



Sección. Investigación | Section. Research | Seção. Pesquisa

Artículo revisado por pares académicos.

## Efecto de las restricciones de altura en Bogotá-Región (2017)

**Hernán Darío Enríquez Sierra.** Magíster en Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia y economista de la misma universidad. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4662-4324> Correo electrónico: hernan.enriquez@usa.edu.co

**Lina Fernanda Cantor Arias.** Magíster en Economía Regional y Urbana de la Universidad Sergio Arboleda y economista de la misma universidad. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4564-9121> Correo electrónico: anil22\_dsn@hotmail.com

**Luisa Fernanda Rojas Barreto.** Magíster en Economía Regional y Urbana de la Universidad Sergio Arboleda y economista de la misma universidad. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8820-876X> Correo electrónico: lurojas.barreto@gmail.com

**Juan Camilo Peña Urbina.** Economista de la Universidad Sergio Arboleda. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0972-0480> Correo electrónico: juancamilopenaurbina@gmail.com

**Ana Valentina Aponte Morales.** Economista de la Universidad Sergio Arboleda. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1899-4678> Correo electrónico: anavalentina1112@gmail.com

**Recibido:** 23 de febrero de 2022

**Aprobado:** 06 de noviembre de 2022

**Publicado:** 26 de noviembre de 2023

**Acceso abierto:** Creative Commons:  
Atribución-NoComercial-  
CompartirIgual 4.0 Internacional  
(cc BY-NC-SA 4.0), la cual permite  
a otros distribuir, remezclar,  
retocar, y crear a partir de su obra,  
de modo no comercial, siempre y  
cuando den crédito y licencien sus  
nuevas creaciones bajo las mismas  
condiciones.



**Conflicto de intereses:** la autora ha declarado que no existen conflictos de intereses.

### Resumen

El ordenamiento del territorio urbano cuenta con dos instrumentos de política para incidir en la ocupación del suelo y limitar el desarrollo de los mercados: la regulación en los usos del suelo y las restricciones a las alturas de edificación. En este documento se analiza cómo las restricciones de edificación especificadas para Bogotá en el marco del Plan Ordenamiento Territorial (POT) (Decreto 190 de 2004) y los procesos de urbanización de los municipios vecinos a la ciudad influyen sobre el bienestar urbano en la región. La metodología de análisis contempla la estimación un modelo de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) en función del área total, el índice FAR (floor area ratio), el cual mide el número de veces que representa el área construida sobre el área total, y la renta agrícola. Los resultados corroboran que las restricciones de edificación 2004 no han sido adecuadas en términos de condiciones de bienestar urbano, pues tuvo como resultado el crecimiento desordenado y disperso de los municipios.

**Palabras clave:** restricciones de edificación, FAR, bienestar urbano, municipios.

## Effect of height restrictions in Bogota-Region (2017)

### Abstract

The urban land planning has two policy instruments to shape land occupation and limit market development: land use regulation and building height restrictions. This paper examines the impact of specified building restrictions in Bogota under the framework of the Territorial Planning (POT by its acronym in Spanish) (Decree 190 of 2004) as well as the urbanization processes in neighbouring municipalities on urban welfare in the region. The analysis methodology includes estimating an ordinary least squares (OLS) model using variables such as total area, floor area ratio (FAR) –which measures the ratio of built-up area to total area– and the agricultural rent. The results confirm that the building restrictions Implemented In 2004 have not effectively contributed to desirable urban welfare conditions, as they have resulted in disordered and dispersed growth of the municipalities.

**Keywords:** building restrictions, FAR, urban welfare, municipalities.

## Efeito das restrições de altura na Bogotá-Região (2017)

### Resumo

O ordenamento do território urbano tem dois instrumentos políticos para incidir na ocupação do solo e limitar o desenvolvimento dos mercados: a regulamentação dos usos do solo e das restrições às alturas de edificação. Este documento analisa como as restrições de edificação especificadas para Bogotá dentro do Plano de Ordenamento Territorial (POT) (Decreto 190 de 2004) e os processos de urbanização dos municípios vizinhos à cidade influenciam o bem-estar urbano da região. A metodologia de análise contempla a estimativa de um modelo de mínimos quadrados ordinários (MCO) em função da área total, do índice FAR (floor area ratio), que mede o número de vezes que a área construída representa sobre a área total, e da renda agrícola. Os resultados corroboram que as restrições de edificação de 2004 não foram adequadas em termos de condições de bem-estar urbano, pois resultaram no crescimento desordenado e disperso dos municípios.

**Palavras-chave:** restrições de edificação, FAR, bem-estar urbano, municípios.

## Introducción

La política pública relacionada con el ordenamiento del territorio urbano y con el control a la expansión de las ciudades se debate entre dos elementos principales. Por un lado, se presenta la necesidad de dirigir los efectos sociales y económicos que inciden en la ocupación del suelo urbano, derivados de interacciones de agentes y el desarrollo de los mercados. Por otro lado, se presenta la posibilidad –en muchas ocasiones subóptima– de limitar a los mercados con dos instrumentos de política como son la regulación de usos de suelo y la altura de edificación. Como resultado, en los procesos de ordenación del territorio se definen restricciones sobre lo que se construye y qué se construye en cada localización de una ciudad.

La limitación del desarrollo edificador tiene defensores y detractores, tanto en la academia como a nivel de toma de decisiones de ciudad. Los primeros argumentan que, de no hacerse, las ciudades se expandirían de manera constante y desequilibrada, generando procesos de urbanización tipo “mancha de aceite”. Esto tendría efectos tanto en la sostenibilidad ambiental como en la económica, derivados de mayores costos sociales de la urbanización (contaminación, costos de desplazamiento, etc).

En el segundo caso se sostiene que si bien limitar el crecimiento urbano es una buena medida (Kono y Joshi, 2012), esta no podría compensar el efecto de una subida de precios en los mercados de suelo e inmobiliario, así como de la imposibilidad para que florezcan actividades económicas en la medida en que la ciudad se expande. Esto genera como resultado ciudades con mayores costos de vida, dificultades para encontrar vivienda asequible (en especial para hogares de menores ingresos) y una fuerte atomización de la actividad económica en pocos lugares de la ciudad (Glaeser y Gyourko, 2003; Molloy, 2018). En resumen, el debate sobre las restricciones al crecimiento recae en las condiciones de bienestar que pueden surgir cuando se imponen dichas limitaciones. Para ello, es importante considerar que la configuración de

las ciudades viene dada por la interrelación de factores económicos, sociales, políticos, culturales y ambientales, que son modelados a través de las normas.

