



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
INSTITUTO DE ECONOMIA
MAGISTER EN ECONOMIA

TESIS DE GRADO
MAGISTER EN ECONOMIA

Vicuña, Errázuriz, Felipe

Julio, 2017



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
INSTITUTO DE ECONOMIA
MAGISTER EN ECONOMIA**

**IMPACTO DEL ANUNCIO DE CONSTRUCCIÓN DE LAS LÍNEAS 3
Y 6 DEL METRO SOBRE EL PRECIO DE LAS VIVIENDAS**

Felipe Vicuña Errázuriz

Comisión

Constanza Fosco

Jaime Casassus

Gert Wagner

Santiago, Julio de 2017

Impacto del anuncio de construcción de las líneas 3 y 6 del Metro sobre el precio de las viviendas*

Felipe Vicuña Errázuriz

Julio, 2017

En este trabajo se estudia el impacto del anuncio de las localizaciones de las futuras estaciones de Metro sobre el precio de las viviendas. Estimando una regresión de precios hedónicos combinada con una estrategia de diferencias en diferencias, se pretende analizar el impacto causal del anuncio de construcción de las estaciones de las líneas 3 y 6 del Metro. Los resultados arrojan un efecto agregado entre 1.5 y 2.5 puntos porcentuales sobre los precios de las viviendas cercanas a la línea 3. Los precios de las viviendas cercanas a la línea 6 tienen un incremento relativo entre un 3% y 8% según el radio de influencia, pero estos resultados no serían atribuibles necesariamente a la inversión en el tren subterráneo. Se encuentran asimismo efectos heterogéneos al desagregar según el tipo de vivienda, los niveles de accesibilidad previa y nivel de ingresos promedio de la comuna. El efecto es significativo solamente para los departamentos. Las viviendas lejanas a la red de Metro antigua tienen plusvalías netas sobre el 20%, a diferencia de viviendas con mejores accesos que presentan variaciones negativas en el gradiente de precios relativos. Las estimaciones muestran a su vez efectos dispares según el nivel de ingresos de la comuna. Las viviendas ubicadas en zonas de menores recursos y de peor nivel educativo tienen un mayor incremento en los precios, lo que podría ser evidencia de una cualidad progresiva de esta política pública.

*Tesis escrita en Seminario de Tesis de Magíster, Instituto de Economía UC. Agradezco a los profesores de la comisión Constanza Fosco, Gert Wagner y Jaime Casassus por su apoyo constante. Me gustaría agradecer también a mi familia, mis papás, y a mis amigos Cristobal Arias, Ignacia Lecaros, Gabriel Baquedano, Óscar Perelló y Jacinta Diestre por toda su ayuda. Por último, agradecer de sobremanera a Jonathan Orrego y al equipo de TocToc por su apoyo incondicional en este trabajo. Errores y omisiones son de mi exclusiva responsabilidad. Comentarios y preguntas al email: fvicuna1@uc.cl.

1. