

**Título**

Evaluación de impacto del Metrobus 9 de julio sobre el valor de los departamentos aledaños

**Tipo de Producto**

Ponencia (texto completo)

**Autores**

León, Sonia

**Código del Proyecto y Título del Proyecto**

A16E04 - Evaluación de políticas sobre el mercado inmobiliario

**Responsable del Proyecto**

León, Sonia

**Línea**

Econometría

**Área Temática**

Economía

**Fecha**

Noviembre 2016

**INECO**

Instituto de Economía

**UADE**

# **EVALUACIÓN DE IMPACTO DEL METROBUS 9 DE JULIO SOBRE EL VALOR DE LOS DEPARTAMENTOS ALEDAÑOS**

**Sonia Mabel León**

## Índice

I. Introducción.....	4
II. El Metrobus 9 de julio.....	5
III. Marco teórico: Método de Evaluación de Impacto.....	8
IV. Datos de la muestra y variables a considerar.....	13
A. Los datos.....	13
B. Variables para estimar la participación.....	15
V. Resultados.....	17
A. Estimación de participación y obtención de efectos tratamiento.....	17
B. Robustez.....	21
VI. Resumen y conclusiones finales.....	26
VII. Anexos.....	28
VIII. Bibliografía.....	33

# **Evaluación de impacto del Metrobus 9 de Julio sobre el valor de los departamentos aledaños**

**Sonia León<sup>1</sup>**

## **Resumen**

Se desea estimar el impacto del Metrobus 9 de Julio en el precio de oferta de inmuebles aledaños por la metodología de Evaluación de Impacto, evaluando dos especificaciones de propensity score matching. Los resultados indican que no es posible atribuir al Metrobus un efecto significativo sobre el precio de los inmuebles, probablemente porque los beneficiados por un viaje más corto sean personas que viven fuera de la zona estudiada. Tampoco se evidenció que los efectos nocivos que pudiera provocar el tránsito concentrado de colectivos sobre inmuebles muy próximos sean estadísticamente relevantes, aunque se percibió un claro signo negativo no significativo.

**JEL: R31, R4, C14, C25**

**Palabras clave: evaluación de impacto, pareamiento, propensity score, mercado inmobiliario, Metrobus 9 de Julio, Buenos Aires**

## **Abstract**

The aim of this paper is to estimate the impact of Metrobus 9 de Julio on prices of nearby apartments through Impact Evaluation Methodology, assessing two specifications of propensity score matching. Main results show that it is not possible to attribute a significant effect on apartment's prices to access to Metrobus, probably because those who were benefited from a shorter bus travel may be people living outside the studied zone. There was no evidence, either, of significant adverse effects -generated by more concentrated bus traffic- affecting quite nearby dwellings prices, although a non-significant but clear negative sign was perceived.

**JEL: R31, R4, C14, C25**

**Key words: impact evaluation, matching, propensity score, real estate, Metrobus 9 de Julio, Buenos Aires**

---

<sup>1</sup> Instituto de Economía, Facultad de Ciencias Económicas, Fundación UADE, [sleon@uade.edu.ar](mailto:sleon@uade.edu.ar)

## I. Introducción

El análisis de “evaluación de impacto” estudia las consecuencias de una determinada decisión de política con el propósito de brindar a los hacedores de política algún resultado medible de tal decisión. Con una buena evaluación es posible conocer si efectivamente se dieron los resultados que se esperaban antes de la implementación de la política, si se asignaron correctamente los recursos que la hicieron posible y si es posible atribuir los cambios en alguna variable de interés a la intervención y ejecución del programa en particular (Khandker et al., 2010). Más aún, con ella es posible saber si aquellos a quienes fue dirigida la intervención respondieron de la manera esperada, con el propósito de diseñar nuevas y/o mejores políticas en el futuro.

Ahora bien, la evaluación de impacto también podría servirnos como herramienta para inferir si se dio, posteriormente, algún efecto que inicialmente no se tuvo en consideración al momento de diseñar la política en estudio. Por ejemplo, la implementación del Metrobus 9 de Julio en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) tuvo como objetivo principal mejorar la conectividad del Área Central y de los centros de transbordo del corredor Constitución-Retiro, más otros objetivos relacionados con el transporte público de pasajeros y el tránsito de vehículos particulares y otros efectos ambientales. Sin embargo, las autoridades gubernamentales nunca mencionaron algún tipo de repercusión de un proyecto de infraestructura tan importante en la ciudad sobre el precio de los inmuebles cercanos al trazado del Metrobus.

Es propósito de este trabajo es indagar si existe algún diferencial en el precio de oferta de los inmuebles cercanos vs. los más alejados al Metrobus 9 de Julio a través de la metodología de Evaluación de Impacto.

Según Stern et al. 2012, en algunas ocasiones los modelos econométricos pueden tener dificultades para capturar múltiples causalidades, mientras que el objetivo principal de la evaluación de impacto es, precisamente, relacionar causas y efectos. Asimismo, Gertler et al. 2011 destacan que la pregunta que pretende responder toda evaluación de impacto es *cuál es el efecto causal* de un programa o política sobre un resultado de interés utilizando métodos de evaluación (a través de contrafácticos) para descartar la posibilidad que cualquier otro factor explique el impacto observado.

Hasta el momento no se conoce otro trabajo académico en nuestro país que compare los resultados de una política de modificación de la infraestructura del transporte en CABA a través de las metodologías de evaluación de impacto.

Para lograr el objeto de estudio, se calculará un efecto tratamiento promedio sobre los inmuebles considerados cercanos al Metrobus (average treatment effect on the treated, *ATET*) a partir de un análisis de comparación de contrafácticos y una metodología que permite en alguna medida simular un experimento aleatorio. La misma consiste en determinar un *propensity score* (una medida de participación) y utilizar un método de pareamiento o “matching” en función de tal propensity score, para reducir algún sesgo potencial que pueda surgir en la estimación del diferencial de precios. Se utilizarán diversos criterios de determinación de los grupos contrafácticos objetivamente ‘comparables’ (inmuebles tratados –cercanos- vs. no tratados –los más alejados-) en función del propensity score y se obtendrán, finalmente, los efectos tratamiento promedio sobre los tratados.

Existen pocos trabajos previos que utilicen la metodología de propensity score matching para evaluar el impacto de la gestión de una política de transporte como la implementación de un trazado de Bus Rapid Transit (BRT) sobre el valor de los inmuebles residenciales cercanos.<sup>2</sup> En particular, se hallan los trabajos de Perdomo et al. (2007) y Perdomo (2011). En el primero se estimaron los efectos de la construcción del BRT Transmilenio en Bogotá (Colombia) sobre los precios promedios de las propiedades que

---

<sup>2</sup> Para una revisión de distintos especialistas sobre las diferentes definiciones y características de BRT en el mundo y analizar el caso Metrobus en Buenos Aires, ver Piccirillo (2012).

tienen acceso al sistema de transporte. Los autores compararon los precios en dos áreas de Bogotá con características muy similares, excepto que una de ellas no tiene acceso al BRT mientras que la otra sí. Los resultados indicaron que los inmuebles cercanos capitalizaron el acceso al BRT entre 5,8% y 17%, según distintos métodos de matching y con 10% de significatividad. En el segundo trabajo se evaluó el impacto del BRT sobre el valor del m<sup>2</sup> de viviendas residenciales cercanas al Transmilenio (ubicadas a menos de 500m de una estación) y allí se obtuvo un diferencial, respecto de las viviendas más alejadas, de 11,6%.

Otro trabajo similar pero relacionado con el transporte ferroviario en la ciudad de Londres es el de Gibbons y Machin (2005), en el que se estudió los efectos de la construcción de nuevas estaciones con mejores frecuencias de servicio, tanto a través de estimaciones hedónicas como a partir del análisis de evaluación de impacto aplicando la estimación de propensity score matching. Gibbons y Machin encontraron un efecto positivo por la posibilidad de reducir los tiempos de viaje.

Por su parte, Boarnet (2007) realiza un estudio acabado de las problemáticas teóricas y empíricas que suelen surgir al realizar evaluaciones de impacto de proyectos aplicados al transporte urbano que merecen ser considerados. Entre ellas enumera el hecho que los proyectos de transporte urbano suelen afectar a varios mercados a la vez, generando endogeneidad en el análisis por la selección que los individuos, empresas y proveedores de servicios realizan al momento de decidir su localización y, por ende, afectan al valor de la tierra. Esto, a su vez, lleva un tiempo de ajuste que implica que para una mejor evaluación sea aconsejable contar con información a lo largo del tiempo.

En materia de estudio de impacto sobre el precio de los inmuebles, pero fuera de los efectos de las innovaciones en el transporte público, se encuentran diversos trabajos para evaluar distintas temáticas: Nanda y Ross (2008), examinaron el impacto de una ley de revelación de las condiciones de la propiedad sobre el valor de los inmuebles, utilizando la técnica de propensity score y el enfoque tradicional de caso de estudio; Snyder (2011) investigó, tanto a través de modelos espaciales como a través de propensity score matching, los efectos del desarrollo de viviendas públicas sobre el precio de viviendas en barrios circundantes; Robinson y Sanderford (2016), por su parte, se interesaron en analizar en qué contexto la técnica de propensity score es útil para estudiar primas en precios y rentas de construcciones consideradas “verdes” en comparación con edificios que no lo son.

Este trabajo se organiza de la siguiente manera: en la Sección II se describen brevemente las características del Metrobus 9 de Julio. Lo referido a la metodología de evaluación de impacto y las técnicas de matching se desarrolla en la Sección III. En la Sección IV se describen los datos y las variables a utilizar en los modelos de participación que permiten determinar los propensity scores. La Sección V presenta los resultados sobre los impactos calculados sobre el precio de los inmuebles, incluyendo un análisis de robustez de los mismos. Finalmente, se concluye en la Sección VI.

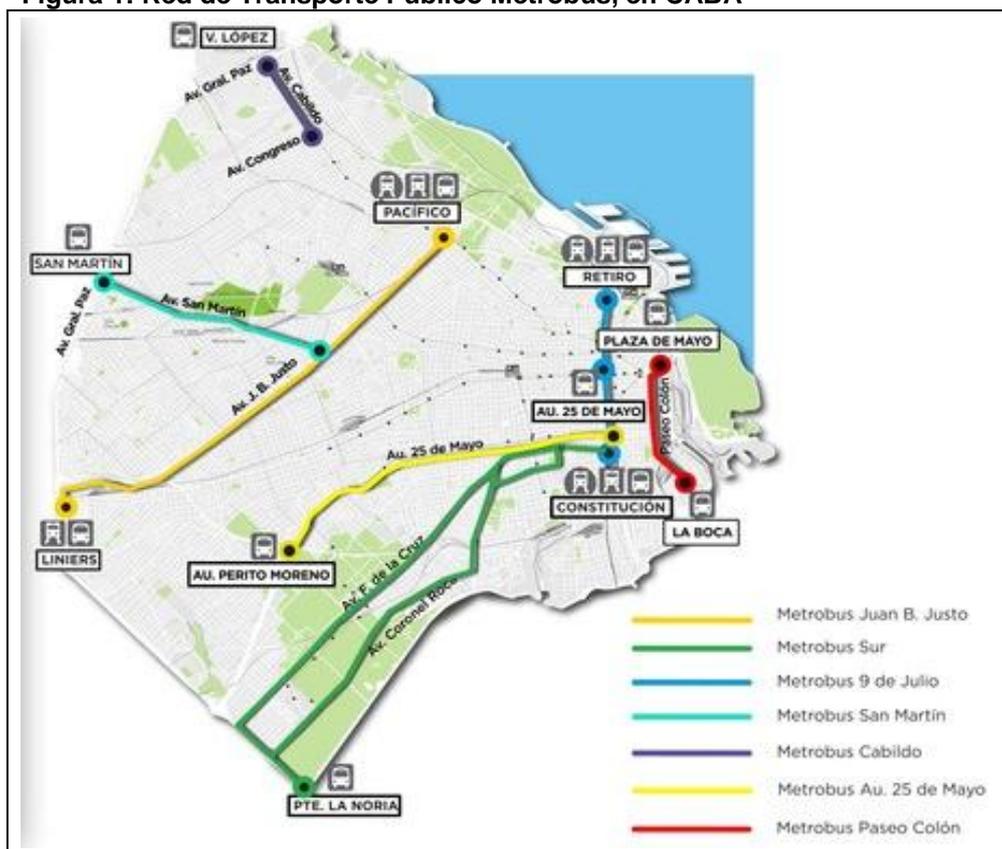
## **II. El Metrobus 9 de julio**

En la actualidad, la Red Metrobus en CABA consiste en 7 trazados en total (Figura 1). En particular, el Metrobus 9 de Julio fue inaugurado en julio de 2013 y es un sistema de transporte de 3 kilómetros de extensión situado sobre la Av. 9 de Julio, compuesto por 4 carriles de uso exclusivo para el transporte público de pasajeros y 17 estaciones, incluyendo un corredor peatonal con espacios de espera.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> La Av. 9 de Julio cuenta con otros 10 carriles para el uso de los demás tipos de vehículos.

**Figura 1: Red de Transporte Público Metrobus, en CABA**



Fuente: Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires

Por él transitan 11 líneas de colectivos con paradas alternadas entre estaciones y el tiempo de viaje entre las cabeceras es de 15 minutos. Atraviesa cuatro barrios de CABA –de norte a Sur, Retiro, San Nicolás, Monserrat y Constitución– de los 48 en los que se divide la ciudad y pasa muy cerca de otro barrio, San Telmo (Figura 2).<sup>4</sup>

Se decidió trabajar con este trazado del sistema porque, si bien con anterioridad al Metrobus 9 de Julio se implementó el Metrobus Juan B. Justo, este último, con una extensión de 12 km., pasa por muchos barrios entre los cuales se encuentran algunos con bajo volumen de transacciones y por ende no se contaba con suficiente información sobre ellos.

Considerando los recorridos completos de las once líneas de transporte que recorren en parte o todo el trazado del Metrobus 9 de Julio –siendo ellas las líneas 9, 10, 17, 45, 59, 67, 70, 91, 98, 100 y 129–, se puede inferir que el público beneficiado no sólo puede llegar a ser de CABA sino también de: i) la Zona Sur de la provincia de Buenos Aires; ii) la Zona Norte de la provincia de Buenos Aires y iii) la Zona Sur-Oeste de la provincia de Buenos Aires.<sup>5</sup>

Respecto de algunas características del transporte público de pasajeros alternativos a los colectivos en la zona del trazado del Metrobus 9 de Julio, cabe destacarse que en ella pueden encontrarse las estaciones cabecera de cinco líneas de subte (las líneas A, B, C, D y E) –de las seis existentes– y que el recorrido del Metrobus 9 de Julio está trazado en forma paralela a una parte del recorrido del subte C (Estación Retiro- Estación Constitución).

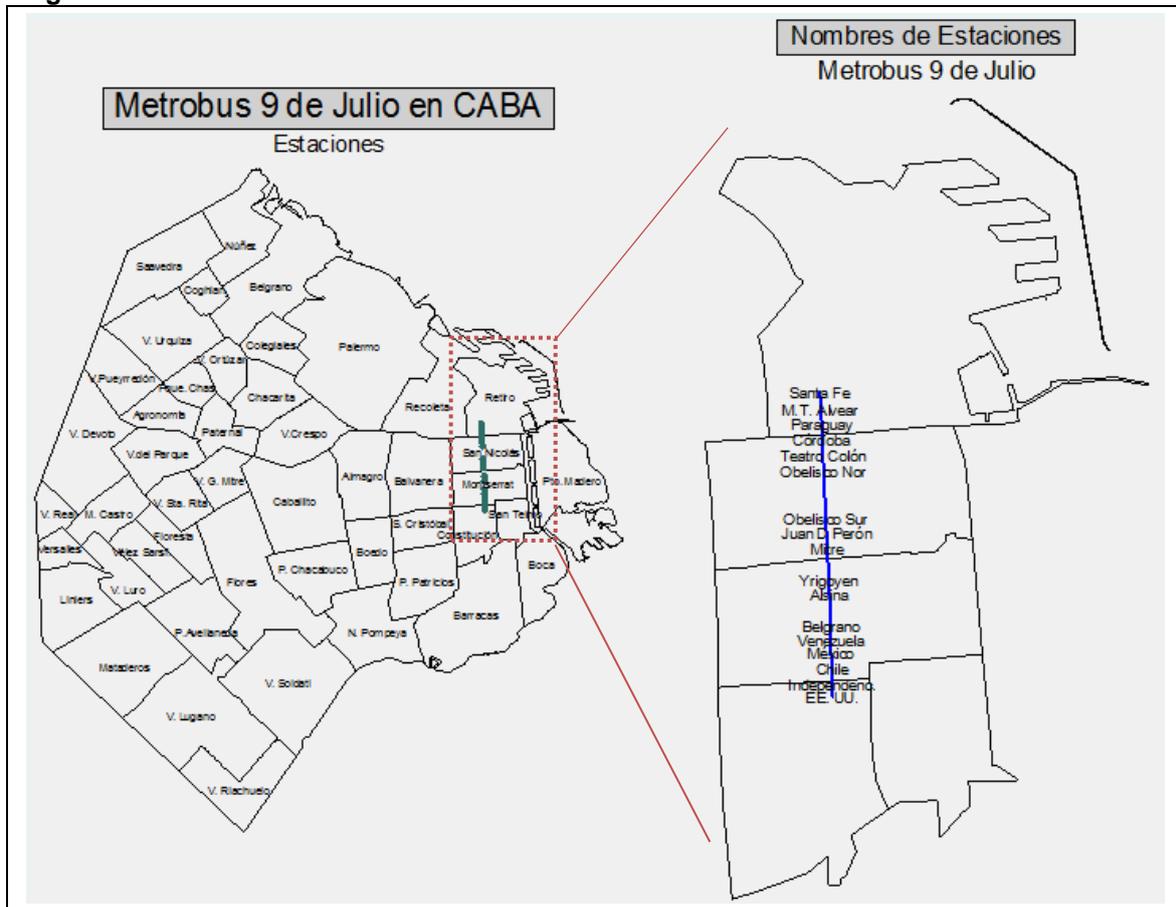
Asimismo, tanto en Retiro como en Constitución se hayan ubicadas las estaciones cabeceras de los sistemas ferroviarios de la Estación Retiro y la Estación Constitución, respectivamente. Ambas terminales ferroviarias se hayan de alguna manera conectadas

<sup>4</sup> En el Anexo A se brinda una breve reseña de las similitudes y diferencias de los barrios de la muestra.

<sup>5</sup> Fuente: <http://omnilineas.com.ar>.

entre sí por la línea C de subte desarrollándose así una importante actividad de intercambio de medios de transportes, conjuntamente con el automotor.<sup>6</sup>

**Figura 2: Ubicación del Metrobus 9 de Julio en la Ciudad de Buenos Aires**



Fuente: Elaboración propia con información de Buenos Aires Data, GCBA: <http://data.buenosaires.gob.ar/>.

Los principales objetivos del Gobierno de CABA ante la implementación del Metrobus 9 de Julio fueron los siguientes: i) potenciar la conectividad del Área Central y de los centros de transbordos de Constitución, Obelisco y Retiro con la región metropolitana; ii) mejorar la movilidad en el Área Central; iii) mejorar las condiciones de operación del servicio de transporte público de pasajeros, al reducir los tiempos de viaje y permitir una mayor regularidad; iv) mejorar el ordenamiento y circulación en la Av. 9 de Julio y sus laterales; v) promover el cambio modal desde el auto particular al transporte público mejorando el servicio; vi) contribuir a reducir el ingreso de autos particulares al Área Central y vii) mejorar la calidad ambiental del área central.<sup>7</sup>

Al año de la implementación del Metrobus 9 de Julio, el gobierno de CABA informó que la cantidad de usuarios aumentó de 200.000 por día a 240.000, se redujo el tiempo de viaje a 50%, las líneas que utilizan el corredor aumentaron su frecuencia de colectivos, se redujo la cantidad de siniestros viales y los niveles de ruido y de gases efecto invernadero

<sup>6</sup> Actualmente, se están realizando obras de infraestructura en la zona de Constitución para poder acceder, en forma interconectada, al Metrobus 9 de Julio, a la Estación Constitución del subte C y a la Estación ferroviaria de Constitución.

<sup>7</sup> Fuente: Página web del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (GCBA): <http://www.buenosaires.gob.ar/movilidad/metrobus/metrobus-9-de-julio>.

se redujeron a la mitad en las calles donde dejaron de pasar las líneas que ahora lo hacen por el Metrobus.<sup>8</sup>

Si bien estos resultados fueron positivos, no faltaron quejas al poco tiempo de su inauguración por parte de comerciantes de la zona que vieron reducidas sus ventas, en particular, aquellos negocios ubicados cerca de las paradas de las líneas de colectivo que ya no pasan por allí sino por el trazado del Metrobus.<sup>9</sup> Incluso con anterioridad a la construcción del Metrobus, entendidos en el tema consideraban un error su implementación, inclinándose por mejorar la eficiencia del subte en su lugar, ya que este Metrobus comparte con la línea C de subtes un poco menos de la mitad del recorrido.<sup>10</sup>

No obstante las diversas opiniones, según el sistema de puntaje que otorga diferentes ponderaciones para diversos aspectos técnicos de un BRT (versión 2014) y sobre un total de 100 puntos, el Metrobus 9 de Julio obtuvo 70 puntos (categoría *silver*) destacándose en aspectos como el diseño de las estaciones y la infraestructura del trazado pero mostrando debilidades en comunicación de información al pasajero y marketing y en integración con otros medios de transporte y acceso.<sup>11,12</sup> En comparación, los trazados de BRT en Bogotá (Colombia) obtuvieron en 2013 (otros estándares aunque similares) entre 82 y 92 puntos y los de distintas ciudades de Brasil (en 2014) obtuvieron entre 52 y 91 puntos.

### III. Marco teórico: Método de Evaluación de Impacto

El estudio de la evaluación de impacto o el efecto tratamiento promedio (Average Treatment Effect, *ATE*) se inicia a partir del trabajo de Rubin (1974) quien expresó que, para estimar efectos causales de un tratamiento, la aleatorización debería ser usada siempre que fuere posible; no obstante, el uso controlado de datos no aleatorizados es razonable y necesario en muchos casos. Por tal control se refiere a las variables que el investigador debe descubrir que están detrás del tratamiento que causan el efecto sobre la variable de interés. Este marco conceptual fue adoptado por varios autores: como Rosenbaum y Rubin (1983), Heckman et al. (1997,1998) y Angrist (1998), entre otros.

Rosenbaum y Rubin (1983) remarcaron que la inferencia sobre los efectos tratamiento implica especular sobre el efecto que hubiera tenido el mismo sobre un individuo que, de hecho, recibió otro tratamiento (o no lo recibió), lo que hace del análisis un problema con información faltante (“missing data problem”). Por ello, proponen obtener un “propensity score” para estimar el *ATE* dado que a partir del matching, la clasificación y el ajuste de variables sobre ese propensity score se podrán obtener estimaciones insesgadas del efecto tratamiento. Para ello es necesario que se cumplan algunos supuestos que los autores describen exhaustivamente (y se tratan más adelante en este trabajo).

Heckman et al. (1997), por su parte, examinan diversos métodos de matching para evaluar programas de entrenamiento laboral combinando datos experimentales con no experimentales. Estimando un modelo que predice muy bien a los participantes y su probabilidad de participación con datos no experimentales, obtienen resultados muy cercanos a los producidos por una evaluación aleatoria del programa, si bien todavía existía

<sup>8</sup> Fuente: <http://www.buenosaires.gob.ar/noticias/el-metrobus-9-de-julio-cumple-dos-a%C3%B1os>

<sup>9</sup> Nota en diario Perfil: <http://www.perfil.com/sociedad/Por-el-Metrobus-cayeron-30-las-ventas-en-varios-locales-del-Centro-20130824-0018.html>.

<sup>10</sup> Nota en diario Perfil: reportaje a Vukan Vuchic, Profesor de la Universidad de Pensilvania, especialista en Transporte Urbano: [http://www.perfil.com/ediciones/2012/11/edicion\\_728/contenidos/noticia\\_0057.html](http://www.perfil.com/ediciones/2012/11/edicion_728/contenidos/noticia_0057.html)

<sup>11</sup> Existe un sistema de clasificación de este tipo de transporte más objetivo denominado BRT Standard, promovido por el Institute for Transportation & Development Policy (ITDP), que busca sistematizar la clasificación de los sistemas BRT en el mundo (Piccirillo, 2012).

<sup>12</sup> De hecho, las sugerencias para mejoras brindadas por los evaluadores al Metrobus 9 de Julio fueron: implementar el cobro del pasaje fuera del colectivo, incorporar un servicio express a lo largo de todo el recorrido y mejorar la integración entre el transporte por colectivos y por subte.

cierto grado de sesgo de selección que afectaban a las estimaciones de los impactos. Los estimadores propuestos los fundamentaron en un trabajo que se publicó luego, en Heckman et al. (1998), en donde desarrollaron un método de matching de propensity scores para la evaluación de programas y lo compararon con los tradicionales. Observaron que su método no necesariamente reducía el sesgo de los estimadores respecto de los obtenidos por los métodos tradicionales del momento.

Angrist (1998), a través de un estudio del impacto del servicio militar voluntario sobre el mercado laboral estadounidense observó que no siempre es posible descubrir un efecto único de tratamiento y que los investigadores deberían explotar diferentes recursos de variación para explicar diferentes resultados cuando la teoría no alcanza para explicarlo todo. Así, propone diferentes estrategias para reducir sesgos de selección en la estimación de efectos tratamiento.

De todos estos trabajos se desprende que la problemática del sesgo por selección en las estimaciones de impacto es una cuestión importante a tratar al momento de evaluar programas o decisiones de política.

El marco teórico de Rubin (1974) sienta las bases para comprender la evaluación y la estimación de efectos tratamiento a partir de un conjunto de individuos, de los cuales algunos fueron expuestos a un tratamiento y otros no. El objetivo es determinar el efecto causal "típico" al comparar ambos grupos sobre una variable dependiente  $y$ . Sea  $y_1$  el resultado obtenido con tratamiento y  $y_0$  el resultado sin tratamiento; el *ATE* a ser estimado se define como:

$$ATE = E(y_1 - y_0) \quad (1)$$

Dado que cada individuo recibe o no un tratamiento –es decir, sólo puede estar en uno de los dos estados-, no se puede observar tanto a  $y_0$  como a  $y_1$  en cada estado del individuo.<sup>13</sup> La crítica que recibió esta definición de efecto tratamiento fue que, al promediar en función de toda la población, éste incluye en el promedio a unidades que nunca hubieran sido calificadas para el tratamiento. Pero, en realidad, es posible excluir personas que nunca hubieran calificado para el tratamiento (Wooldridge, 2002).

Otro cálculo de interés en la literatura para estimar el efecto tratamiento es el Average Treatment Effect on the Treated (*ATET*) o efecto tratamiento promedio sobre los tratados. Sea  $D$  un indicador de tratamiento ( $D = 1$  denota tratamiento y  $D = 0$  lo contrario), el efecto promedio para aquellos que de hecho participaron en el programa será:

$$ATET \equiv E(y_1 - y_0 | D = 1) \quad (2)$$

Sea el resultado observado  $y = (1 - D)y_0 + Dy_1 = y_0 + D(y_1 - y_0)$  y sea  $D$  estadísticamente independiente de  $(y_0, y_1)$  como ocurriría cuando el tratamiento es totalmente aleatorio. Una implicancia de la independencia entre los estados de tratamiento y los resultados potenciales  $(y_0, y_1)$  es que *ATE* y *ATET* son idénticos:  $E(y_1 - y_0) = E(y_1 - y_0 | D = 1)$ . Además, bajo el mismo criterio de independencia,  $E(y | D = 1) = E(y_1 | D = 1) = E(y_1)$  (y lo mismo para  $y_0$ ). Por lo tanto,  $ATE = ATET = E(y | D = 1) - E(y | D = 0)$ .

---

<sup>13</sup> Bajo el supuesto de muestras de una población independiente e idénticamente distribuida, se descartan casos donde el tratamiento de una unidad afecta el resultado de otra. El supuesto que el tratamiento del individuo  $i$  afecta solo el resultado del individuo  $i$  se llama "supuesto de valor de tratamiento de una unidad estable" (Wooldridge, 2002).

Los efectos tratamiento promedio se estiman, entonces, a través de una diferencia en las medidas muestrales: el promedio muestral de  $y$  para las unidades tratadas menos el promedio de la muestra de  $y$  para las unidades no tratadas. Un tratamiento aleatorio asegura que el estimador de la diferencia entre medias será insesgado, consistente y asintóticamente normal. Estas propiedades se logran bajo el supuesto de *independencia en medias* (Wooldridge, 2002):

$$E(y_0 | D) = E(y_0) \text{ y } E(y_1 | D) = E(y_1) \quad (3)$$

Sin embargo, la aleatoriedad del tratamiento es a veces imposible en la evaluación de programas. En muchos casos, los individuos mismos deciden de alguna manera si recibirán el tratamiento y tales decisiones podrían estar relacionadas con los beneficios del tratamiento,  $y_1 - y_0$ , generándose así un problema de autoselección.

Ahora bien, bajo el supuesto débil que  $D$  sea independiente de  $y_0$ , el *ATET* puede ser estimado consistentemente como una diferencia de medias sin imponer restricción sobre la relación entre  $D$  y  $y_1$ . Dado que:

$$E(y | D = 1) - E(y | D = 0) = E(y_0 | D = 1) - E(y_0 | D = 0) + E(y_1 - y_0 | D = 1)$$

Entonces,

$$E(y | D = 1) - E(y | D = 0) = [E(y_0 | D = 1) - E(y_0 | D = 0)] + ATET \quad (4)$$

Si  $y_0$  es independiente en medias de  $D$ , es decir,  $E(y_0 | D) = E(y_0)$ , el primer término de (4) desaparece y el estimador de la diferencia en medias es un estimador insesgado de *ATET*. No obstante, el supuesto de independencia es fuerte.

Es así que surgió la posibilidad de expandir las definiciones vistas de *ATE* y *ATET* al condicionar sobre ciertas variables, algo que Rubin (1974) ya había apuntado en su trabajo inicial. Si  $x$  es una variable observada, las definiciones de *ATE* y *ATET* condicionales en  $x$  serán:

$$ATE = E(y_1 - y_0 | x) \quad (5)$$

$$ATET = E(y_1 - y_0 | x, D = 1) \quad (6)$$

Para identificar estos efectos tratamiento, Rosenbaum y Rubin (1983) introdujeron el supuesto llamado *ignorabilidad del tratamiento* (también conocido como *independencia condicional*). Sea  $\mathbf{x}$  un vector de variables observadas; este supuesto indica que, condicional en  $\mathbf{x}$ ,  $D$  y  $(y_0, y_1)$  son independientes. En otras palabras, a pesar que  $(y_0, y_1)$  y  $D$  puedan estar correlacionados, en la práctica no lo estarán cuando condicionemos en  $\mathbf{x}$ . Este supuesto se dará si  $D$  es una función determinística de  $\mathbf{x}$  (*selección sobre observables*). Así es que Rosenbaum y Rubin proponen una función de las variables observadas en  $\mathbf{x}$  tal que la distribución condicional de  $\mathbf{x}$  dada dicha función sea la misma para los individuos tratados y no tratados. La denominan *propensity score*, la propensión a la exposición del tratamiento, dadas las variables observadas contenidas en  $\mathbf{x}$ .

*ATE* y *ATET* podrán ser estimados, entonces, modelando (7):

$$p(\mathbf{x}) \equiv P(D = 1 | \mathbf{x}) \quad (7)$$

Siendo  $p(\mathbf{x})$  una probabilidad de respuesta para el tratamiento, los  $ATE$  y  $ATET$  podrán ser escritos en términos del propensity score. Suponiendo que  $0 < p(\mathbf{x}) < 1$  para todo  $\mathbf{x}$  (restricción sobre la probabilidad de respuesta), entonces:<sup>14</sup>

$$ATE = E\left(\frac{[D - p(\mathbf{x})]y}{p(\mathbf{x})[1 - p(\mathbf{x})]}\right) \quad (8)$$

$$ATET = \frac{E\{[D - p(\mathbf{x})]y/[1 - p(\mathbf{x})]\}}{P(D = 1)} \quad (9)$$

Rosenbaum y Rubin (1983) demuestran que si la asignación del tratamiento es fuertemente ignorable (dado  $\mathbf{x}$ ) la diferencia entre las medias de los individuos tratados y no tratados a cada valor del propensity score será una estimación insesgada del efecto tratamiento para cada valor  $y$ . En consecuencia, generar pares (“pair matching”) en función de los propensity scores permitirá producir estimaciones insesgadas del efecto tratamiento promedio.

En la práctica y bajo esta idea, el objetivo es obtener datos sobre individuos potencialmente comparables que tengan características observables de las variables contenidas en  $\mathbf{x}$  para luego generar pares entre tratados y “comparables” que se asemejen en cierto grado por tales características (Cameron y Trivedi, 2005). A cada individuo tratado se lo emparenta con un no tratado con características observables similares y luego se compara la diferencia promedio de los resultados en función de los dos grupos de individuos.

En experimentos no aleatorios la función de propensity score en función de  $\mathbf{x}$ ,  $p(\mathbf{x})$ , generalmente no es conocida pero puede ser estimada a partir de datos observados, por ejemplo, a través de un modelo Logit o Probit.<sup>15</sup> Si  $\hat{p}(\mathbf{x}) \equiv F(\mathbf{x}; \hat{\gamma})$  es tal estimador, siendo  $\hat{\gamma}$  estimado por un modelo de respuesta binaria en primera etapa de  $D$  sobre  $\mathbf{x}$ , entonces los estimadores consistentes de  $ATE$  y  $ATET$  serán:

$$\hat{ATE} = N^{-1} \sum_{i=1}^N [D_i - (\hat{p}(\mathbf{x}_i))] y_i / \{ \hat{p}(\mathbf{x}_i) [1 - \hat{p}(\mathbf{x}_i)] \} \quad (10)$$

$$\hat{ATET} = \left( N^{-1} \sum_{i=1}^N D_i \right)^{-1} \left\{ N^{-1} \sum_{i=1}^N [D_i - (\hat{p}_i(\mathbf{x}_i))] y_i / [1 - \hat{p}(\mathbf{x}_i)] \right\} \quad (11)$$

Al considerar estas definiciones, podemos descartar la situación en la que  $p(\mathbf{x}) = 0$  porque seguramente no desearemos incluir en el cálculo a personas que no tengan chances de ser tratadas; pero también deberíamos descartar que  $p(\mathbf{x}) = 1$ , es decir, personas que reciban el tratamiento con certeza condicionando en  $\mathbf{x}$ . Esto se logra cumpliendo otro supuesto importante: el supuesto de *soporte común* (“common support” u “overlap condition”),  $0 < p(\mathbf{x}) \equiv P(D = 1 | \mathbf{x}) < 1$ .<sup>16</sup> Esta condición asegura que las observaciones tratadas tengan “comparables” en la distribución de los propensity score. La efectividad del

<sup>14</sup> Ver en Anexo B la prueba de estas definiciones, siguiendo a Wooldridge (2002).

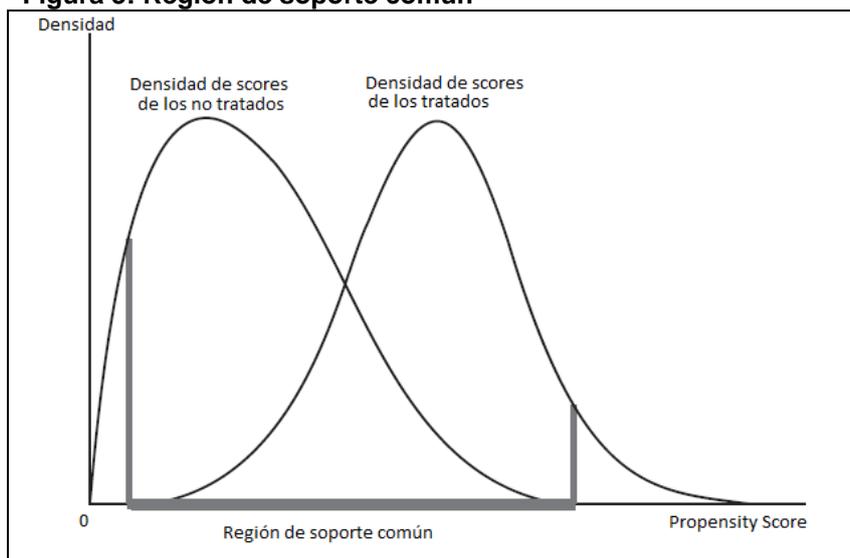
<sup>15</sup> Smith (1997) menciona que la literatura no propone una determinada forma funcional pero señala que al momento los autores se inclinaron por modelos discretos (como logit y probit) que descartan predicciones fuera del rango de probabilidades 0-1.

<sup>16</sup> Si  $\hat{p}(\mathbf{x})$  se obtiene a través de un modelo logit o probit, no habrá problema con cumplir esta condición, porque los valores ajustados de un modelo logit o probit se encontrarán estrictamente dentro del intervalo impuesto (Wooldridge, 2005). Asimismo, Heckman et al. (1998) argumentaron que también se necesita de las variables no observadas que generan variaciones de  $D$  condicional en  $\mathbf{X}$  para resolver el problema de inferencia casual, por lo cual, el modelo que prediga la participación de los individuos no debería ser tan bueno de manera que  $p(\mathbf{x}) = 1$  o  $p(\mathbf{x}) = 0$  para cualquier  $\mathbf{X}$ .

matching dependerá de contar con una importante cantidad de observaciones para cada grupo (y que esas cantidades sean similares entre sí) de manera que exista una región sustancial de soporte común y, así, asegurar la comparación (Khandker et al. 2010) (Figura 3).

En resumen, si se dan los supuestos de independencia condicional y soporte común, el estimador por propensity score del *ATE* podrá describirse como la diferencia de medias de la variable de resultado comparando en forma ponderada a los individuos a partir de su propensity score.

**Figura 3: Región de soporte común**



Fuente: Khandker et al. 2010

Es importante observar, sin embargo, que las estimaciones así obtenidas podrían considerarse sesgadas si las variables incorporadas en  $\mathbf{x}$  no determinan totalmente la participación de los individuos. Esto puede ocurrir por falta de información o por no tener una comprensión acabada del contexto en el que se aplica el programa o la política bajo análisis (Khandker et al. 2010). De hecho, la autoselección mencionada anteriormente puede darse por factores no observados; en caso de ser así, los métodos de estimación de *ATE* y *ATE* basados en propensity score matching aún podrían arrastrar algún sesgo.<sup>17</sup>

Atento a todas estas consideraciones, la mayor dificultad surge, entonces, en *identificar* grupos de individuos tratados y comparables que se asemejen en una forma objetiva. Una posibilidad es armar pares de individuos de cada grupo con igual  $\hat{p}(\mathbf{x}_i)$ , pero eso no siempre es posible cuando existen diversas características dentro del vector  $\mathbf{x}$ . Es así que en la literatura se pueden encontrar diversos criterios para armar pares ("matching methods"); no obstante, la elección de un criterio dado puede llegar a afectar las estimaciones de los efectos tratamiento, dados los diversos ponderadores considerados en cada uno.

Los métodos más utilizados resumidos por Khandker et al. 2010 son los siguientes:

<sup>17</sup> La metodología denominada Difference-in-Difference supone que existe selección por no observables y que la misma es invariante en el tiempo. Consiste en determinar el efecto tratamiento calculando la diferencia de resultados entre tratados y no tratados antes y después de la intervención del programa (utilizando datos de panel), considerando a los mismos individuos en cada grupo antes y después. Asimismo, el método de variables instrumentales permite considerar la heterogeneidad no observable que no es constante en el tiempo, eliminando la relación entre la variable de tratamiento y el error a través de un instrumento económicamente apropiado (Khandker, et al., 2010). Estas metodologías no pudieron ser aplicadas en este trabajo por no contar con información de los mismos individuos antes y después de la política a evaluar.

- a) *Matching a través del vecino más cercano*: cada individuo tratado se relaciona con uno o más individuo/s no tratado/s que tenga/n el propensity score más cercano. El matching se puede realizar con o sin reemplazo del individuo no tratado asignado; si se realiza con reemplazo, entonces el mismo individuo no tratado puede ser asignado a diferentes individuos tratados. Si bien es un método muy utilizado, cabe considerar que es posible que los propensity scores entre individuos que forman el par sean algo o muy diferentes.
- b) *Matching a través del radio (Radius matching)*: este criterio impone una tolerancia sobre la máxima diferencia (tolerancia o *caliper*) que puede existir entre los propensity scores de los individuos que forman el matching. El procedimiento asegura un matching para cierto rango de valores pero puede generar un mayor número de no tratados sin asignar.
- c) *Kernel matching*: este criterio utiliza un promedio ponderado de los individuos no tratados para construir una asignación contrafáctica a través de un estimador no paramétrico llamado *kernel*. Siendo  $P_i$  el propensity score de un individuo tratado  $i$  y  $P_j$  el de un individuo no tratado  $j$ , los ponderadores para un kernel matching estarán dados por (12):

$$\omega(i, j) = \frac{K\left(\frac{P_j - P_i}{a_n}\right)}{\sum_{k \in C} K\left(\frac{P_k - P_i}{a_n}\right)} \quad (12)$$

donde  $K(\cdot)$  es una función kernel y  $a_n$  es un parámetro de banda. Dicha función kernel puede basarse en diversas funciones probabilísticas como normal, uniforme o Epanechnikov. Esta última, es la utilizada en este trabajo.

#### IV. Datos de la muestra y variables a considerar

##### A. Los datos

Los microdatos utilizados para la evaluación de impacto fueron obtenidos de avisos clasificados, publicados en las páginas web de los portales de venta de propiedades Buscainmueble y Argenprop, sobre departamentos ofrecidos en venta en la Ciudad de Buenos Aires.<sup>18</sup> La muestra fue obtenida durante el mes de agosto de 2014, momento que corresponde a un año después de la inauguración del Metrobus 9 de Julio, de manera que los precios de las viviendas cercanas hayan capitalizado en el precio de oferta su cercanía a dicho trazado, si es que lo hicieron.

La muestra de la cual surgen los inmuebles tratados (ceranos al Metrobus en un radio de 500m de la estación más cercana) y los no tratados (alejados del Metrobus) está conformada por departamentos ubicados en Retiro, San Nicolás, Monserrat, Constitución y San Telmo, relevando así, para el período mencionado, 781 observaciones. Esta muestra, a su vez, fue depurada y corregida (en especial, la determinación de los barrios en función de la dirección de la vivienda) y se eliminaron observaciones con información inconsistente, quedando así una muestra final de 775 observaciones.