El objetivo de este documento es evaluar si las restricciones de edificación en Bogotá, especificadas en el Plan Ordenamiento Territorial (Decreto 190 de 2004) han sido adecuadas en términos de bienestar urbano. De igual manera, desde una perspectiva metropolitana, se pretende establecer cómo los procesos de urbanización de los municipios vecinos a la ciudad están afectando las condiciones de vida urbana de toda la región. De esta forma se puede responder si la norma urbana genera o no afectaciones al bienestar de los ciudadanos.

Para ello, se acude a la verificación econometrífica del efecto de la restricción de alturas definida para diecinueve localidades de Bogotá y catorce municipios de Cundinamarca, siguiendo el trabajo de Bertaud y Brueckner (2005). Este análisis tiene el propósito de establecer si una mayor compacidad urbana, medida como el ratio entre el área construida y el área de terreno de cada unidad espacial, ha generado un menor consumo de área urbanizable.

El documento se divide en cinco secciones, de las que esta introducción es la primera parte. En la segunda sección se presenta el estado de la literatura sobre los efectos de las restricciones de construcción en altura para las ciudades. En la tercera sección se desarrolla el marco teórico sobre una ampliación del modelo Alonso-Muth-Mills que desarrollan Bertaud y Brueckner para mostrar el efecto sobre los gradientes de precios y densidad de las restricciones a la edificabilidad. La cuarta sección presenta la especificación y resultados de los modelos económétricos y la quinta sección aborda las conclusiones de la investigación.

## Estado del arte

En esta sección se revisan trabajos relevantes de análisis cuantitativo de impactos y costos de bienestar que surgen de la definición de las restricciones en la altura de las construcciones.

Generalmente, estas condiciones se reflejan en la norma de ocupación y edificación de los lotes de las ciudades, pero los autores que abordan la norma de ocupación y edificación de los lotes en las ciudades estiman resultados para determinadas unidades espaciales agregadas con restricciones diferenciadas.

La literatura consultada se concentra en los efectos de la expansión urbana derivados de la imposición a las restricciones de altura. Para ello, se estudia la evolución de la variación del gradiente del FAR (*floor area ratio*), el cual mide el número de veces que representa el área construida, respecto al área de terreno del área estudiada. Aquí se puede determinar si la norma se dirige a limitar la construcción (de manera explícita) o si la restricción se sujeta a la forma de ocupar el área de terreno (de manera implícita): por ejemplo, en un área de terreno se puede edificar un piso de la misma dimensión o dos pisos en el 50 % de la dimensión de un piso, de acuerdo con la restricción de ocupación.

Desde un enfoque descriptivo, la evidencia sugiere que las restricciones al crecimiento en altura suponen la expansión de la ciudad en el territorio. Para el caso de Beijing, Ding (2013) evalúa si las restricciones de altura han estado acordes con el objetivo de planificación de la ciudad. Sus resultados sugieren que esto ha sido así hasta 8 kilómetros de proximidad al centro histórico de la ciudad, mientras que fuera de esa área, el crecimiento ha obedecido más a las fuerzas del mercado inmobiliario. Adicionalmente, el autor estima que, de mantenerse la norma vigente, la ciudad necesita expandirse 28 kilómetros cuadrados, lo que equivale al 12 % de aumento del límite urbano y un aumento del 25 % de las áreas urbanizadas.

Por su parte, Kono y Joshi (2012) analizan la regulación de los límites de crecimiento urbano que restringe el tamaño de la ciudad y permite la internalización de externalidades como la congestión de tráfico cuando se promueve la densificación en áreas centrales. Del mismo modo, los autores encuentran que una regulación óptima ocasiona la contracción de

la ciudad regulada por el FAR. El concepto de *norma óptima* guarda mayor relevancia con el fin de evitar incentivos perversos, cuando se define de manera indiscriminada para sectores de la ciudad.

Jung (2019) estudia el vínculo entre el desarrollo urbano por parte del sector privado y la política de incentivos de planificación urbana “Bono de FAR” en Seúl, Corea del sur. El autor encuentra que dicha política de incentivos puede generar una masa de construcción excesiva que disminuya la calidad de los entornos urbanos a costa de una menor expansión en el territorio. Este planteamiento de la norma perversa (o que motiva a los actores del mercado a generar resultados adversos) también es analizada por Cai, Wang y Zhang (2016), quienes encontraron que en China los desarrolladores construyeron por encima de los límites reglamentarios del FAR en el desarrollo de tierras (en más del 20 % de los casos) y el área total construida en esos casos aumentó un 21.5 % por encima del límite regulatorio. Una de las razones de estos resultados es que la ubicación de los terrenos cuenta con atributos atractivos que tienden a inducir a los desarrolladores a buscar ajustes ascendentes de FAR.

Sridhar (2007) discute una importante controversia sobre la forma en la que crece la ciudad: horizontal o vertical. Los hallazgos sugieren que las ciudades deberían optar por un crecimiento vertical en lugar de horizontal en aras de la eficiencia. Al analizar los resultados, se determina que las regulaciones de uso del suelo son significativas para determinar el patrón de población y suburbanización de los hogares (o crecimiento horizontal) en el contexto de la India y, por tanto, no se puede ignorar el papel extraordinario que desempeñan.

En cuanto a la existencia de un gradiente del FAR, Barr y Cohen (2014) estiman que la ciudad de Nueva York sigue siendo monocéntrica con respecto a sus FAR. Esto sugiere que grandes áreas de terreno permiten que la tierra se use con mayor intensidad en esas zonas. Sin embargo, al alejarse del centro, la relación en promedio se vuelve negativa, lo que indica que

las parcelas grandes se usan con menos intensidad entre más lejos se está del centro.

Desde el punto de vista estructural, se encuentra la literatura que evalúa el crecimiento y tipo de ocupación de la ciudad y cómo esto puede afectar el bienestar de sus pobladores. En este sentido, Bertaud y Brueckner (2004) realizan una simulación para la ciudad de Bangalore, India, donde las restricciones de altura están vigentes. Los resultados muestran que el costo de bienestar oscila entre el 1.5% y el 4.5 % del ingreso de los hogares. Lo anterior revela una pérdida de bienestar general derivada de la norma urbanística, teniendo en cuenta que esta magnitud puede representar la diferencia entre la pobreza y el estado de no pobreza en muchos hogares. Los autores también señalan que la restricción FAR tiene asociados unos beneficios, como el ahorro en costos de infraestructura en el centro de la ciudad, por ejemplo. Sin embargo, la existencia de beneficios depende de la tecnología de provisión de infraestructura, dado que la restricción de FAR podría ocasionar que los costos totales de la infraestructura aumenten en lugar de disminuir, por los costos adicionales de proveer una red más amplia.

