. (1999). Testing for Linearity. *Journal of Economic Surveys*, 13(5): 551-576.

Hansen, B. (2000). Sample Splitting and Threshold Estimation. *Econometrica*, 68(3), 575–603.

Hansen, B. (2011). Threshold Autoregression in Economics. *Statistics and Its Interface* 4: 123–127.

Harrison, M. y Kreps, D. (1978). Speculative Investor Behavior in a Stock-market with Heterogeneous Expectations, *Quarterly Journal of Economics* 92, 323-336.

Haughwout, A., Lee, D., Tracy, J. y van der Klaauw, W. (2011). Real Estate Investors, the Leverage Cycle and the Housing Market Crisis. Working paper, Federal Reserve Bank of New York.

Hirshleifer, D. (2001). Investor Psychology and Asset Pricing, *Journal of Finance* 56, 1533-1597.

Hong, H., J. Scheinkman, y W. Xiong (2009). Asset Float and Speculative Bubbles, *Journal of Finance*, 61: 1073-1117.

Hong, H. y J, Stein (2003). Differences of Opinion, Short-sales Constraints, and Market Crashes, *Review of Financial Studies*, 16: 487-525.

Hubbard R. y C. Mayer (2009). The Mortgage Market Meltdown and House Prices. The B.E. *Journal of Economic Anaysis and Policy*, 9(3):1-45.

Koop, G., M. Pesaran y S. Potter (1996). Impulse Response Analysis in Nonlinear Multivariate Models. *Journal of Econometrics*, 74: 119-147.

Leamer, E. (2007). Housing IS the Business Cycle. NBER Working Paper No. 13428.

Lo, M. y E. Zivot (2001). Threshold Cointegration and Nonlinear Adjustment to the Law of One Price. *Macroeconomic Dynamics, Cambridge University Press*, 5(4): 533-76.

Mayer, C. (2011). Housing Bubbles: A Survey. *The Annual Review of Economics*, 3:559–77.

Nathanson, C. y Zwick, E. (2017). Arrested Development: Theory and Evidence of Supply-Side Especulation in the Housing Market. NBER Working Paper No. 23030.

Poterba, J. (1984) Tax Subsidies to Owner-Occupied Housing: An Asset Market Approach. *Quarterly Journal of Economics*, 99:729-752.

Potter, Simon (1995). A Nonlinear Approach to US GNP. *Journal of Applied Econometrics*, 10: 109-12

Reitz, S. y M. Taylor (2012). FX intervention in the yen-US dollar market: A coordination channel perspective. *International Economics and Economic Policy*, 9(2), 111-128.

Salazar, N., R. Steiner, A. Becerra y J. Ramírez (2013). Los Efectos del Precio del Suelo sobre el Precio de la Vivienda para Colombia. *Ensayos sobre Política Económica*, 31(70): 17-66.

Shiller, R. (2005). *Irrational Exuberance*. Princeton University Press.

Shleifer, A. y Vishny, R. (1997), Limits of arbitrage, *Journal of Finance* 52, 35-55.

Soo, C. (2013). Quantifying Animal Spirits: News Media and Sentiment in the Housing Market. Working Paper.

Taylor, J. (2007). Housing and Monetary Policy. NBER, Working Paper No. 13682.

Van Nieuwerburg S. y P. Weil. (2007). Why Has House Price Dispersion Gone Up? Working Paper., New York University.

Wheaton, W. y G. Nechayev. (2008). The 1998-2005 Housing "Bubble" and the Current "Correction": What's Different This Time? *Journal of Real Estate Research*, 30(1):1-26.

Xiong, W. (2013). Bubbles, Crises and Heterogeneous Beliefs. *NBER Working Paper Series*, 18905.

Volumen XLVI | No. 2 | Diciembre de 2016 | pp. 41-74

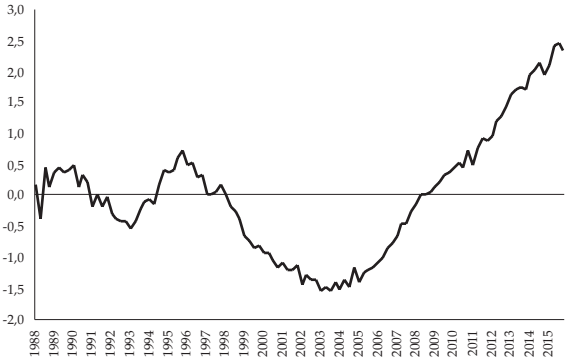
Anexo A
DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