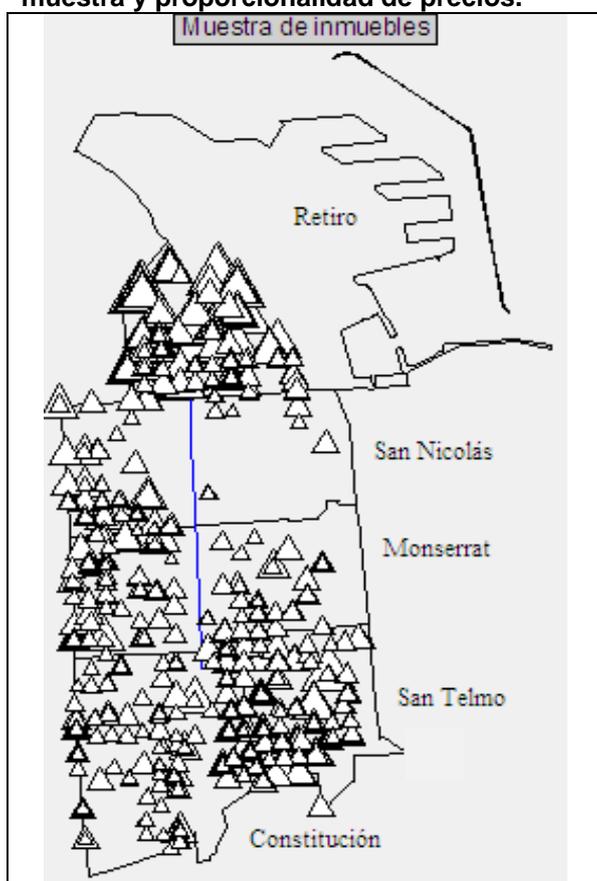
En la Figura 4 se representa la distribución de los departamentos que conforman la muestra. Cada triángulo indica un inmueble o conjunto de inmuebles en la misma cuadra. A

<sup>18</sup> Las páginas web consultadas fueron <http://www.argenprop.com> y <http://www.buscainmueble.com>.

su vez, pueden compararse los precios de los departamentos entre sí a partir del tamaño de los triángulos (mayor tamaño a mayor valor del inmueble).<sup>19</sup>

Cabe destacar que los inmuebles considerados fueron aquellos en los cuales el precio del departamento se publicó en dólares corrientes, unidad de cuenta habitual del mercado inmobiliario de CABA, tanto para departamentos a estrenar como para usados. No se incluyeron aquellos departamentos ofrecidos en pesos, dado que la instauración del “cepo cambiario” (restricción a la compra de dólares) aplicada a partir de noviembre de 2011 por el gobierno nacional generó distintos tipos de cambios, lo que condujo a que se deba acordar cuál utilizar al momento de la transacción. Asimismo, se descartaron aquellos avisos en los que se ofrecían a la venta departamentos a través de fideicomisos o a precio de pozo o al costo, de manera de obtener una muestra homogénea de precios de departamentos ya construidos.

**Figura 4: Distribución de los inmuebles de la muestra y proporcionalidad de precios.**



Fuente: Elaboración propia con datos de avisos clasificados publicados en páginas web.

A simple vista, en la Figura 4 se puede observar que los inmuebles más caros se ubican en el barrio de Retiro, mientras que en los demás barrios se observan valores y dispersiones similares.

En el Cuadro 1, se presentan las estadísticas descriptivas del precio total y del valor del m<sup>2</sup> para toda la muestra y para cada uno de los barrios que la conforman. Retiro es el barrio con mayor precio total y valor del m<sup>2</sup> promedios y Constitución es el de menores promedios en ambas variables. Si bien Retiro tiene mayor dispersión de precios totales,

<sup>19</sup> Las direcciones de cada departamento se refieren a una de las esquinas de la cuadra en la que se ubican. Por ello, si hay más de un departamento en una misma cuadra, aparecerá sólo un triángulo por cada localización.

Monserrat evidencia mayor dispersión del valor del m<sup>2</sup>. Se destaca, asimismo, que los volúmenes de oferta son algo distintos entre los barrios.

**Cuadro 1: Estadísticas descriptivas del Precio Total y del Valor del m<sup>2</sup> por barrio – Dptos. Nuevos y Usados**

Barrios	Observaciones	Promedio	Desvío Estándar	Mínimo	Máximo
<b>Precio Total (US\$)</b>					
Retiro	159	272.183	220.464	50.000	1.000.000
San Nicolás	77	126.898	82.075	43.000	345.000
Monserrat	156	111.234	62.764	42.000	585.000
Constitución	200	93.471	45.014	40.500	410.000
San Telmo	183	127.598	83.500	52.000	656.000
<b>Total</b>	<b>775</b>	<b>145.091</b>	<b>133.700</b>	<b>40.500</b>	<b>1.000.000</b>
<b>Valor del m<sup>2</sup> (US\$/m<sup>2</sup>)</b>					
Retiro	159	2.665	521	1.562	4.577
San Nicolás	77	2.085	482	1.100	3.333
Monserrat	156	2.050	620	1.136	4.678
Constitución	200	1.850	535	904	3.710
San Telmo	183	2.081	468	987	3.809
<b>Total</b>	<b>775</b>	<b>2.135</b>	<b>601</b>	<b>904</b>	<b>4.677</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de la muestra y de la legislación vigente respecto de los límites geográficos de cada barrio.

### **B. Variables para estimar la participación**

Para estimar los propensity score necesarios para la determinación de los grupos de inmuebles a comparar es preciso analizar qué variables incluir como especificación de los modelos de determinación de la participación, cumpliendo con lo expuesto por Heckman et al. (1997), que sólo se deben incluir variables que influyan simultáneamente en la decisión de participación (en este caso, estar cerca del Metrobus) y la variable de resultados (en este caso, el precio de los inmuebles) y que, a su vez, sean fijas en el tiempo para garantizar que no haya efectos asociados a la anticipación de la participación. También es importante que los datos sobre los tratados (cercanos al Metrobus) y no tratados (lejanos) se obtengan de la misma fuente (Heckman et al., 1999). Varios autores discuten en sus trabajos si es mejor incluir muchas o pocas variables; Bryson et al. (2002) argumentan que poner demasiadas variables podría exacerbar el problema de lograr el soporte común y, por otra parte, si bien la inclusión de variables no significativas no sesgaría las estimaciones, podrían incrementar las varianzas de los estimadores.

En este trabajo, se consideraron variables ampliamente utilizadas en la estimación hedónica de precios de inmuebles, observando que sean significativas para explicar la participación en el tratamiento -en este caso, tener acceso al Metrobus (estar cerca)- y que son fijas en el tiempo porque representan variables tanto físicas (estructurales) del inmueble como de localización, las cuales no suelen presentar grandes variaciones en el tiempo.<sup>20</sup>

En el Cuadro 2 se presentan las variables independientes que se incluyeron en la determinación de la estimación de la probabilidad de participación, de manera de obtener los propensity scores y las fuentes de información.

<sup>20</sup> Perdomo (2011) incluyó en el modelo de respuesta binaria sólo variables de distancia a diversos servicios.

**Cuadro 2: Variables independientes utilizadas en los modelos hedónicos**

Características	Detalle	Fuente
<b>Físicas</b>		
<i>Superficie Cubierta</i>	En m <sup>2</sup>	Argenprop y Buscainmueble
<i>Ambientes</i>	De 1 a 6 unidades	
<i>Baños</i>	De 1 a 5 unidades	
<i>Antigüedad</i>	En años	
<i>Cocheras</i>	Dummy: =1 si tiene cochera	
<i>Frente</i>	Dummy: =1 si el edificio se ubica al frente del edificio	
<i>Ph</i>	Dummy: =1 si el departamento es Tipo Casa o Ph	
<i>Pileta</i>	Dummy: =1 si el edificio tiene pileta	
<b>Localización</b>		
<i>Avenida</i>	=1 si el dpto. se ubica en una avenida	Mapa Interactivo GCBA
<i>Km_a_subte</i>	Kilómetros a la boca de subte más cercana	Mapa .shp, Buenos Aires Data, GCBA
<i>Km_a_plaza</i>	Kilómetros a la plaza o parque más cercanos	
<i>Km_a_escuela</i>	Kilómetros a la escuela más cercana	
<i>Km_a_metro</i>	Kilómetros a la estación de Metrobus más cercana	
<i>Dummymetro</i>	=1 si el dpto. se ubica a menos de 200m de una boca de subte	
<i>Dummyplaza</i>	=1 si el dpto. se ubica a menos de 200m de un parque o plaza	
<i>Dummyescuela</i>	=1 si el dpto. se ubica a menos de 200m de una escuela	
<i>Dummymetro</i>	=1 si el dpto. se ubica a menos de 500m de una estación	

Fuente: Elaboración Propia

La mayoría de las variables físicas fueron obtenidas a partir de la información registrada en los avisos clasificados y en los detalles u observaciones que realizan las inmobiliarias al momento de publicar. Las variables de localización, por su parte, fueron armadas a partir de la georeferenciación geográfica de cada inmueble, la cual fue posible establecer a través del software STATA 13, los archivos shapefile (con extensión .shp y otros) que brinda el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (GCBA) y el Mapa Interactivo del GCBA.

Los motivos por los que se incluyen habitualmente estas variables físicas en los modelos hedónicos y, en particular, para el mercado inmobiliario porteño, pueden ser encontrados en profundidad en León (2011).

Con respecto a las variables de localización, se estudiaron los detalles que privilegian las inmobiliarias al ofrecer los inmuebles. Las variables de distancia (*Km\_a\_...*), fueron calculadas a partir de bases de datos en formato .shp que permitieron georeferenciar a cada boca de subte, plaza o parque, escuela o estación de Metrobus, de manera de poder calcular la distancia entre ellos y cada inmueble. La unidad de medida de cada variable es el kilómetro de distancia y *Km\_a\_metrobus* es la variable de mayor interés entre ellas.

Asimismo, se construyeron variables dummy que toman valor 1 cuando el inmueble se encuentra ubicado en un radio determinado respecto de los mismos servicios que las distancias anteriores. Particularmente, *Dummymetro* tomará valor 1 si la propiedad se encuentra dentro de un radio de 500m de distancia respecto de la estación de Metrobus más cercana al inmueble.<sup>21</sup> En este caso, se tomaron 500m de referencia debido a que las paradas de colectivos de una misma línea se ubican a lo largo del Metrobus entre 300m ó 400m de distancia entre sí, aproximadamente, por lo cual, algún usuario de alguna de las 11 líneas que transitan por el Metrobus podría tener su departamento a 100m de una estación que no le sirve o recién a 300m o más de una estación que realmente necesita. Además, el Metrobus se encuentra ubicado en el centro de la Av. 9 de Julio, la cual cuenta con varios

<sup>21</sup> En el caso de las demás variables dummy, la distancia de referencia fue de 200m respecto de una boca de subte, plaza o parque y escuela, siendo la cantidad máxima de metros habitualmente destacada en los avisos clasificados.

carriles de circulación de cada lado, haciendo que las viviendas más cercanas no se encuentren inmediatamente próximas al mismo.

Se espera que las variables relacionadas con el Metrobus evidencien algún “efecto transporte”. Sin embargo, este efecto podría verse contrarrestado por impactos negativos como el ruido o la contaminación generada por la emisión de gases de los colectivos (Chen et al., 1998) (ver Anexo A para conocer su propuesta de análisis) y/ o hasta por un efecto inseguridad en la zona en la que dejaron de pasar los colectivos.

A continuación, se presentan en el Cuadro 3 los estadísticos descriptivos de las variables independientes tanto para los inmuebles cercanos (368 departamentos) como para los considerados lejanos (407 departamentos) ante una distancia de corte de 500m. El precio total promedio para los inmuebles cercanos es de US\$ 145.875, mientras que para los inmuebles lejanos es de US\$ 144.463; estos valores no difieren entre sí en gran manera. Entre las variables físicas no se encuentran importantes diferencias en sus valores medios para cada grupo. No obstante, se observa que en la mayoría de las variables de localización, sus valores promedios son más altos para el grupo de los inmuebles lejanos, ya sean variables de distancia o variables dummy. La excepción es la dummy relacionada con el subte ( $Dummysubte = 1$  si el inmueble se encuentra ubicado a menos de 200m de una estación de subte).

**Cuadro 3: Estadísticas descriptivas de las variables independientes para los inmuebles cercanos (a menos de 500m de una estación de Metrobus) y lejanos**

Variables	Inmuebles cercanos (n=368)				Inmuebles lejanos (n=407)			
	Promedio	Desvío	Mínimo	Máximo	Promedio	Desvío	Mínimo	Máximo
<i>Supcubierta</i>	68,1	48,9	14,0	133,0	68,1	53,8	18,0	400,0
<i>Ambientes</i>	2,5	1,3	1,0	9,0	2,4	1,3	1,0	7,0
<i>Baños</i>	1,2	0,5	1,0	4,0	1,3	0,6	1,0	5,0
<i>Antigüedad</i>	38,3	28,3	0,0	103,0	34,6	29,8	0,0	114,0
<i>Cocheras</i>	0,1	0,3	0,0	1,0	0,1	0,3	0,0	1,0
<i>Frente</i>	0,4	0,5	0,0	1,0	0,5	0,5	0,0	1,0
<i>Ph</i>	0,0	0,2	0,0	1,0	0,1	0,3	0,0	1,0
<i>Pileta</i>	0,1	0,3	0,0	1,0	0,1	0,3	0,0	1,0
<i>Avenida</i>	0,3	0,4	0,0	1,0	0,3	0,4	0,0	1,0
<i>Km_a_subte</i>	0,3	0,2	0,0	0,9	0,5	0,3	0,1	1,5
<i>Km_a_plaza</i>	0,3	0,1	0,1	0,8	0,4	0,2	0,1	1,0
<i>Km_a_escu</i>	0,1	0,1	0,0	0,4	0,1	0,1	0,0	0,4
<i>Dummysubte</i>	0,3	0,5	0,0	1,0	0,1	0,3	0,0	1,0
<i>Dummyplaza</i>	0,2	0,4	0,0	1,0	0,3	0,4	0,0	1,0
<i>Dummyscu</i>	0,8	0,4	0,0	1,0	0,9	0,4	0,0	1,0

Fuente: Elaboración propia con datos de la muestra.

## V. Resultados

### A. Estimación de participación y obtención de efectos tratamiento

En esta sección se presentan los resultados de las estimaciones de propensity score y de los efectos tratamiento sobre los tratados según el método de matching utilizado.

Inicialmente, se obtuvieron los propensity score a partir de dos modelos: ambos incluyen a las variables físicas de los inmuebles y variables dummy que representan a

cuatro de los cinco barrios que conforman la muestra.<sup>22</sup> Uno de los modelos (Modelo 1) adicionalmente incorpora variables dummy como variables de localización, tomando valor 1 cuando el inmueble se encuentra a menos de 200m del servicio en estudio. El otro modelo (Modelo 2) considera como variables de localización a las variables de distancia (medidas en km). En el Cuadro 4 se prestan los resultados de la estimación Probit para cada modelo, siendo la variable dependiente una variable binaria que toma valor 1 si el inmueble se encuentra a menos de 500m de distancia de una estación de Metrobus.