Por su parte, Kulish, Richards y Gillitzer (2012), basados en un modelo monocéntrico tipo Alonso-Muth-Mills, destacan algunas influencias a largo plazo en la oferta y la demanda de viviendas urbanas en Australia. Los resultados más relevantes están relacionados con la infraestructura de transporte y las políticas de uso de la tierra. Con relación al primer punto, Kulish et al. (2012) muestran que en las ciudades con mejor infraestructura de transporte es más probable que las personas opten por vivir lejos de la ciudad donde los precios de la tierra y la vivienda son más bajos y el tamaño de las viviendas puede ser mayor. Con relación al segundo aspecto, los autores indican que los límites de zonificación en la cantidad de viviendas construidas cerca del distrito central de negocios (CBD en inglés) conllevan que una mayor parte de la población viva en los anillos medios y exteriores (los más

alejados del CBD). Lo anterior genera un incremento en la huella general de la ciudad y da como resultado precios de la vivienda más altos. De esta forma, se espera que a medida que aumenta la población de las ciudades estos efectos sean más pronunciados.

Kono y Joshi (2012) muestran cómo controlar el tamaño de los edificios para mitigar el tráfico en una ciudad monocéntrica. Para ello, realizaron un análisis de la regulación del FAR, en el que diferenciaron los efectos de las regulaciones de densidad urbana, entre una ciudad abierta y una ciudad cerrada. En la ciudad cerrada, la población no cambia como respuesta a la regulación; por el contrario, en una ciudad abierta, la población cambia en respuesta a la regulación de densidad. Así, los autores afirman que para las ciudades cerradas se necesita un ajuste a la baja de la densidad del mercado en las ubicaciones de los límites urbanos (mediante la regulación máxima de FAR) y ajustes hacia arriba en las ubicaciones centrales (a través de la regulación de mínima FAR). Por su parte, para las ciudades abiertas solo necesitan aplicar la regulación máxima de FAR.

Quigley y Raphael (2005) exploran los vínculos entre las regulaciones de uso del suelo, el crecimiento del stock de viviendas y los precios de las viviendas en las ciudades de California, por medio del desarrollo de un índice de regulación a nivel de ciudad que después es relacionado con los precios locales de la vivienda en 1990 y 2000. En sus resultados, los autores encuentran que los precios de la vivienda y los alquileres son más altos en las ciudades con una regulación más estricta del desarrollo y el uso del suelo. Respecto al stock de vivienda, los resultados son estadísticamente significativos para las viviendas unifamiliares: las restricciones ejercen un efecto negativo sobre la oferta de vivienda, mientras que para las viviendas multifamiliares no se halla evidencia de una relación entre las restricciones y el crecimiento del stock.

En resumen, la evidencia señala dos resultados de interés. El primero es que las restricciones en alturas deben obedecer a un criterio

de tamaño óptimo de ciudad más que a una decisión local en la que se implementa la normatividad. En segundo lugar, que entre más rígida sea la restricción, peores serán los resultados no solo en términos del tamaño sino también en el bienestar de la población. Del primer caso se tiene que si existe una brecha significativa entre el FAR óptimo que maximiza el valor del suelo y el FAR regulatorio se tendrán consecuencias tanto en precios como en cantidad de suelo consumido y viviendas construidas (Cai et al., 2016). Del segundo caso se concluye que, en la medida en que se haga más flexible la norma urbanística, se puedan alojar allí más hogares y, de esta forma, contener el crecimiento excesivo de la ciudad y la expansión urbana descontrolada, reducir los desplazamientos y hacer que las viviendas sean más asequibles (Sridhar, 2007).

## Marco teórico

La planificación urbana y el ordenamiento territorial son dimensiones que necesitan del intercambio y la investigación multidisciplinar: la consolidación de la norma urbana requiere de una perspectiva social, política, legal, tributaria, ambiental, espacial y económica para reconocer los poderes e intereses de distintos actores que interactúan dentro de este espacio (Ornés, 2009). Los modelos clásicos de la economía urbana, explicados dentro de esta base teórica, están en función del aspecto económico-espacial. Las aproximaciones desarrolladas por autores como Alonso (1964), Mills (1967, 1972b), Muth (1969), Wheaton (1974), Brueckner y von Rabenau (1981), Fujita y Ogawa (1982), Brueckner y Fansler (1983), Brueckner (1987), Fujita (1989; 2000), Lucas y Rossi-Hansberg (2002), Bertaúd y Brueckner (2005), entre otras aproximaciones, han concluido que:

- Los suelos más cercanos al Centro Distrital de Negocios (CBD) son las ubicaciones más estratégicas<sup>1</sup>. No obstante, solo se localizarán cerca al CBD aquellas actividades económicas que puedan pagar el alto valor de ese suelo. De esta manera, los usos cada vez menos rentables se localizarán más lejos hasta llegar a la frontera agrícola. La competencia entre los distintos usos del suelo se basa en un estricto principio económico: las actividades que requieren una localización óptima pagarán rentas elevadas, pero si optan por asentarse en la periferia, pagarán un alto costo por el transporte. En este contexto, los empresarios del sector comercio y servicios están dispuestos a pagar más renta del suelo para establecerse lo más cerca posible al centro de negocios. De la misma manera, los hogares estarán dispuestos a pagar un mayor precio por habitar una vivienda más pequeña, con tal de localizarse lo más cerca al centro. Esto conlleva que alrededor del centro de la ciudad, los usos se dividan en comercial, residencial y un espacio de uso mixto para el cual cada ubicación contiene negocios y viviendas.
- Las diferencias de costos de transporte dentro de un área urbana deben equilibrarse con diferencias en el precio de la vivienda. Por ejemplo, a mayor distancia del centro de empleo el gradiente de precios de la vivienda va disminuyendo. Este hecho implica viajes largos y costosos para quienes viven lejos del CBD, con implicaciones de largo alcance para la estructura espacial de la ciudad.
- La intensidad del uso del suelo es diferente en el espacio. Se tienen mayores alturas cerca de los centros, pero a medida que crece la distancia a esos centros las estructuras representan relaciones capital-tierra mucho más bajas.

Bajo esta lógica, y siguiendo a Bertaúd y Brueckner (2005), se formaliza el impacto de la

<sup>1</sup> Las empresas quieren estar cerca de otras para capturar los beneficios de la aglomeración de la actividad económica (Rosenthal y Strange, 2004). No obstante, la competencia no es solo entre empresas, también es entre trabajadores por obtener viviendas que estén cerca de los lugares de empleo.

regulación de las alturas en el bienestar y tamaño de las ciudades. Inicialmente, se asume que el ingreso disponible de los habitantes ( $N$ ) de una ciudad viene dado por  $y - tx$ , donde  $y$  representa el ingreso,  $x$  la distancia al lugar de empleo (CBD) y  $t$  el costo de transporte.