Cuadro 3
DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES EMPLEADAS

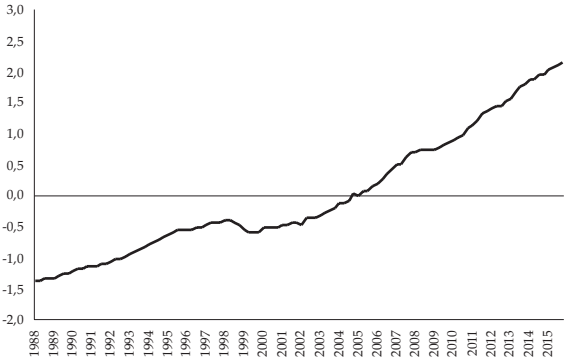
Variable	Descripción	Fuente
Precio de la vivienda	Aproximado mediante el Índice de Precios de Vivienda Usada (IPVU) ajustado por inflación.	Banco de la República
Ingreso	Aproximado con el Producto Interno Bruto (PIB) a precios constantes.	Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE.
Tasa de interés de colocación de crédito hipotecario	Serie de la tasa de interés de colocación ponderada por volumen del monto desembolsado para el segmento superior a interés social. Se emplearon series trimestralizadas a partir de series anuales hasta 1994 y series mensuales desde ese período en adelante. Las series se construyeron convirtiendo las tasas indexadas a sus equivalentes fijos con las unidades de indexación correspondientes (UPAC o UVR), ponderando por la participación de monto desembolsado a tasa fija e indexada.	Instituto Colombiano de Ahorro y Vivienda y Asobancaria en el período 1988-2002; Superintendencia Financiera a partir de mayo de 2002.
Crédito hipotecario	Serie del valor real de los desembolsos de crédito para la adquisición de vivienda que incluyen préstamos hipotecarios, subrogaciones y operaciones de leasing habitacional.	Instituto Colombiano de Ahorro y Vivienda y Asobancaria.
Precio del suelo	Aproximado con el Índice del Precio del Suelo de Bogotá (IPSB).	Banco de la República
Costos de construcción	Aproximados con el Índice de Costos de Construcción de Vivienda (ICCV). Se removió el componente estacional de la serie.	Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE.
Presencia de inversionistas en el mercado	Aproximada con la proporción de deudores de crédito de vivienda para los que el desembolso del préstamo en el trimestre t implica la constitución de dos, tres o más hipotecas asociadas a su identificación.	Asobancaria y Experian - Datacrédito.

Gráfico 4
SERIES EMPLEADAS
(Variables normalizadas)

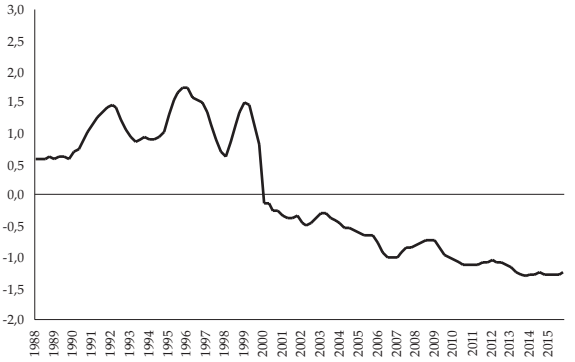
Índice de precios de vivienda usada - IPVU