Entre las variables físicas, la cantidad de *Ambientes*, la cantidad de *Baños* y el hecho de tratarse de un *Ph* son variables significativas en la determinación de encontrarse cerca del Metrobus, tanto en el Modelo 1 como en el 2. En el Modelo 1, las dummy relacionadas con *Avenida*, *Dummysubte* y las cuatro dummies barriales son significativas, mientras que en Modelo 2 lo son las tres variables de distancia (*Km\_a\_...*) y las cuatro dummies barriales.

**Cuadro 4: Estimaciones Probit de participación – Modelo 1 y Modelo 2 (n=775)**

<i>Modelo 1</i>			<i>Modelo 2</i>		
<i>Variables</i>	<i>Coeficiente</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Variables</i>	<i>Coeficiente</i>	<i>Error Estándar</i>
<i>Supcubierta</i>	-0,0030	0,0020	<i>Supcubierta</i>	-0,0027	0,0021
<i>Ambientes</i>	0,1299 *	0,0715	<i>Ambientes</i>	0,1786 **	0,0738
<i>Baños</i>	-0,2976 **	0,1250	<i>Baños</i>	-0,3649 ***	0,1291
<i>Antigüedad</i>	0,0018	0,0022	<i>Antigüedad</i>	-0,0003	0,0023
<i>Cocheras</i>	0,3160	0,2003	<i>Cocheras</i>	0,3442	0,2152
<i>Frente</i>	-0,0491	0,1054	<i>Frente</i>	-0,0732	0,1086
<i>Ph</i>	-0,8230 ***	0,2570	<i>Ph</i>	-0,8259 ***	0,2683
<i>Pileta</i>	-0,1680	0,1912	<i>Pileta</i>	-0,2123	0,1969
<i>Avenida</i>	-0,2156 *	0,1218	<i>Avenida</i>	-0,0773	0,1230
<i>Dummysubte</i>	0,6652 ***	0,1466	<i>Km_a_subte</i>	-1,0173 ***	0,2887
<i>Dummyplaza</i>	-0,1482	0,1333	<i>Km_a_plaza</i>	-1,6183 ***	0,3010
<i>Dummyescu</i>	-0,0136	0,1379	<i>Km_a_escu</i>	1,0630 ***	0,2138
<i>Retiro</i>	1,6183 ***	0,1792	<i>Retiro</i>	1,5884 ***	0,1832
<i>San Nicolás</i>	0,6705 ***	0,1998	<i>San Nicolás</i>	0,5999 ***	0,2138
<i>Constitución</i>	1,3330 ***	0,1665	<i>Constitución</i>	1,5423 ***	0,1851
<i>Montserrat</i>	0,5595 ***	0,1675	<i>Montserrat</i>	0,7447 ***	0,1846
<i>_cons</i>	-0,7399 ***	0,2410	<i>_cons</i>	0,1063	0,2624

Fuente: Elaboración propia.

Con la predicción de los valores ajustados de estas estimaciones se obtuvieron los propensity scores necesarios para asignar a cada inmueble cercano al Metrobus un inmueble lejano con características los más similares posibles, a través de los distintos métodos de pareamiento mencionados en la Sección III.<sup>23</sup>

El primer método aplicado fue el de *vecino más cercano*, tomando en consideración los propensity score de 1, 2, 3, 4 ó 5 departamentos no tratados similares.<sup>24</sup> Luego se utilizaron las metodologías Radius y Kernel. Al exigir la condición de soporte común, de los 775 inmuebles se desestimaron 53 (11 de ellos cercanos al Metrobus) para la especificación del Modelo 1 y 40 (6 de ellos cercanos) para el Modelo 2 (Figura 5).<sup>25</sup> Es así que, para el Modelo 1 por ejemplo, de los 722 inmuebles resultantes, 357 se ubicaron cerca del

<sup>22</sup> Se tomó como referencia al barrio de San Telmo.

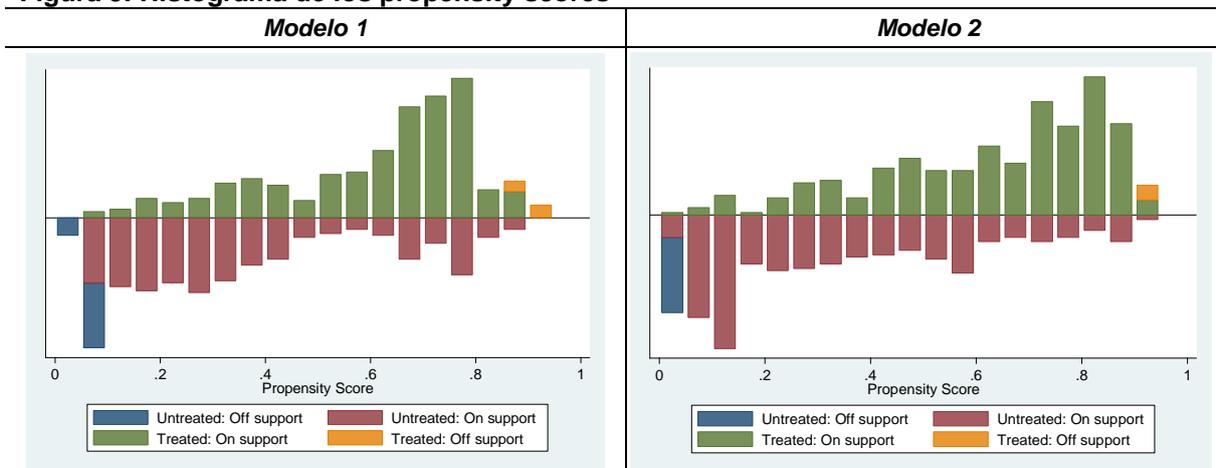
<sup>23</sup> Se utilizó el software Stata 13.0 y el comando psmtach2 desarrollado en Leuven y Sianesi (2003).

<sup>24</sup> En el Anexo D se detalla un ejemplo de matching con dos vecinos.

<sup>25</sup> Los departamentos tratados desestimados contaban con propensity scores mayores a 0,887 (Modelo 1) y a 0,932 (Modelo 2).

Metrobus (inmuebles tratados) y 365 se ubicaron fuera del límite de los 500m (inmuebles no tratados).

**Figura 5: Histograma de los propensity scores**

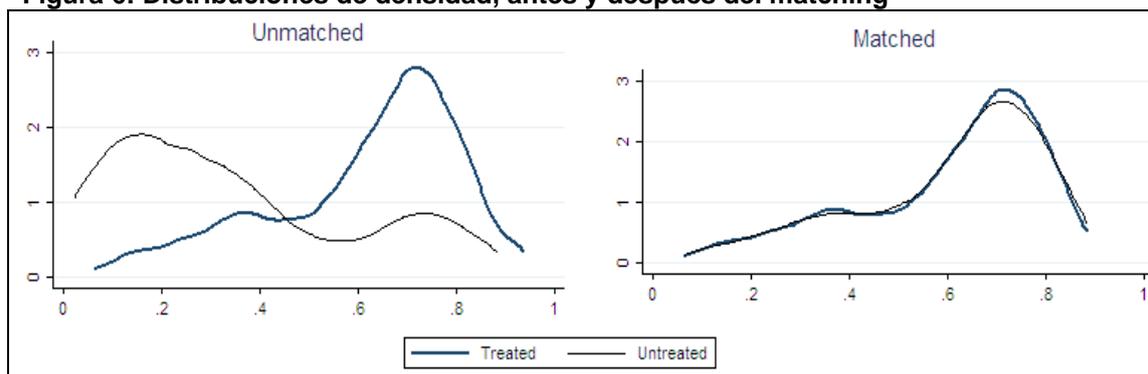


Fuente: Elaboración propia. Nota: el método de matching utilizado fue 1 vecino más cercano.

Asimismo, se compararon las medias de cada variable entre los grupos tratados y no tratados con el propósito de probar que luego del matching las medias sean estadísticamente iguales (ver en Anexo E los estadísticos  $t$  correspondientes, tanto para la comparación pre-matching como para la comparación posterior al matching).<sup>26</sup> Para el Modelo 1, sólo la variable *Antigüedad* presenta medias estadísticamente distintas entre tratados y no tratados a un nivel de 5% de significatividad, mientras que para el Modelo 2, las variables *Ambientes* (al 5% de significatividad), *Antigüedad* y *Pileta* (ambas al 1%) rechazan la hipótesis de medias iguales.

En la Figura 6 puede observarse las distribuciones de densidad kernel de los propensity scores -para las observaciones dentro del soporte común- antes y después del matching. La fuerte semejanza de las distribuciones luego del matching revela una gran similitud de propensity scores entre el grupo contrafáctico generado por el matching y el grupo tratado.

**Figura 6: Distribuciones de densidad, antes y después del matching**

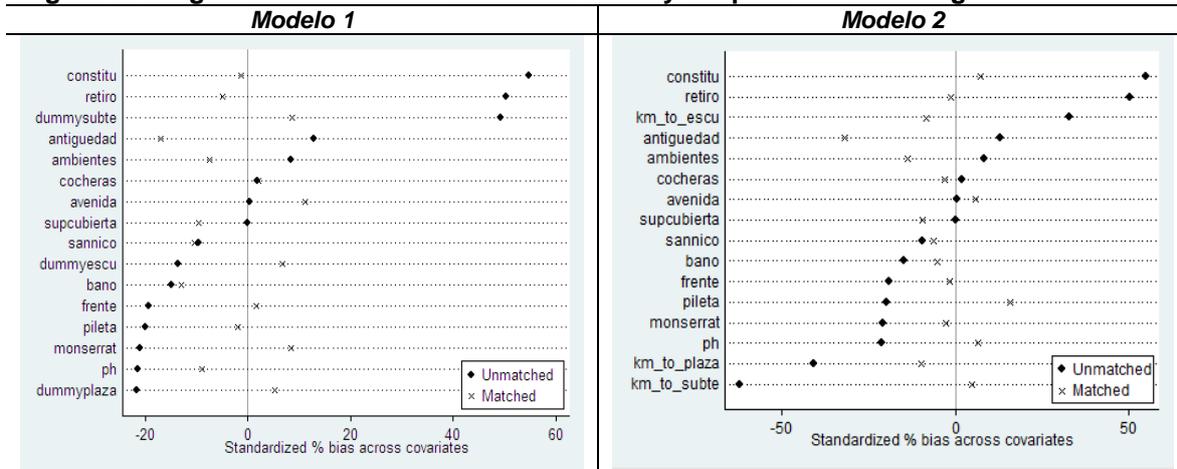


Fuente: Elaboración propia. Nota: el método de matching utilizado fue 1 vecino más cercano, bajo el modelo 1 de estimación del propensity score (dummies).

<sup>26</sup> Lo que se espera es lograr no rechazar la hipótesis nula que las medias de ambos grupos son iguales ya que con el matching se busca encontrar un grupo de control que sea lo más similar posible al grupo tratado en cada una de las variables explicativas.

La Figura 7, por su parte, exhibe la reducción del sesgo estandarizado de medias de cada variable luego del matching (valores más cercanos a un sesgo de 0%).<sup>27</sup>

**Figura 7: Sesgos estandarizados de medias antes y después del matching**



Fuente: Elaboración propia

A continuación, en el Cuadro 5 se presentan los *ATET* calculados a través de las metodologías de matching: *Vecino más cercano* (para las distintas cantidades de vecinos consideradas), *Radius* y *Kernel*.<sup>28</sup>

**Cuadro 5: Estimación de los efectos tratamiento según la metodología de matching.**

<b>Modelo 1</b>					
<b>Muestra</b>	<b>Tratados</b>	<b>No Tratados</b>	<b>Diferencia<sup>(*)</sup></b>	<b>Error Estándar</b>	<b>Estadístico t</b>
<b>Unmatched</b>	145.784	144.463	<b>13.212</b>	9.624	<b>0,14</b>
<b>ATET – 1 vecino</b>	147.431	171.236	<b>-23.805</b>	1.8363	<b>-1,30</b>
<b>ATET – 2 vecinos</b>	147.431	168.998	<b>-21.567</b>	15.121	<b>-1,43</b>
<b>ATET – 3 vecinos</b>	147.431	162.204	<b>-14.773</b>	13.750	<b>-1,07</b>
<b>ATET – 4 vecinos</b>	147.431	165.098	<b>-17.667</b>	13.859	<b>-1,27</b>
<b>ATET – 5 vecinos</b>	147.431	164.261	<b>-16.830</b>	13.366	<b>-1,26</b>
<b>Radius</b>	147.431	154.885	<b>-7.454</b>	11.993	<b>-0,62</b>
<b>Kernel</b>	147.431	157.664	<b>-10.233</b>	12.954	<b>-0,79</b>
<b>Modelo 2</b>					
<b>Muestra</b>	<b>Tratados</b>	<b>No Tratados</b>	<b>Diferencia<sup>(*)</sup></b>	<b>Error Estándar</b>	<b>Estadístico t</b>
<b>Unmatched</b>	145.784	144.463	<b>13.212</b>	9.624	<b>0,14</b>
<b>ATET – 1 vecino</b>	146.356	160.266	<b>-13.910</b>	20.998	<b>-0,66</b>
<b>ATET – 2 vecinos</b>	146.356	149.945	<b>-3.589</b>	17.834	<b>-0,20</b>
<b>ATET – 3 vecinos</b>	146.356	148.414	<b>-2.058</b>	16.550	<b>-0,12</b>
<b>ATET – 4 vecinos</b>	146.356	143.012	<b>3.343</b>	15.852	<b>0,21</b>
<b>ATET – 5 vecinos</b>	146.356	143.102	<b>32.541</b>	15.462	<b>0,21</b>
<b>Radius</b>	146.356	138.218	<b>8.138</b>	12.094	<b>0,67</b>
<b>Kernel</b>	146.356	138.869	<b>7.487</b>	13.864	<b>0,54</b>

Fuente: Elaboración propia. Nota: <sup>(\*)</sup> Recordar que la variable resultado sobre la cual se analizan los efectos es el precio total de los inmuebles, medido en dólares.

<sup>27</sup> El sesgo de medias o diferencia esperada en  $\mathbf{X}$  antes del matching es  $E(\mathbf{x}|D=1) - E(\mathbf{x}|D=0)$  mientras que el sesgo en  $\mathbf{X}$  luego del matching es  $E(\mathbf{x}|D=1) - \mu_{0M}$  donde  $\mu_{0M}$  es el valor esperado de  $\mathbf{X}$  en el grupo no tratado pareado.  $\mu_{0M}$  dependerá del método de matching utilizado mientras que  $E(\mathbf{x}|D=1) - E(\mathbf{x}|D=0)$  dependerá de las características propias de la población (Rosenbaum y Rubin, 1985).