Los individuos tienen una función de utilidad  $v(c, q)$ , que depende del consumo de un bien numerario que no sea vivienda, denotado por  $c$ , y la vivienda en metros cuadrados, representada por  $q$ . La restricción del presupuesto es, entonces,  $c + pq = y - tx$ , donde  $p$  denota el precio por metro cuadrado. Al reescribir, se tiene la siguiente función de utilidad  $v(y - tx - pq, q)$ .

Al enfrentar un problema de elección de localización se hace necesario que la maximización del nivel de utilidad sea uniforme en todo el espacio, por tanto, se tiene:

$$\max_q v(y - tx - pq, q) = u \quad (1)$$

La ecuación 1 implica dos condiciones: una de primer orden para la elección de  $q$  y otra de que la utilidad es igual a  $u$ . Estas dos condiciones determinan  $q$  y  $p$  como funciones de los parámetros de interés, que en este caso son  $x$  y  $u$ , es decir las soluciones son dadas por:

$$q(x, u), \quad p(x, u)$$

Asegurar la indiferencia de ubicación para los residentes implica que  $p$  debe disminuir a medida que aumenta  $x$ , para compensar los mayores costos de transporte incurridos por mayores distancias, de modo que  $p_x < 0$ . En respuesta a esta disminución del precio, el tamaño de la vivienda aumenta con  $x$ , de modo que  $q_x > 0$ . Así mismo, un aumento en  $u$  afecta tanto a  $p$  como a  $q$ . El precio de la vivienda cae a medida que aumenta  $u$ , con  $p_u < 0$ . El precio más bajo permite que el consumidor alcance una curva de indiferencia más alta con un ingreso disponible que se mantiene constante. Mientras la vivienda sea un bien normal, este movimiento debe implicar un aumento en:

$$q, \text{ con } q_u > 0.$$

Ahora bien, la vivienda se produce al combinar tierra y capital (materiales de construcción), bajo una tecnología de rendimientos constantes. Debido a esos rendimientos, la producción de vivienda por unidad de tierra puede escribirse  $h(S)$ , donde  $h$  es la forma intensiva de la función de producción y  $S$  es la relación capital-tierra, denominada "densidad estructural" ( $h$  satisface  $h' > 0, h'' < 0$ ). Dado que  $h(S)$  proporciona el área construida de vivienda por unidad de tierra, se puede decir que representa la relación área construida versus área total de tierra (FAR<sup>2</sup>).

Con el precio del capital normalizado a la unidad, el beneficio por unidad de tierra para el desarrollador de viviendas es igual a  $ph(S) - S - r$ , donde  $r$  es la renta por unidad de tierra. Dado  $p$ , el desarrollador elige  $S$  para maximizar la ganancia. La renta de la tierra se determina por la condición de ganancia cero, que se puede escribir  $r = ph(S) - S$ . En vista de que  $S$  depende de  $p$ , a través de la condición de primer orden, en última instancia, depende de los determinantes de  $p$ , es decir,  $x$  y  $u$ . Además, como  $r$  depende de  $p$  y  $S$ , también depende de estos mismos parámetros. Así, las soluciones pueden ser escritas:

$$S(x, u), r(x, u)$$

Dado que  $p_x < 0$  se mantiene y que un precio menor disminuye el incentivo para desarrollar la tierra,  $S_x < 0$  también se cumple, lo que indica que la densidad construcción disminuye con  $x$ . De manera similar, la renta del suelo también disminuye con  $x$ , de modo que  $r_x < 0$ . Finalmente, con una  $u$  más alta deprimiendo  $p$ , tanto  $S$  como  $r$  caen a medida que aumenta la utilidad, lo que produce  $S_u < 0, r_u < 0$

Las condiciones de equilibrio urbano presentadas determinan el nivel de utilidad  $u$ , así como la distancia  $\bar{x}$  hasta el borde de la ciudad. Estas condiciones de equilibrio requieren: 1) que la renta del suelo urbano en  $\bar{x}$  sea igual a la renta agrícola  $r_a$  (ecuación 2); y 2) que la

2 El FAR se calcula dividiendo el área total de una construcción por el área del lote. Un límite superior en esta relación pone, efectivamente, un límite a la altura del edificio (Bertaud y Brueckner, 2005).

población de la ciudad  $N$  se ajuste dentro de  $\bar{x}$  (ecuación 3). Los valores de equilibrio de  $u$  y  $\bar{x}$  se denotan  $u_0$  y  $\bar{x}_0$ .

$$r(x_0, u_0) = r_a \quad (2)$$

$$\int_0^{\bar{x}_0} \theta x \frac{h(S(x, u_0))}{q(x, u_0)} dx = N \quad (3)$$

En la ecuación 3,  $\theta < 2\pi$  corresponde a la cantidad de tierra disponible para vivienda. Por su parte,  $h(S(x, u_0))/q(x, u_0)$  es igual al área construida por unidad de tierra dividido por el tamaño de la vivienda. Por lo tanto, esta relación indica viviendas por unidad de tierra, que a su vez es igual a la densidad de población si cada vivienda contiene una persona.

Ahora bien, bajo una restricción del FAR, se impone un límite superior a los metros cuadrados de viviendas que pueden producirse por unidad de tierra. En el modelo, esta restricción puede escribirse:

$$h(S) \leq \hat{h} \quad (4)$$

donde  $\hat{h}$  es el límite FAR. Dado que  $S$  disminuye con  $x$  en una ciudad sin restricciones, como se vio anteriormente, se deduce que la producción de viviendas por unidad de tierra  $h(S)$ , también disminuye con  $x$ . Como resultado, la restricción FAR estará en la parte central de la ciudad, donde  $h(S)$  normalmente sería alta. En este sentido, las ecuaciones (2) y (3) pueden reescribirse de la siguiente manera —teniendo que  $x$  es el valor de  $\hat{x}$  donde la restricción FAR aplica y donde  $u_1$  y  $\bar{x}_1$  denotan los valores de equilibrio para  $u$  y  $x$  en la ciudad con restricción FAR—:

$$r(\bar{x}_1, u_1) = r_a \quad (5)$$

$$\int_0^{\hat{x}} \theta x \frac{\hat{h}}{q(x, u_1)} dx + \int_{\hat{x}}^{\bar{x}_1} \theta x \frac{h(S(x, u_1))}{q(x, u_1)} dx = N \quad (6)$$

Donde  $\hat{h}=h(S(\hat{x}, u_1))$ , lo que indica la ubicación donde la restricción FAR se convierte en vinculante. En la ecuación 6, la segunda integral tiene la misma forma que la ecuación 3, pero un límite inferior de  $\hat{x}$  en lugar de cero. La primera integral implica que  $h$  debe ser igual a  $\hat{h}$  dentro de  $\hat{x}$ . Al obligar a  $h$  a permanecer constante, en lugar de elevarse a medida que  $\hat{x}$  cae sobre este rango, la restricción FAR tiende a reducir la densidad de población en la parte central de la ciudad.