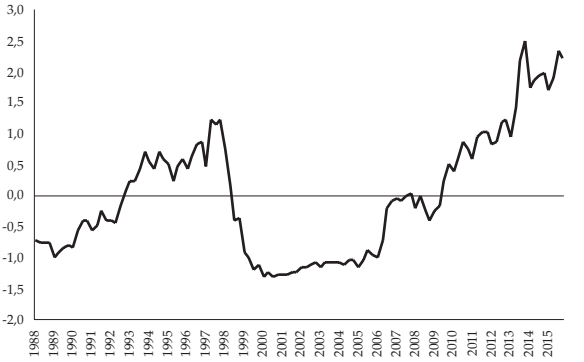
Producto Interno Bruto - PIB



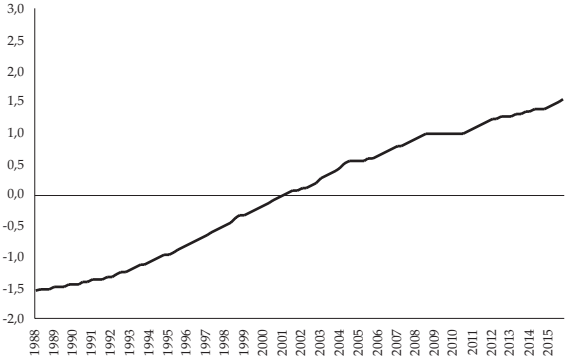
Tasa de interés hipotecaria



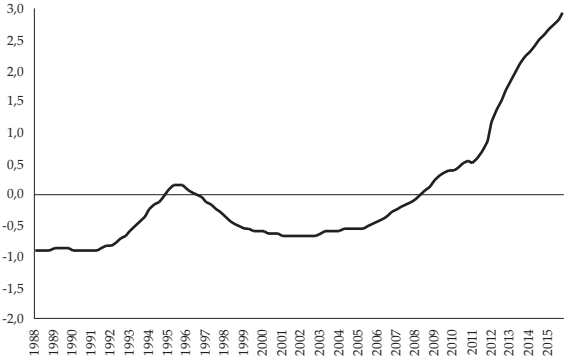
Desembolsos de crédito de vivienda



Índice de costos de construcción - ICCV



Índice de precios del suelo de Bogotá - IPSB



Anexo B
DETALLES DE LA METODOLOGÍA

Modelo uniecuacional de umbrales

Sea *(4)* un modelo de regresión simple donde el comportamiento de y_t es explicado en función de las variables exógenas X_t con ϵ_t como término de error.

$$y_t = \beta X_t + \epsilon_t \qquad (4)$$

Es posible que los efectos de ciertas variables exógenas sobre y_t varíe de acuerdo al comportamiento de una variable continua q_t, denominada variable umbral. Esto puede ocurrir, por ejemplo, en casos en los que se presuma que pueden existir varias situaciones de equilibrio o cuando es necesario fraccionar la muestra en distintas submuestras, para lo cual es necesario determinar el valor apropiado de q_t para generar los diversos grupos o regímenes (Hansen, 2000). Así pues, el modelo anterior puede expresarse de la siguiente manera

$$y_t = \begin{cases} \beta X'_t + \delta_1 Z_t + \epsilon_t & \text{si} \quad q_t < \gamma \\ \beta X'_t + \delta_2 Z_t + \epsilon_t & \text{si} \quad \gamma \leq q_t \end{cases} \qquad (5)$$

donde las variable exógenas del modelo inicial se han repartido en aquellas cuyos parámetros permanecen constantes entre regímenes (X'_t) y aquellas cuyos parámetros varían según el régimen determinado por el valor umbral (γ) de la variable q_t. Utilizando una función binaria $I(\cdot)$ que se active de acuerdo a los condicionales planteados respecto a q_t y γ, *(5)* puede expresarse de forma uniecuacional como:

$$y_t = \beta X'_t + I(q_t < \gamma)\,(\delta_1 Z_t) + I(\gamma \leq q_t)\,(\delta_1 Z_t) + \epsilon_t \qquad (6)$$

El modelo *(2)* presentado en este trabajo sigue precisamente una estructura de este tipo. Ahora bien, es necesario encontrar los parámetros β y δ, y el valor umbral γ, que minimicen la siguiente función de suma de residuos al cuadrado del modelo

$$S_n(\beta, \delta, \gamma) = (y_t - \beta X'_t + Z_t \delta_n)'((y_t - \beta X'_t + Z_t \delta_n)) \qquad (7)$$

Dado un valor umbral, $\hat{\gamma}$, la minimización de S_n puede plantearse como un problema de mínimos cuadrados ordinarios estimados por concentración en el que deben encontrarse los valores umbral que minimicen la función para todos los regímenes del modelo. Adicionalmente, es posible permutar las observaciones de la muestra de forma que la variable umbral sea no-decreciente y aplicar el método de estimación discontinua sugerido por Bai y Perron (1998). En concreto, se emplea un estadístico F que permite verificar la igualdad de los parámetros δ entre los distintos l distintos regímenes.

$$F(\hat{\delta}) = \frac{1}{T}\,\frac{T - (l+1)\,q - p}{kq}\,(R\hat{\delta})'(R\hat{V}(\hat{\delta})R')^{-1}\,R\hat{\delta} \qquad (8)$$

donde T es el número de observaciones, l es el número de regímenes, $(R\hat{\delta})'$ es un vector de la forma $(R\hat{\delta})' = (\delta_0' - \delta_1', \ldots, \delta_l' - \delta'_{l+1})$ y $\hat{V}(\hat{\delta})$ es la matriz de varianzas y covarianzas de los parámetros $\hat{\delta}$. Por consiguiente, el algoritmo estima los parámetros del modelo escogiendo los valores umbral que minimizan la función de suma de residuos al cuadrado a través de todos los regímenes y prueba que exista evidencia de que los parámetros cambiantes sean distintos entre regímenes. En caso de que no se rechace la hipótesis nula de igualdad, el modelo con efectos umbral se descarta a favor del modelo lineal *(4)*.