<sup>28</sup> Se consideró una tolerancia de 0.25 para el Radius y la distribución Epanechnikov para el Kernel.

Allí se observa que ninguno de los *ATET* calculados es significativo según los estadísticos *t* correspondientes en todas las metodologías -tanto para el Modelo 1 como para el Modelo 2-. Por lo tanto, las diferencias de precios promedios entre departamentos tratados (cercanos al Metrobus) y no tratados (lejanos) no se pueden imputar a la implementación del Metrobus, según las metodologías aplicadas. Si bien las estimaciones de *ATET* en el Modelo 1 no fueron significativas, bajo todas las metodologías de matching se observa un signo negativo claro, mientras que no sucede lo mismo para el modelo 2.

## B. Robustez

Para comprobar la robustez de los resultados anteriores, se modificó la definición de la variable dependiente del modelo Probit de manera de considerar cercanos sólo a los inmuebles ubicados a 300m de una estación de Metrobus (a diferencia de los 500m). Con esto se pretende investigar si existe un impacto relevante del Metrobus solamente en los inmuebles más próximos al mismo vs. todos los demás inmuebles.

Se obtuvieron los nuevos propensity scores, se determinó el soporte común y se aplicaron las mismas metodologías de matching que en la Sección anterior. Los *ATET* resultantes se presentan en el Cuadro 6.

**Cuadro 6: Estimación de los efectos tratamiento (D=1 si el inmueble se ubica a menos de 300m) - Muestra: Completa**

<i>Modelo 1</i>					
Muestra	Tratados	No Tratados	Diferencia <sup>(*)</sup>	Error Estándar	Estadístico t
<i>Unmatched</i>	133.845	147.171	<b>-13.326</b>	13.231	<b>-1,01</b>
<i>ATET – 1 vecino</i>	135.308	162.316	<b>-27.008</b>	22.492	<b>-1,20</b>
<i>ATET – 2 vecinos</i>	135.308	169.291	<b>-33.983</b>	20.827	<b>-1,63</b>
<i>ATET – 3 vecinos</i>	135.308	174.280	<b>-38.972</b>	21.108	<b>-1,85</b>
<i>ATET – 4 vecinos</i>	135.308	172.696	<b>-37.389</b>	19.614	<b>-1,91</b>
<i>ATET – 5 vecinos</i>	135.308	167.689	<b>-32.381</b>	18.457	<b>-1,75</b>
<i>Radius</i>	135.308	157.800	<b>-22.494</b>	13319	<b>-1,69</b>
<i>Kernel</i>	135.308	162.433	<b>-27.125</b>	16.545	<b>-1,64</b>
<i>Modelo 2</i>					
Muestra	Tratados	No Tratados	Diferencia <sup>(*)</sup>	Error Estándar	Estadístico t
<i>Unmatched</i>	133.845	147.171	<b>-13.326</b>	13.231	<b>-1,01</b>
<i>ATET – 1 vecino</i>	135.505	161.178	<b>-25.673</b>	19.013	<b>-1,35</b>
<i>ATET – 2 vecinos</i>	135.505	156.061	<b>-20.556</b>	16.875	<b>-1,22</b>
<i>ATET – 3 vecinos</i>	135.505	164.930	<b>-29.425</b>	17.556	<b>-1,68</b>
<i>ATET – 4 vecinos</i>	135.505	167.791	<b>-32.286</b>	18.870	<b>-1,71</b>
<i>ATET – 5 vecinos</i>	135.505	162.025	<b>-26.520</b>	18.055	<b>-1,47</b>
<i>Radius</i>	135.505	151.341	<b>-15.837</b>	13.688	<b>-1,16</b>
<i>Kernel</i>	135.505	155.359	<b>-19.854</b>	16.181	<b>-1,23</b>

Fuente: Elaboración propia. Nota: <sup>(\*)</sup> Recordar que la variable resultado sobre la cual se analizan los efectos es el precio total de los inmuebles, medido en dólares.

Una vez más, los efectos tratamiento sobre los tratados (todos con signo negativo) tampoco se pudieron atribuir estadísticamente a la implementación del Metrobus, tanto para el Modelo 1 como para el Modelo 2, bajo las diversas metodologías de matching.

Por otra parte, se extrajo de la muestra a los inmuebles de Retiro por ser un barrio de características muy distintas a las de los demás barrios de la muestra, resultando una submuestra de 616 observaciones, considerando las dos definiciones de la variable binaria para el modelo Probit (la que toma valor 1 tanto a 500m de distancia de una estación de Metrobus por un lado, como a 300m por el otro) (Cuadro 7).

Los *ATET* estimados y sus estadísticos de prueba para el Modelo 1 indican que los diferenciales de precios no son significativos (Cuadro 7). En el Modelo 2, tampoco se obtuvieron *ATET* significativos (Cuadro 7).

**Cuadro 7: Estimación de los efectos tratamiento - Muestra: Sin Retiro**

Muestra	<i>A 500m de una estación de Metrobus</i>					<i>A 300m de una estación de Metrobus</i>				
	<i>Modelo 1</i>					<i>Modelo 1</i>				
	Tratados	No Tratados	Diferencia <sup>(*)</sup>	Error Estándar	t	Tratados	No Tratados	Diferencia <sup>(*)</sup>	Error Estándar	t
<i>Unmatched</i>	105.916	116.756	<b>-10.840</b>	5.632	<b>-1,92</b>	111.063	112.445	<b>-1.382</b>	8.708	<b>-0,16</b>
<i>ATET – 1 vecino</i>	106.305	110.008	<b>-3.703</b>	12.417	<b>-0,30</b>	107.973	105.895	<b>2.078</b>	12.258	<b>0,17</b>
<i>ATET – 2 vecinos</i>	106.305	106.187	<b>118</b>	10.367	<b>0,01</b>	107.973	106.347	<b>1.626</b>	11.901	<b>0,14</b>
<i>ATET – 3 vecinos</i>	106.305	107.682	<b>-1.377</b>	9.663	<b>-0,14</b>	107.973	103.509	<b>4.464</b>	14.444	<b>0,39</b>
<i>ATET – 4 vecinos</i>	106.305	105.857	<b>448</b>	9.085	<b>0,05</b>	107.973	104.842	<b>3.131</b>	10.848	<b>0,29</b>
<i>ATET – 5 vecinos</i>	106.305	107.886	<b>-1.581</b>	8.684	<b>-0,18</b>	107.973	107.344	<b>630</b>	10.816	<b>0,06</b>
<i>Radius</i>	106.305	108.695	<b>-2.390</b>	6.664	<b>-0,36</b>	107.973	106.662	<b>1.312</b>	9.717	<b>0,13</b>
<i>Kernel</i>	106.305	108.655	<b>-2.349</b>	7.588	<b>-0,31</b>	107.973	108.801	<b>-828</b>	9.980	<b>-0,08</b>
Muestra	<i>Modelo 2</i>					<i>Modelo 2</i>				
	Tratados	No Tratados	Diferencia <sup>(*)</sup>	Error Estándar	t	Tratados	No Tratados	Diferencia <sup>(*)</sup>	Error Estándar	t
	Tratados	No Tratados	Diferencia <sup>(*)</sup>	Error Estándar	t	Tratados	No Tratados	Diferencia <sup>(*)</sup>	Error Estándar	t
<i>Unmatched</i>	105.916	116.756	<b>-10.840</b>	5.632	<b>-1,92</b>	111.063	112.445	<b>-1.382</b>	8.708	<b>-0,16</b>
<i>ATET – 1 vecino</i>	108.979	119.575	<b>-10.597</b>	14.553	<b>-0,73</b>	112.419	114.296	<b>-1.877</b>	15.276	<b>-0,12</b>
<i>ATET – 2 vecinos</i>	108.979	111.289	<b>-2.311</b>	11.471	<b>-0,20</b>	112.419	115.563	<b>-3.144</b>	12.634	<b>-0,25</b>
<i>ATET – 3 vecinos</i>	108.979	111.980	<b>-3.001</b>	10.794	<b>-0,28</b>	112.419	111.958	<b>461</b>	12.216	<b>0,04</b>
<i>ATET – 4 vecinos</i>	108.979	107.677	<b>1.302</b>	10.027	<b>0,13</b>	112.419	112.762	<b>-343</b>	11.896	<b>-0,03</b>
<i>ATET – 5 vecinos</i>	108.979	108.004	<b>975</b>	9.818	<b>0,10</b>	112.419	110.436	<b>1.983</b>	11.910	<b>0,17</b>
<i>Radius</i>	108.979	104.555	<b>4.424</b>	6.796	<b>0,65</b>	112.419	105.584	<b>6.835</b>	10.797	<b>0,63</b>
<i>Kernel</i>	108.979	103.712	<b>5.267</b>	7.846	<b>0,67</b>	112.419	111.673	<b>746</b>	11.463	<b>0,07</b>

Fuente: Elaboración propia. Nota: <sup>(\*)</sup> Recordar que la variable resultado sobre la cual se analizan los efectos es el precio total de los inmuebles, medido en dólares.

Finalmente, se tomó la submuestra de los departamentos ubicados en Retiro (159 observaciones) y se realizaron las mismas estimaciones. No obstante, para la versión del Probit para inmuebles ubicados a menos de 300m tuvo que quitarse la variable *Dummysubte* debido a que en Retiro la línea C de subte y el Metrobus tienen trazados distintos y ningún inmueble está, a la vez, ubicado en las proximidades de ambos trazados.<sup>29</sup>

Los *ATET* calculados y sus estadísticos de prueba (Cuadro 8) demuestran que prácticamente todas las estimaciones de *ATET* realizadas (27 de 28 ejercicios) fueron no significativas; la excepción fue el *ATET* obtenido para el Modelo 1 con la metodología Radius, atribuyendo al Metrobus 9 de Julio una reducción de U\$S 136.884 del precio total de los inmuebles próximos al mismo vs. los más alejados.

Con estas estimaciones, además, se comprueba claramente los mayores precios totales promedio de los inmuebles de Retiro (Cuadro 8) -tanto de inmuebles tratados como no tratados- al compararlos con los de la muestra sin el barrio de Retiro (Cuadro 7). A su vez, son muy importantes las diferencias de precios totales promedios entre tratados y no tratados dentro del mismo barrio de Retiro en todas las metodologías propuestas, en especial para la versión de 500m de distancia al Metrobus. Esto marca que los inmuebles alejados al Metrobus son bastante más caros que los próximos y que las familias de Retiro valoran más estar lejos de zonas de alto tránsito por sobre la facilidad de acceso al transporte, quizás por tener la posibilidad de hacer mayor uso de movilidad propia o privada que de transporte público.

---

<sup>29</sup> *Dummysubte* nunca toma valor 1 cuando la variable dependiente del Probit toma valor 1.

**Cuadro 8: Estimación de los efectos tratamiento - Muestra: sólo el barrio de Retiro**

Muestra	A 500m de una estación de Metrobus					A 300m de una estación de Metrobus				
	Modelo 1 <sup>(**)</sup>					Modelo 1 <sup>(**)</sup>				
	Tratados	No Tratados	Diferencia <sup>(*)</sup>	Error Estándar	t	Tratados	No Tratados	Diferencia <sup>(*)</sup>	Error Estándar	t
<b>Unmatched</b>	235.586	371.725	<b>-136.139</b>	37.927	<b>-3,59</b>	166.196	320.801	<b>-154.605</b>	35.704	<b>-4,33</b>
<b>ATET – 1 vecino</b>	233.671	317.932	<b>-84.261</b>	111.854	<b>-0,75</b>	166.196	176.080	<b>-9.884</b>	53.333	<b>-0,19</b>
<b>ATET – 2 vecinos</b>	233.671	317.832	<b>-84.160</b>	95.746	<b>-0,88</b>	166.196	196.595	<b>-30.399</b>	46.483	<b>-0,65</b>
<b>ATET – 3 vecinos</b>	233.671	343.797	<b>-110.125</b>	83.660	<b>-1,32</b>	166.196	182.930	<b>-16.734</b>	41.087	<b>-0,41</b>
<b>ATET – 4 vecinos</b>	233.671	380.497	<b>-146.825</b>	78.132	<b>-1,88</b>	166.196	187.778	<b>-21.582</b>	41.403	<b>-0,52</b>
<b>ATET – 5 vecinos</b>	233.671	383.274	<b>-149.603</b>	76.538	<b>-1,95</b>	166.196	176.574	<b>-10.378</b>	42.375	<b>-0,24</b>
<b>Radius</b>	233.671	370.556	<b>-136.884</b>	62.548	<b>-2,19</b>	166.998	177.190	<b>-10.192</b>	50.391	<b>-0,20</b>
<b>Kernel</b>	233.671	322.380	<b>-88.708</b>	82.571	<b>-1,07</b>	166.196	217.020	<b>-50.824</b>	39.682	<b>-1,28</b>
Muestra	Modelo 2					Modelo 2				
	Tratados	No Tratados	Diferencia <sup>(*)</sup>	Error Estándar	t	Tratados	No Tratados	Diferencia <sup>(*)</sup>	Error Estándar	t
	Tratados	No Tratados	Diferencia <sup>(*)</sup>	Error Estándar	t	Tratados	No Tratados	Diferencia <sup>(*)</sup>	Error Estándar	t
<b>Unmatched</b>	235.586	371.725	<b>-136.139</b>	37.927	<b>-3,59</b>	166.196	320.801	<b>-154.605</b>	35.704	<b>-4,33</b>
<b>ATET – 1 vecino</b>	272.181	308.892	<b>-36.711</b>	78.290	<b>-0,47</b>	189.103	154.842	<b>34.261</b>	48.815	<b>0,70</b>
<b>ATET – 2 vecinos</b>	272.181	290.703	<b>-18.522</b>	72.141	<b>-0,26</b>	189.103	173.842	<b>15.261</b>	46.400	<b>0,33</b>
<b>ATET – 3 vecinos</b>	272.181	300.436	<b>-28.255</b>	66.841	<b>-0,42</b>	189.103	189.035	<b>68</b>	49.146	<b>0,00</b>
<b>ATET – 4 vecinos</b>	272.181	298.608	<b>-26.427</b>	66.043	<b>-0,40</b>	189.103	191.273	<b>-2.170</b>	46.039	<b>-0,05</b>
<b>ATET – 5 vecinos</b>	272.181	292.467	<b>-20.286</b>	65.760	<b>-0,31</b>	189.103	187.637	<b>1.466</b>	46.297	<b>0,03</b>
<b>Radius</b>	272.181	304.113	<b>-31.932</b>	62.005	<b>-0,51</b>	189.103	206.030	<b>-16.928</b>	36.538	<b>-0,46</b>
<b>Kernel</b>	270.714	295.153	<b>-24.439</b>	65.591	<b>-0,37</b>	186.241	175.929	<b>10.311</b>	44.759	<b>0,23</b>

Fuente: Elaboración propia. Nota: <sup>(\*)</sup> Recordar que la variable resultado sobre la cual se analizan los efectos es el precio total de los inmuebles, medido en dólares. <sup>(\*\*)</sup> Tuvo que quitarse la variable *Dummysubte* por tomar valor 0 para todos los inmuebles cercanos al Metrobus (*Dummysubte* toma valor 1 si el inmueble se ubica a menos de 200m de una estación de subte).