Estas ecuaciones determinan los valores de equilibrio  $u_1$ ,  $\bar{x}_1$  y  $\hat{x}$  para la ciudad restringida por FAR y permiten concluir que:

1. La ciudad restringida ocupa más espacio y tiene menos bienestar para el consumidor que la ciudad sin restricciones, con  $x_1 > x_0$  y  $u_1 < u_0$ .
2. Para cada residente urbano el costo de bienestar de la restricción FAR es igual a  $t(\bar{x}_1 - \bar{x}_0)$ , es decir, representa un aumento en el costo de transporte para el residente que se encuentra en el borde.

## Datos y metodología

Esta sección describe la metodología utilizada para abordar las implicaciones económicas de las restricciones de altura sobre la planificación urbana y el ordenamiento territorial en Bogotá y catorce municipios de Cundinamarca. Para ello, se utilizan como fuentes de información el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital (Idecá). El área total y el área construida de las localidades de Bogotá, excepto Sumapaz, se obtiene del Idecá; mientras que los datos para los catorce municipios de Cundinamarca se toman del IGAC. Para construir el FAR, variable central en el modelo empírico, se obtiene el cociente entre el área construida en el área total<sup>3</sup> de cada localidad y municipio, respectivamente. Como se explicó en el modelo teórico, un determinante importante de las áreas urbanas es la renta agrícola (ver ecuación 2), razón por la que se incluyen en el modelo el valor agregado agrícola, tomado del DANE.

<sup>3</sup> El área total corresponde a la sumatoria del área urbana, el área suburbana y el área de expansión.

**Tabla 1.** Variables del modelo

Variable	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Área total (Ha)	620.8547	1002.239	0.0206	3259.239
Área de zona urbana (Ha)	1470	1349.757	89	5796
Área construida zona urbana (Ha)	930.1212	949.5883	18	3691
Índice FAR	0.5730995	0.3104814	0.1369427	1.366274
High FAR	0.5151515	0.5075192	0	1
Valor agregado agrícola	25.72727	40.30995	0	120
Población (en miles de personas)	278093.4	341037.7	9605	1282231
Observaciones	33			

**Nota:** el número de observaciones corresponde a las diecinueve localidades urbanas de Bogotá y catorce municipios de Cundinamarca.

**Fuente:** elaboración propia, a partir de Ideca, IGAC y DANE (2017).

En las localidades de Bogotá, el promedio del área construida sobre el área total es del 78.9 %; en cambio, en los municipios de Cundinamarca este promedio es del 27.9 %. Los municipios con un mayor valor agregado agrícola son Tenjo, Madrid y Mosquera.

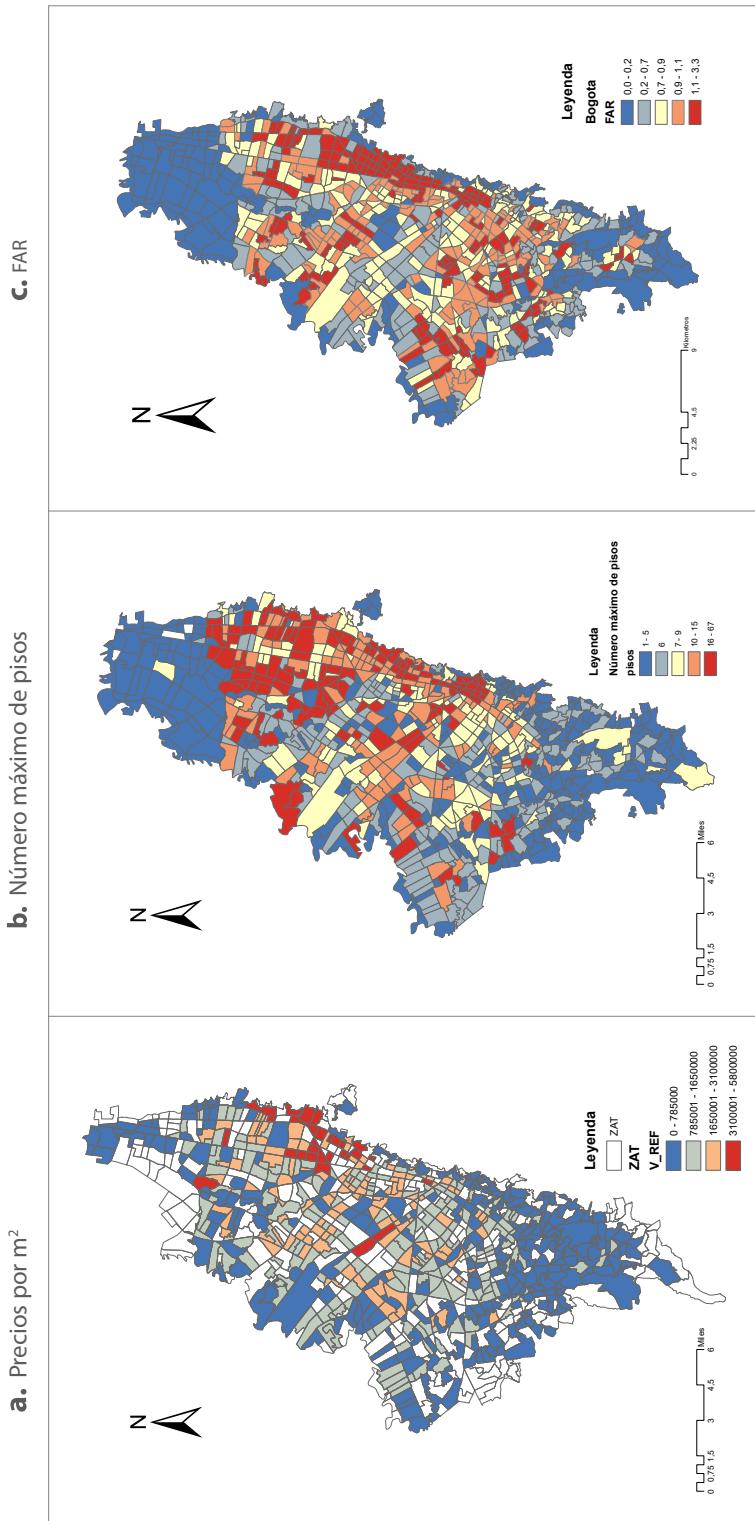
Al evaluar los componentes expuestos en el marco teórico, se encuentra que en Bogotá los lugares que cuentan con mayores precios del suelo coinciden con los lugares donde los valores del FAR son más altos y donde están las mayores alturas (como se observa en la figura 1). Esto concuerda con la lógica económica, pues, según Jaramillo (2009), la construcción en altura, la densidad construida y el precio del terreno dependen de la interacción entre los costos de construcción y el precio de venta del espacio construido (diferente al precio del suelo). Pese a que la construcción en altura implica costos adicionales que van creciendo a medida que aumenta el número de pisos, también posibilita el incremento en la cantidad de espacio construido que se puede vender en un determinado