Modelo de vectores autorregresivos con umbrales

La estimación de los modelos de vectores autorregresivos sigue una metodología similar a la presentada anteriormente en la medida en que para un valor umbral dado el modelo VAR considerado es lineal y es posible estimar directamente los parámetros mediante mínimos cuadrados ordinarios condicionales (Hansen, 2000). Al igual que en el caso anterior, se estiman modelos para cada valor posible de la variable umbral q_t de forma que se minimice la función de suma de residuos al cuadrado. Este proceso se realiza restringiendo el número mínimo de observaciones que puede existir en cada régimen, de forma que se eviten problemas de sobre parametrización.

Anexo B
DETALLES DE LA METODOLOGÍA

Las pruebas de linealidad que permiten determinar la pertinencia del modelo que incorpora efectos umbral en contraste al modelo lineal se realizan a partir de la metodología sugerida por Hansen (1999) modificada posteriormente por y Lo y Zivot (2000). En particular, se emplean pruebas basadas en ratios de verosimilitud (LR) que permiten comparar las matrices de covarianzas de cada modelo estimado de la siguiente forma:

$$LR = T\left(ln\left(det(\hat{\sum}_i) - ln\left(det\left(\hat{\sum}_j\right)\right)\right)\right) \quad (9)$$

donde $det(\hat{\sum}_i)$ son los determinantes de las matrices de varianzas y covarianzas estimadas de cada uno de los modelos. Así pues, valores p inferiores al nivel de confianza de 5% implicarían que existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de linealidad.

Algoritmo para la estimación de funciones impulsos-respuesta

La estimación de los ejercicios de impulso-respuesta de este trabajo siguen la metodología propuesta por Koop, Pesaran y Potter (1996), adaptada por Afonso et al. (2011). Esta metodología sigue el siguiente algoritmo, dadas las consideraciones expuestas sobre el carácter de no-linealidad del modelo TVAR.

- Elegir una historia tomando las series observadas y aproximar los choques mediante la estimación de realizaciones aleatorias de las series con los residuos del modelo TVAR estimado. Así, para un punto de la muestra desde 0 hasta t, generar una simulación de las realizaciones de las series base a los residuos del modelo estimado.

- Repetir el paso anterior incluyendo un choque de una desviación estándar en la variable impulso seleccionada para generar realizaciones involucrando esta información.

- Generar la diferencia entre las realizaciones obtenidas en los pasos 2 y 3 para cada punto de la muestra. Realizar un bucle de este proceso 500 veces y promediar los resultados obtenidos. El resultado es la función de impulso respuesta promedio para la condición inicial particular de la historia entre 0 y t.

- Repetir los pasos 2 al 4 para cada condición inicial en cada uno de los regímenes. Promediar los resultados basados en cada una de las distintas condiciones iniciales.

Volumen XLVI | No. 2 | Diciembre de 2016 | pp. 41-74

Anexo C
PRUEBAS DE RAÍZ UNITARIA

Cuadro 4
PRUEBAS DE RAÍZ UNITARIA

Variable	Orden de diferenciación	Prueba de Dickey- Fuller Aumentada	Prueba de Phillips-Perron
IPVU	1	-2.364 ***	-14.267 ***
PIB	1	-2.094 ***	-5.253 ***
Tasa de interés	1	-7-728 ***	-7.481 ***
Desembolsos de crédito	1	-3.068 ***	-11.010 ***
ICCV	1	-3.896 ***	-3.869 ***
IPSB	1	-2.363 ***	-2.286 ***
Variable umbral	0	-6.892 ***	-6.638 ***

Nota: El cuadro presenta los estadísticos t de las pruebas de raíz unitaria de Dickey-Fuller ampliada y Phillips-Perron sobre las series empleadas en el modelo TVAR (2).
** y ***, denotan que existe evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de raíz unitaria a niveles de confianza de 10% y 5%, respectivamente.