## **VI. Resumen y conclusiones finales**

Este trabajo tuvo como objetivo estimar el impacto en el precio de oferta de inmuebles de CABA cercanos al Metrobus 9 de Julio vs. los más alejados a través de la metodología de Evaluación de Impacto.

Los microdatos utilizados fueron avisos clasificados publicados en las páginas web de los portales de venta de departamentos ofrecidos en venta en los barrios de Retiro, San Nicolás, Monserrat, Constitución y San Telmo durante agosto de 2014.

El análisis de evaluación de impacto estudia las consecuencias de una determinada decisión de política con el propósito de brindar algún resultado medible de tal decisión. De esta manera, es posible conocer si efectivamente se dieron los resultados que se esperaban, si se asignaron correctamente los recursos que la hicieron posible y si es posible atribuir los cambios en el 'bienestar' a la intervención y ejecución del programa en particular (Khandker et al., 2010). Asimismo, la evaluación de impacto también podría servirnos como herramienta para inferir si se dio, posteriormente, algún efecto que inicialmente no se tuvo en consideración al momento de diseñar la política en estudio. En función de este último argumento, se buscó conocer a través de la estimación del efecto tratamiento sobre los tratados si la implementación del Metrobus 9 de Julio en CABA tiene algún impacto en el precio de los departamentos de la zona circundante, dado que las autoridades gubernamentales que ejecutaron la obra nunca mencionaron algún tipo de repercusión de un proyecto de tal envergadura sobre el precio de los inmuebles cercanos al trazado del mencionado Metrobus.

Dado que en algunas ocasiones los modelos econométricos pueden tener dificultades para capturar múltiples causalidades, la evaluación de impacto, por su parte, permite relacionar causas y efectos de un programa o de una política sobre un resultado de interés (Stern et al. 2012; Gertler et al., 2011) utilizando métodos de evaluación (a través de contrafacticos) para descartar la posibilidad que cualquier otro factor explique el impacto observado.

De la diversidad de estimaciones realizadas por medio de las metodologías de evaluación de impacto, se observó que en la mayoría de los casos no fue posible atribuir a la implementación del Metrobus un efecto claro y significativo sobre el precio de los inmuebles.

Por un lado, la evaluación de impacto no avaló en significatividad ni la existencia de un efecto transporte (como aspecto positivo) ni un efecto ambiental nocivo (como aspecto negativo) atribuibles al Metrobus.

Entre los diversos ejercicios de robustez realizados, se destacó que al utilizar como submuestra sólo los inmuebles de Retiro surgió un importante diferencial de precios negativo, si bien no fue significativo, marcando que los inmuebles alejados al Metrobus son bastante más caros que los próximos. Es posible que las familias de Retiro valoren más estar lejos de zonas de alto tránsito por sobre la facilidad de acceso al transporte, quizás por tener la posibilidad de hacer mayor uso de movilidad propia o privada que de transporte público.

Se concluye, entonces, que el acceso al Metrobus 9 de Julio por parte de los inmuebles en zonas aledañas no es un atributo relevante por el cual se estaría dispuesto a pagar e incluso mudarse a estos barrios debido a los beneficios que podría generar la accesibilidad al transporte. Es probable que la ventaja brindada por un viaje más corto de duración a través del trazado del Metrobus sea percibido en mayor medida por personas que viven fuera de la zona estudiada, motivo por el cual no se capitaliza un efecto transporte en el mercado inmobiliario aledaño. Muchas líneas de colectivo que utilizan este Metrobus realizan viajes relativamente largos, en los cuales, la posibilidad de realizar 3 km de recorrido en bastante menor tiempo es algo muy beneficioso.

Por otra parte, a través de la evaluación de impacto tampoco se encuentra evidencia de que los efectos ambientales nocivos que pudiera provocar el tránsito más concentrado de colectivos sobre los inmuebles muy próximos al trazado sean estadísticamente relevantes, aunque se pueda percibir un signo negativo de un impacto no significativo.

De estos resultados se deduce que la implementación del Metrobus 9 de Julio fue una política de mejora del transporte público de pasajeros que no perjudicó ni benefició en forma significativa al mercado inmobiliario adyacente, haya sido o no previsto por el Gobierno de la Ciudad al momento de planificarlo.

Es posible que para otras zonas menos céntricas de la Ciudad, el efecto transporte aparezca con más claridad. En función de ello, sería interesante analizar -con suficiente información- si es posible capturar dicho efecto a partir del estudio de la implementación del Metrobus Juan B. Justo, de mayor extensión y, por ende, con un trazado que transita mayor cantidad de barrios de diversas características.

## VII. Anexos

### Anexo A. Breve reseña de los barrios de la muestra

Los barrios de Retiro, San Nicolás, Monserrat, Constitución y San Telmo integran la Comuna 1 de la Ciudad de Buenos Aires, junto con el barrio de Puerto Madero (el cual no forma parte de la muestra en estudio). La zona conformada por estos barrios cuenta con importantes arterias de tránsito entre las cuales se encuentra la Av. 9 de Julio y con dos centros de transporte público ferroviario de gran envergadura, las estaciones de Retiro y Constitución, las cuales conectan a la periferia de CABA con el centro administrativo financiero del país y entre las cuales, también, se extiende la línea C de subterráneos.

En la comuna 1 se desarrollan diversas actividades; más del 70% del empleo de la comuna se concentra en la provisión de servicios (GCBA, 2014). Por un lado, el micro y macrocentro (que abarcan parte de Retiro y San Nicolás) se especializan en la actividad relacionada con los servicios administrativos y financieros públicos y privados y la administración pública Nacional y Municipal. En el resto de la comuna se destacan las actividades gastronómicas y la hotelería brindados al turismo.<sup>30</sup> Por otra parte, en Monserrat, San Telmo y Constitución se localizan mayormente las actividades productivas.

Asimismo, los barrios de Retiro, San Nicolás, y San Telmo se caracterizan por haber sido, en términos históricos, parte fundamental del origen político y socio-económico de CABA. Es por ello que es posible encontrar una mixtura tanto de construcciones antiguas consideradas patrimonio histórico-cultural como edificios basados en la arquitectura moderna, sean residenciales o no, como reflejo del desarrollo de la actividad económica de la zona. De hecho, la densidad de la población es bastante más baja al este de la Av. 9 de Julio donde se concentra la mayor parte de la actividad económica mencionada, si bien crece notablemente hacia el sur en el barrio de San Telmo donde se incrementa la cantidad de construcciones residenciales (GCBA, 2014).

La distribución de departamentos destinados a vivienda predomina en los barrios de Monserrat, San Nicolás y Retiro, destacándose este último por la mayor altura de los edificios, por no contar con edificaciones abandonadas y por no contar, prácticamente, con lotes (es decir, terrenos sin construcción) (GCBA, 2014). En 2013 y 2014, además, la comuna presentó 93 y 196 permisos para edificar vivienda nueva, respectivamente. En 2013 los permisos se registraron en Monserrat, Retiro y San Telmo (viviendas tanto sencillas como lujosas y suntuosas –estas últimas en Retiro–), mientras que en 2014 se registraron en Constitución, San Nicolás y San Telmo (sencillas, lujosas y suntuosas –las últimas en San Nicolás y San Telmo) (GCBA, 2014).

Por otra parte, cabe destacar que según un informe del Gobierno de CABA en el que se compara el grado de dinamismo constructivo de cada barrio con el valor promedio de sus inmuebles, los barrios de Retiro y San Nicolás se encuentran entre aquellos con una baja dinámica constructiva pero precios de venta por encima del promedio de la Ciudad. Tales características son asociadas, en el informe, a la baja disponibilidad de terrenos en los barrios mencionados y la importante cantidad de m<sup>2</sup> ya construidos (GCBA, 2010).

---

<sup>30</sup> La comuna registra el 44.8% del total de hoteles turísticos de CABA (GCBA, 2014).

## Anexo B. Prueba de definiciones de ATE y ATET en función de $p(\mathbf{x})$

Si insertamos la ecuación de resultados potenciales en el numerador de la definición de *ATE* (ecuación (8)), tendremos:

$$ATE = E\left(\frac{[D - p(\mathbf{x})][(1 - D)y_0 + Dy_1]}{p(\mathbf{x})[1 - p(\mathbf{x})]}\right) \quad (13)$$

Desarrollando sólo el numerador de *ATE*, obtendremos:

$$\begin{aligned} [D - p(\mathbf{x})][(1 - D)y_0 + Dy_1] &= \\ Dy_0 - D.D.y_0 + D.D.y_1 - p(\mathbf{x})y_0 + p(\mathbf{x})Dy_0 - p(\mathbf{x})Dy_1 &= \\ Dy_0 - D.y_0 + D.y_1 - p(\mathbf{x})y_0 + p(\mathbf{x})Dy_0 - p(\mathbf{x})Dy_1 &= \\ D.y_1 - p(\mathbf{x})y_0(1 - D) - p(\mathbf{x})Dy_1 &= \end{aligned} \quad (14)$$

Aplicando expectativas en  $D$  y en  $\mathbf{x}$  y bajo el supuesto de ignorabilidad en términos de independencia de medias condicional (es decir,  $E(y_0 | \mathbf{x}, D) = E(y_0 | \mathbf{x})$ , y lo mismo para  $y_1$ ), la expresión anterior nos quedará como (15):

$$E(D | \mathbf{x})E(y_1 | \mathbf{x}) - p(\mathbf{x})E(y_0 | \mathbf{x})[1 - E(D | \mathbf{x})] - p(\mathbf{x})E(D | \mathbf{x})E(y_1 | \mathbf{x}) \quad (15)$$

Siendo  $E(D | \mathbf{x}) = p(\mathbf{x})$ , obtendremos (16):

$$\begin{aligned} p(\mathbf{x})E(y_1 | \mathbf{x}) - p(\mathbf{x})E(y_0 | \mathbf{x})[1 - p(\mathbf{x})] - p(\mathbf{x})p(\mathbf{x})E(y_1 | \mathbf{x}) &= \\ p(\mathbf{x})[1 - p(\mathbf{x})][E(y_1 | \mathbf{x}) - E(y_0 | \mathbf{x})] & \end{aligned} \quad (16)$$

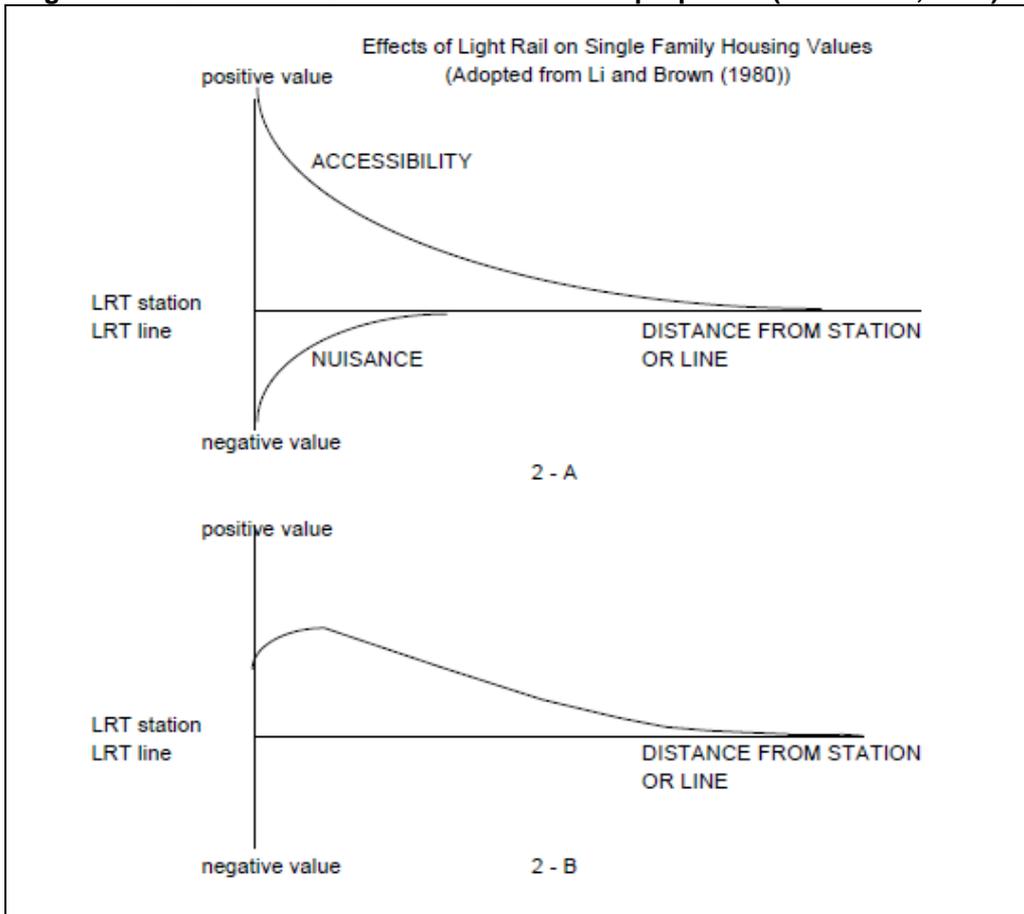
Para llegar a la definición de (8), basta con dividir (16) por  $p(\mathbf{x})[1 - p(\mathbf{x})]$  y tomar esperanzas del cociente. Un análisis similar se puede aplicar para obtener (9).