lugar. De esta forma, si el precio de venta alcanza a compensar los mayores costos de construir en altura, se produce en baja densidad. Si, por el contrario, este precio es lo suficientemente alto para asumir este costo mayor, se utiliza la técnica más intensiva

Con respecto a Cundinamarca, la figura 2 muestra que los municipios que tienen un mayor FAR son Soacha y Facatativá, que poseen, además, una mayor población en comparación con los demás municipios estudiados. Asimismo, los municipios que cuentan con un menor FAR, son Cota y Bojacá, los cuales tienen una menor población.

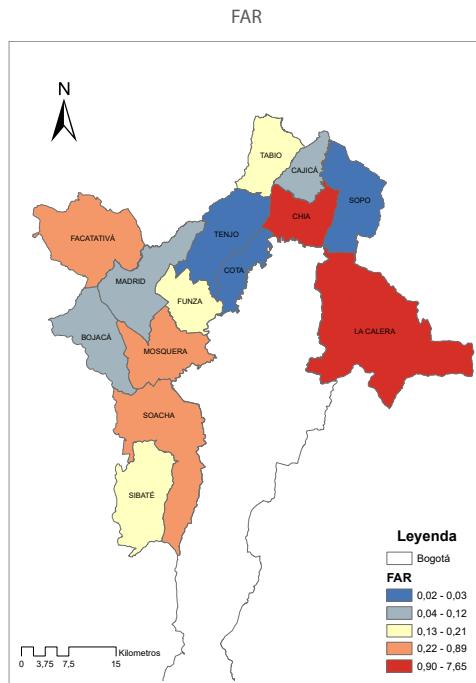
El modelo se estima por mínimos cuadrados ordinarios (MCO), en los que la variable dependiente es el área total de cada una de las localidades y municipios, la cual está en función del índice FAR, la población del año 2017 y el valor agregado agrícola.

Figura 1. Bogotá por zona de análisis de transporte (ZAT)



Fuente: elaboración propia con ArcGIS, a partir de con datos del Ideca (2017).

**Figura 2.** Municipios de Cundinamarca



Fuente: elaboración propia, en ArcGIS, con datos del IGAC (2017).

## Resultados

En la tabla 2 se presentan los resultados de las regresiones con especificación lineal y semilogarítmica<sup>4</sup>. En los modelos tres y cuatro se reemplaza la variable índice FAR por la variable dummy High FAR. En el modelo dos se obtiene que el estimador de la variable central del modelo, el FAR, es significativo y con el signo negativo esperado respecto al área total. La interpretación cuenta solo los resultados de los modelos dos y cuatro, los cuales superan los problemas mencionados anteriormente.

En consecuencia, se evidencia que la relación entre el logaritmo del área total con el valor agregado agrícola es positiva para la estimación 2 y 4. De acuerdo con lo mencionado

anteriormente, un mayor valor agregado agrícola indica una mayor disposición a pagar por la renta del suelo. Teniendo en cuenta que en algunos municipios la mayor extensión de tierra corresponde a una clasificación rural, es posible que la actividad agrícola no sea desplazada por otro tipo de actividades al competir por el uso del suelo y que la producción de vivienda en los suelos alejados del centro sea menor.

Por otra parte, se evidencia que la relación entre el logaritmo de la población con el logaritmo del área total es negativa y no significativa para el modelo 2 y 4. Esto indica que a medida que hay mayores presiones poblacionales, es menor el área disponible y, con ello, es mayor la necesidad de incrementar el stock de viviendas.

4 La variable dependiente, área total, es transformada en logaritmo.

**Tabla 2.** Estimaciones según el modelo de mínimos cuadrados ordinarios (MCO)

	(1)	(2)	(3)	(4)
Variables	Área Total (Ha)	Ln_Area_Total	Área Total (Ha)	Ln_Area_Total
<b>IndiceFAR</b>	-1420.0284** (621.6242)	-8.8303*** (1.5737)		
<b>Ln_pob17</b>	-15.0355 (120.9795)	-0.3561 (0.3063)	39.6696 (118.6463)	-0.1144 (0.2969)
<b>VAgrícola</b>	5.3021 (5.0427)	0.0325** (0.0128)	3.5138 (4.8707)	0.0284** (0.0122)
<b>HighFAR</b>			-1 157.0769*** 390.1866) (0.9763)	-6.1271***
<b>Constant</b>	1147.40120 (1467.7990)	10.2506*** (3.7159)	662.8291 (1139.71737)	5.6261 (3.4960)
<b>Observations</b>	33	33	33	33
<b>R-squared</b>	0.3713	0.7990	0.4308	0.8222
<b>Standard errors in parentheses</b>				
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1				

Fuente: elaboración propia (2017).

Al comparar la magnitud del estimador, tanto del índice FAR como del highFAR, con otros documentos revisados se evidencia que el estimador es desbordado. Por lo anterior, se realiza una prueba de robustez para Bogotá<sup>5</sup> por sector catastral (tabla 3) y se llega a la conclusión de que son los municipios los que provocan que el estimador del FAR sea tan grande al tener áreas dispersas. Lo anterior se debe a que el estimador para Bogotá indica que ante un incremento del FAR, las áreas disponibles por sector catastral disminuyen en 33.68 %. Esto indica que la ciudad lleva consigo las restricciones de altura al ser densa y compacta.

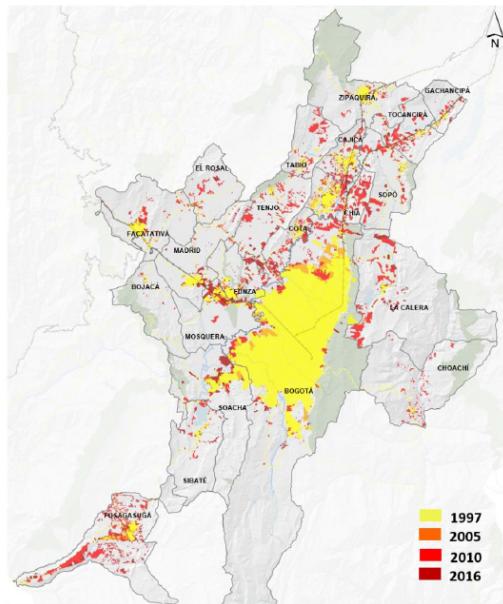
**Tabla 3.** Regresión catastral

	(1)
Variables	La_sec_cat
<b>IndiceFAR</b>	-0.3368*** (0.0518)
<b>Larea_consolidación</b>	0.03044*** (0.0090)
<b>Larea_Desarrollo</b>	0.1004*** (0.0087)
<b>Larea_Renovación</b>	-0.02399** (0.0109)
<b>Constant</b>	11.685*** (0.1768)
<b>Observations</b>	1157
<b>R-squared</b>	0.1094
<b>Standard errors in parentheses</b>	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	

Fuente: elaboración propia con STATA (2017).

5 En esta estimación, el cálculo del Indice FAR corresponde a la división entre el área construida y el área de la superficie del lote. En cambio, el valor catastral hace referencia al área total del lote menos el área de la superficie construida. Por último, dentro de la estimación se utilizan como variables de control las áreas de tratamientos urbanísticos.

**Figura 3.** Huella urbana Bogotá-Región, 1997-2016



Fuente: tomado de IDOM (2018a, p. 32).

**Tabla 4.** Regresión en dos etapas

Variables	First-Stage	Second-Stage
		Ln_Area_Total
IndiceFAR		-14.5686*** (3.4802)
LN_POB17	0.0321 (0.0411)	-0.1460 (0.3636)
Vagrícola	-0.0031** (0.0012)	0.0089 (0.0190)
Crecimientopob	0.0002 (0.0005)	
Densidad85	0.0023** (0.0008)	
Constant	0.0112 (0.4518)	11.6908*** (4.2732)
Observations	33	33
R-squared	0.5686	0.7069
Standard errors in parentheses		
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1		

Fuente: elaboración propia con STATA (2017).

Los resultados del modelo, mostrados anteriormente, son confirmados gracias al informe diagnóstico presentado por IDOM (2018a), el cual muestra que durante 1997-2016 la huella urbana en Bogotá aumentó en 4.808 Ha, mientras que los veinte municipios de Cundinamarca alcanzaron las 20 778 Ha; es decir un crecimiento del 318% de la huella urbana. Un hecho importante es que entre 2005-2010, cuando la huella creció desbordadamente en los veinte municipios, la densidad pasó de 132 hab./Ha, en 2005, a 67 hab./Ha, en 2010, en otras palabras, se redujo en un 50%. Este hecho respalda que el modelo de ciudad que se está construyendo en los veinte municipios es disperso (figura 3). Parte de las recomendaciones de IDOM (2016b) es que se realice una planificación regional, porque de seguir creciendo así, para 2050 se tendrá una mayor proporción de huella urbana dispersa, que consumirá mucho más suelo rural (suelo suburbano, suelos agro-lógicos y áreas protegidas) y provocará mayores costos de urbanización para la región.

No obstante, la variable FAR —al ser una variable manipulada por los gobiernos de las ciudades— debe tratarse como endógena. Siguiendo a Bertaúd y Brueckner (2005), se instrumenta la variable FAR con la tasa de crecimiento de la población, dado que el crecimiento poblacional podría afectar los incentivos para imponer restricciones de uso del suelo. El otro instrumento comúnmente utilizado es la densidad poblacional inicial, que para este caso es la densidad de 1985. Los resultados se muestran en la tabla 4, en la cual el FAR es significativo y negativo con respecto al logaritmo del área total, lo que indica que a medida que el FAR es más alto, las áreas son más compactas. Esta situación es similar a la reflejada en las estimaciones de la tabla 2. No obstante, se evidencia que la tasa de crecimiento no funciona como instrumento de la variable FAR al no ser significativo, por tanto, solo se tiene en cuenta la densidad poblacional para 1985. Una posible explicación de la no significancia del instrumento es que pese a la gran población que ha

recibido Cundinamarca en los últimos años, los municipios no han planificado el territorio.

Finalmente, para comprobar si existen problemas de endogeneidad en el modelo planteado se aplicó el test de Hausman, el cual compara los estimadores iniciales contra el modelo en el que se instrumenta el índice FAR. Los resultados del test muestran que se presenta endogeneidad, dado que se rechaza la hipótesis nula de diferencias no sistemáticas, por tanto, se elige la especificación inicial del modelo presentado en la tabla 2.

## Conclusiones

Se logra corroborar que las restricciones de edificación establecidas para Bogotá en el POT de 2004 no han sido adecuadas en términos de condiciones de bienestar urbano, pues se tuvo como resultado el crecimiento desordenado y disperso de los municipios, lo que ha generado afectaciones a la sostenibilidad ambiental de toda el área metropolitana de Bogotá. La expansión de las ciudades a áreas que aún pueden considerarse como rurales provocan una degradación del suelo que todavía es adecuado para actividades productivas, además se produce la pérdida de acuíferos importantes para la provisión hídrica de la región y la contaminación hídrica por un mal manejo de basuras (Rodríguez, Londoño y Herrera, 2008). Lo anterior, implica una visión del territorio desde lo físico, a partir de las interacciones entre los agentes económicos, que limita la construcción de una visión territorial desde aspectos más amplios en lo social e institucional, en los que se planifica y gestiona de manera integral el desarrollo sostenible (DNP, 2013).

Estos resultados coinciden con la evidencia empírica, la cual (como se menciona anteriormente) señala que entre más rígida sea la restricción, peores serán los resultados en términos del bienestar. Así mismo —en vez establecer las restricciones de alturas basados en criterios acerca del tamaño óptimo de la ciudad y de una visión regional de largo plazo—, los resultados pueden ser producto de una decisión

netamente local, en la que no se tuvo en cuenta los diferentes actores que se verían afectados como, por ejemplo, los municipios aledaños.

Lo anterior, amerita una alerta para que los gobiernos municipales junto con Bogotá, realicen una adecuada planificación urbana y territorial, con el fin de contrarrestar los efectos negativos de la ciudad dispersa. Esta situación genera consecuencias que afectan tanto a la administración pública (debido a mayores costos en la prestación de servicios públicos de educación, salud, seguridad, domiciliarios, de transporte, etc.); como a la población en general, por el aumento de los tiempos de desplazamiento y la dificultad en el acceso a bienes y servicios para satisfacer sus necesidades básicas y fomentar su desarrollo personal, lo que se refleja en la reducción de la calidad de vida de los habitantes.

## Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2004, 22 de junio). Decreto 190. Por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003. Registro Distrital 3122. Recuperado de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sis-jur/normas/Norma1.jsp?i=13935>
- Alonso, W. (1964). *Location and Land Use*. Cambridge: Hardvard University Press.
- Barr, J. y Cohen, J. P. (2014). The Floor Area Ratio Gradient: New York City, 1890-2009. *Regional Science and Urban Economics*, 48, 110-119. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2014.03.004>
- Bertaud, A. y Brueckner, J. K. (2005). Analyzing Building-Height Restrictions: Predicted Impacts and Welfare Costs. *Regional Science and Urban Economics*, 35(2), 109-125. DOI: [10.1016/j.regsciurbeco.2004.02.004](https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2004.02.004)
- Brueckner, J. K. (1987). The Structure of Urban Equilibria : a Unified Treatment of the Muth-Mills Model. En E.S. Mills (ed.), *Handbook of Regional and Urban Economics*, Vol. II (pp. 821-845). North-Holland: Elsevier Science Publishers.
- Brueckner, J. K. y Fansler, D. (1983). The Economics of Urban Sprawl: Theory and Evidence on the Spatial Sizes of Cities. *The Review of Economics and Statistics*, 65(3), 479-482. DOI:10.2307/1924193
- Brueckner, J. K. y von Rabenau, R. (1981). Dynamics of Land-Use for a Closed City. *Regional Science and Urban Economics*, 11(1), 1- 17. DOI: [https://doi.org/10.1016/0166-0462\(81\)90020-X](https://doi.org/10.1016/0166-0462(81)90020-X)
- Cai, H., Wang, Z. y Zhang, Q. (2016). To Build Above the Limit? Implementation of Land Use Regulations in Urban China. *Journal of Urban Economics*, 98, 223-233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jue.2016.03.003>
- Departamento Nacional de Planeación. (2013). *Elementos para la formulación de la política nacional de ordenamiento territorial y alcances de las directrices departamentales*. Bogotá: DNP. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/Desarrollo%20Territorial/Documento%20pnnot-loot.%20ddts%20-%20sodt.%2011%20junio%20013.pdf>
- Ding, C. (2013). Building Height Restrictions, Land Development and Economic Costs. *Land Use Policy*, 30(1), 485-495. DOI <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.04.016>
- Fujita, M. (1989). *Urban Economic Theory: Land Use and City Size*. Cambridge: Cambridge University Press
- Fujita, M. (2000). Thünen and the New Economic Geography. (Discussion Paper Nº. 521). Kyoto: Institute of Economic Research.
- Fujita, M. y Ogawa, H. (1982). Multiple Equilibria and Structural Transition of Non-monocentric Urban Configurations. *Regional Science and Urban Economics*, 12(2), 161-196. DOI: [https://doi.org/10.1016/0166-0462\(82\)90031-X](https://doi.org/10.1016/0166-0462(82)90031-X)
- Glaeser, E. L. y Gyourko, J. (2003). The Impact of Building Restrictions on Housing Affordability. *Economic Policy Review*,

- 9(2), 21-39. Recuperado de <https://www.newyorkfed.org/medialibrary/media/research/epr/03v09n2/0306glae.pdf>
- IDOM. (2018a). Historia y evolución de la huella urbana. En *Estudio de crecimiento y evolución de la huella urbana para los municipios que conforman el área Bogotá Región* (pp. 4-33). Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá. Recuperado de [https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/diagnóstico\\_de\\_la\\_huella\\_urbana\\_de\\_bogotá\\_y\\_20\\_municipios\\_de\\_1997\\_a\\_2016.pdf](https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/diagnóstico_de_la_huella_urbana_de_bogotá_y_20_municipios_de_1997_a_2016.pdf)
- IDOM. (2018b). Escenarios de crecimiento urbano. En *Estudio de crecimiento y evolución de la huella urbana para los municipios que conforman el área Bogotá Región* (pp. 4-33). Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá. Recuperado de [https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/escenarios\\_de\\_crecimiento\\_urbano\\_para\\_bogotá\\_y\\_20\\_municipios\\_de\\_cundinamarca\\_del\\_2030\\_al\\_2050.pdf](https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/escenarios_de_crecimiento_urbano_para_bogotá_y_20_municipios_de_cundinamarca_del_2030_al_2050.pdf)
- Jaramillo, S. (2009). *Hacia una teoría de la renta del suelo urbano* (2a ed.). Bogotá: Universidad de los Andes.
- Jung, H. (2019). Urban Planning Policy for Realizing Public Objectives Through Private Development in Seoul. *Sustainability*, 11, 1-17. DOI: 10.3390/su11092698
- Kono, T. y Joshi, K. K. (2012). A New Interpretation on the Optimal Density Regulations: Closed and Open City. *Journal of Housing Economics*, 21(3), 223-234. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhe.2012.07.001>
- Kulish, M., Richards, A. y Gillitzer, C. (2012). Urban Structure and Housing Prices: Some Evidence from Australian Cities. *The Economic Record*, 88(282), 303-322. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.2012.00829.x>
- Lucas, R. y Rossi-Hasnberg, E. (2002). On the Internal Structure of Cities. *Econometrica*, 70(4), 1445-1476.
- Mills, E. S. (1967). An Aggregative Model of Resource Allocation in a Metropolitan Area. *The American Economic Review*, 57(2), 197-210.
- Mills, E. S. (1972). *Studies in the Structure of the Urban Economy*. Baltimore: Johns Hopkins Press.
- Molloy, R. (2018). The Effect of Housing Supply Regulation on Housing Affordability: A Review. *Regional Science and Urban Economics*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2018.03.007>
- Muth, R. (1969). *Cities and housing*. Chicago: University of Chicago Press.
- Ornés, S. (2009). El urbanismo, la planificación urbana y el ordenamiento territorial desde la perspectiva del derecho urbanístico venezolano. *Politeia*, 32(42), 197-225.
- Quigley, J. y Raphael, S. (2005). Regulation and the High Cost of Housing in California. *American Economic Review*, 95(2), 323-328. DOI: 10.1257/000282805774670293
- Rodríguez, G. A., Londoño, B. L. y Herrera, G. J. (2008). *Ciudades ambientalmente sostenibles*. Bogotá: Universidad del Rosario.
- Sridhar, K. S. (2007). Density Gradients and their Determinants: Evidence from India. *Regional Science and Urban Economics* 37, 314-344. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2006.11.001>
- Wheaton, C. (1974). A Comparative Static Analysis of Urban Spatial Structure. *Journal of Economic Theory*, 9, 223-237.