## Anexo C. Efectos contrarios generados por los sistemas de transporte sobre la valuación de los inmuebles

Chen et al. (1998), encontraron que la proximidad a una línea de tren ligero (light rail transit, LRT) puede tener dos efectos de comportamiento contrario sobre el valor de las propiedades cercanas: por un lado, la accesibilidad al LRT puede incrementar el valor del inmueble por acceso al transporte, mientras que los efectos nocivos como el ruido y otras molestias pueden reducir el valor de la propiedad. Según ellos, no sólo estos efectos no son necesariamente lineales sino también que consideran que si sólo se incluye la distancia al LRT como variable explicativa de un modelo de precio hedónico de inmuebles, estos efectos se solaparían, perseverando el efecto transporte recién a unos cuantos cientos de metros (Figura C. 1).

Por ello proponen, en la medida que los datos lo permitan, incorporar una variable proxy al modelo de cada uno de los efectos agregando el cuadrado de las mismas, para obtener resultados insesgados del efecto acceso al transporte. Ellos utilizan la distancia lineal entre la propiedad y la estación más cercana como proxy del efecto transporte y la distancia más corta entre cada propiedad y la vía o línea por la que transita el LRT como proxy de los efectos molestos del transporte. Es así como encuentran que el precio de los inmuebles decrece con la distancia a una estación de LRT pero a una tasa decreciente y que los precios se incrementan con la distancia a las vías del LRT pero el efecto desaparece rápidamente (en concordancia con la Figura C. 1), a partir de lo cual prevalece el efecto accesibilidad al transporte.

**Figura C. 1: Efectos del LRT sobre el valor de la propiedad (Chen et al., 1998)**



Fuente: Chen et al. (1998)

#### **Anexo D. Ejemplo de Matching por el método de Vecino más cercano**

En la metodología de matching por vecino más cercano, cada inmueble ubicado en las proximidades (radio de 500m) del Metrobus se deberá relacionar con uno o más inmueble/s alejado/s del Metrobus que tenga/n un valor de propensity score lo más similar posible, siendo dicho propensity score la probabilidad de tener acceso al Metrobus, dados los atributos de los inmuebles. El hecho que los propensity score sean similares habla de la semejanza -en cada una de los atributos- de los inmuebles relacionados.

En este trabajo, el matching se realizó con reemplazo del inmueble alejado; al hacerlo, el mismo inmueble puede ser asignado a diferentes inmuebles próximos al Metrobus. Asimismo, se aplicó la restricción que los departamentos que intervengan en el cálculo del *ATET* formen parte del soporte común.

Si para el matching se considera “sólo un vecino cercano”, se asignará sólo un inmueble alejado a cada uno de los inmuebles cercanos, siendo el inmueble alejado elegido aquel que tenga igual o más próximo propensity score.<sup>31</sup> Si se consideran dos o más vecinos cercanos, se tomarán los dos o más inmuebles con propensity score más similares para cada inmueble próximo al Metrobus.

<sup>31</sup> Si hay varios inmuebles alejados con igual propensity score, el software elegirá al primer inmueble que aparece en la base de datos. Es por ello que, si se realizan diversos ejercicios con una misma base de datos pero las observaciones están ordenadas de diferente manera, se pueden obtener resultados distintos.

Veamos un ejemplo para la metodología con dos vecinos más cercanos. Se desea conocer quiénes son los inmuebles contrafácticos del inmueble cercano cuyo propensity score es igual a 0,34275, el cual surge de la estimación Probit propuesta en la Sección A y que cuenta con un precio total de US\$ 81.000 ( $y_i$ ).

En el Cuadro 9 se exhibe la información de los inmuebles alejados que tiene un propensity score similar al inmueble cercano de interés (ningún inmueble alejado tiene exactamente el mismo propensity score que el inmueble cercano). Como se buscan dos inmuebles a los cuales considerar vecinos, se presentan al menos dos departamentos con menor propensity score y a dos con mayor propensity score. De cada uno de ellos se calcula la diferencia de su propensity score con el del inmueble cercano y se selecciona aquellos dos con menor diferencia. En este ejemplo, el de menor diferencia es aquel con un propensity score inmediatamente mayor (observación 208) y el que sigue en diferencia es aquel con un propensity score inmediatamente menor (observación 207) (Cuadro 9). De las observaciones elegidas se promedia su precio total (US\$ 42.000 y US\$ 96.000, respectivamente) y así surge el precio total contrafáctico de US\$ 69.000 ( $y_0$ ) para el inmueble cercano en estudio, que luego se tendrá en cuenta en la estimación del *ATET*.

**Cuadro 9: Información de los inmuebles alejados con propensity score más cercano al de interés**

N° de Observación	Propensity Scores más cercanos	Diferencia de Propensity Scores	Precio Total	Observaciones elegidas
206	0,33838945	0,00436254	72.000	
207	0,34131452	0,00143747	96.000	✓
208	0,34400264	0,00125065	42.000	✓
209	0,35036830	0,00761631	11.000	

Fuente: Elaboración propia

Este procedimiento se aplica a cada uno de los 357 inmuebles cercanos y, al trabajar con reposición, las observaciones 207 y 208 quedan disponibles para ser utilizadas como matching para otros inmuebles cercanos.

**Anexo E: Comparación de medias, reducción de sesgos y estadísticos de prueba, antes y después del matching.**

Variables	Estado*	Medias		Reducción del Sesgo (%)	Prueba t		Variables	Estado*	Medias		Reducción del Sesgo (%)	Prueba t	
		Tratados	No Tratados		t	P-v			Tratados	No Tratados		t	P-v
<b>Modelo 1</b>							<b>Modelo 2</b>						
Supcubierta	U	68,087	68,064		0,01	0,995	Supcubierta	U	68,087	68,064		0,01	0,995
	M	68,807	73,737	-21.418,3	-1,33	0,184		M	67,947	72,948	-21.723,9	-1,33	0,183
Ambientes	U	2,5408	2,4300		1,17	0,242	Ambientes	U	2,5408	2,4300		1,17	0,242
	M	2,5574	2,6555	11,5	-1,01	0,315		M	2,5249	2,7072	-64,6	-1,99	0,047
Baños	U	1,2038	1,2875		-2,05	0,041	Baños	U	1,2038	1,2875		-2,05	0,041
	M	1,2101	1,2829	13,0	-1,75	0,080		M	1,2044	1,2348	-150,2	-0,74	0,457
Antigüedad	U	38,280	34,5600		1,78	0,076	Antigüedad	U	38,280	34,5600		1,78	0,076
	M	38,297	43,2610	-33,4	-2,37	0,018		M	38,058	47,365	-33,4	-4,82	0,000
Cocheras	U	0,0788	0,0737		0,27	0,790	Cocheras	U	0,0788	0,0737		0,27	0,790
	M	0,0812	0,0756	-10,0	0,28	0,781		M	0,0774	0,0856	--62,7	-0,41	0,684
Frente	U	0,4348	0,5307		-2,68	0,008	Frente	U	0,4348	0,5307		-2,68	0,008
	M	0,4453	0,4367	91,2	0,23	0,821		M	0,4365	0,4448	91,4	-0,22	0,823
Ph	U	0,0272	0,0737		-2,94	0,003	Ph	U	0,0272	0,0737		-2,94	0,003
	M	0,0280	0,0476	57,9	-1,37	0,170		M	0,0276	0,0138	70,3	-1,30	0,193
Pileta	U	0,0707	0,1302		-2,75	0,006	Pileta	U	0,0707	0,1302		-2,75	0,006
	M	0,0728	0,0784	90,6	-0,28	0,777		M	0,0718	0,0249	21,2	2,96	0,003
Avenida	U	0,2772	0,2752		0,06	0,951	Avenida	U	0,2772	0,2752		0,06	0,951
	M	0,2857	0,2353	-2.434,1	1,54	0,125		M	0,2735	0,2486	-1.149,6	0,76	0,447
Dummysubte	U	0,2908	0,1007		6,92	0,000	Km_a_subte	U	0,3329	0,4741		-8,56	0,000
	M	0,2689	0,2353	82,3	1,03	0,302		M	0,3360	0,3258	92,8	0,73	0,468
Dummyplaza	U	0,1848	0,2752		-2,99	0,003	Km_a_plaza	U	0,3214	0,3996		-5,58	0,000
	M	0,1905	0,1682	75,2	0,78	0,436		M	0,3238	0,3429	75,6	-1,50	0,135
Dummysescu	U	0,8044	0,8550		-1,88	0,060	Km_a_escu	U	0,1421	0,1108		4,57	0,000
	M	0,8011	0,7759	50,3	0,82	0,410		M	0,1393	0,1474	74,1	-1,09	0,277
Retiro	U	0,3098	0,1106		7,07	0,000	Retiro	U	0,3098	0,1106		7,07	0,000
	M	0,2997	0,3193	90,2	-0,57	0,572		M	0,3149	0,3204	97,2	-0,16	0,873
San Nicolás	U	0,0842	0,1130		-1,34	0,181	San Nicolás	U	0,0842	0,1130		-1,34	0,181
	M	0,0868	0,1177	-7,1	-1,36	0,175		M	0,0856	0,1050	32,8	-0,89	0,376
Constitución	U	0,3804	0,1474		7,67	0,000	Constitución	U	0,3804	0,1474		7,67	0,000
	M	0,3810	0,3866	97,6	-0,15	0,878		M	0,3702	0,3398	87,0	0,85	0,394
Montserrat	U	0,1576	0,2408		-2,90	0,004	Montserrat	U	0,1576	0,2408		-2,90	0,004
	M	0,1625	0,1289	59,6	1,27	0,204		M	0,1602	0,1713	86,7	-0,40	0,690

Fuente: Elaboración propia. Nota: U=Unmatched; M=Matched.

## VIII. Bibliografía

Angrist, J., 1998. "Estimating the Labor Market Impact of Voluntary Military Service Using Social Security Data on Military Applicants", *Econometrica*, 66(2), pp. 249-288.

Boarnet, M., 2007. "Conducting Impact Evaluations in Urban Transport", *World Bank*, Poverty Reduction and Economic Management, Thematic Group of Poverty Analysis, Monitoring and Impact Evaluation.

Bryson, A., Dorsett, R. y S. Purdon, 2002. "The Use of Propensity Score Matching in the Evaluation of Labour Market Policies," Working Paper No. 4, Department for Work and Pensions.

Cameron, A. y P. Trivedi, 2005. *Microeconometrics: methods and applications*. Cambridge University Press.

Caliendo, M. y S. Kopeinig, 2008. "Some practical guidance for the implementation of propensity score matching", *Journal of Economic Surveys*, 22 (1), pp. 31-72.

Chen, H., Rufolo, A. y K. Dueker, 1998. "Measuring the impact of light rail systems on single-family homes: a hedonic approach with geographic information system application", *Transportation Research Record*, 1617, pp. 38-43.

GCBA, 2014. Comuna 1 – Informe Territorial. Ministerio de Desarrollo Urbano, Secretaría de Planeamiento, Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

GCBA, 2010. Atlas II. Atlas de Indicadores de Desarrollo Urbano de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Ministerio de Desarrollo Urbano, Subsecretaría de Planeamiento, Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

Gertler, P. J., Martinez, S., Premand, P., Rawlings, L. B., y C. Vermeersch, 2011. *Impact evaluation in practice*. World Bank Publications, Washington DC.

Gibbons, S. y S. Machin, 2005. "Valuing Rail Access Using Transport Innovations", *Journal of Urban Economics*, 57(1), pp. 148-169.

Heckman, J., Ichimura, H., y P. Todd, 1997. "Matching as an econometric evaluation estimator: Evidence from evaluating a job training program", *The Review of Economic Studies*, 64(4), pp. 605-654.

Heckman, J., Ichimura, H., y P. Todd, 1998. "Matching as an econometric evaluation estimator", *The Review of Economic Studies*, 65, pp. 261-294.

Heckman, J., Lalonde, R. y J. Smith, 1999. *The Economics and Econometrics of Active Labor Market Programs*, *Handbook of Labor Economics*, 3, editado por O. Ashenfelter y D. Card, pp. 1865-2097, Elsevier, Amsterdam.

Khandker, S. R., Koolwal, G. B., & Samad, H. A. (2010). *Handbook on impact evaluation: quantitative methods and practices*. World Bank Publications.

Leuven, E. y B. Sianesi, 2003. "PSMATCH2: Stata Module to Perform Full Mahalanobis and Propensity Score Matching, Common Support Graphing and Covariate Imbalance Testing", <http://ideas.repec.org/c/boc/bocode/s432001.html>, Version 4.0.11 22oct2014.

León, S., 2011. "Análisis hedónico sobre precios de oferta de departamentos en la Ciudad de Buenos Aires: período 2008-2009", *Anales de la XLVI Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política*, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Nanda, A. y S. Ross, 2008. "The Impact of Property Condition Disclosure Laws on Housing Prices: Evidences from an Event Study Using Propensity Scores", University of Connecticut Department of Economics, Working Paper Series.

Perdomo, J., 2011. "A methodological proposal to estimate changes of residential property value: case study developed in Bogotá", *Applied Economic Letters*, 18, pp. 1577-1581.

Perdomo, J., Mendoza, C., Mendieta, J. y A. Baquero, 2007. "Study of the Effect of the Transmilenio Mass Transit Project on the Value of Properties in Bogotá, Colombia", *Lincoln Institute of Land Policy*, Working Paper N° WP07CA1.

Piccirillo, J., 2012. "Qué es un BRT, o la implementación del Metrobus en la Ciudad de Buenos Aires, Argentina", Editorial CEPAL, Boletín FAL-312-Web.

Robinson, S. y A. Sanderford, 2016. "Green Buildings: Similar to Other Premium Buildings?", *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 52(2), pp. 99-116.

Rosenbaum, P. y D. Rubin, 1985. "Constructing a Control Group Using Multivariate Matched Sampling Methods That Incorporate the Propensity Score", *The American Statistician*, 39 (1), pp 33-38.

Rosenbaum, P. y D. Rubin, 1983. "The central role of the propensity score in observational studies for causal effects", *Biometrika*, 70(1), pp. 41-55.

Rubin, D., 1974. "Estimating Causal Effects of Treatments in Randomized and Nonrandomized Studies", *Journal of Educational Psychology*, 66(5), pp. 688-701.

Smith, H., 1997. "Matching with Multiple Controls to Estimate Treatment Effect in Observational Studies", *Sociological Methodology*, 27, pp. 325-353.

Snyder, S., 2011. "Spatial Dynamics of Urban Development: School Competition and Public Housing Policy". Doctoral Dissertation, Purdue University.

Stern, E., Stame, N., Mayne, J., Forss, K., Davies, R., y B. Befani, 2012. "Broadening the range of designs and methods for impact evaluations: Report of a study commissioned by the Department for International Development". *Department for International Development*, Working Paper 38.

Wooldridge, J., 2002. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. The MIT Press.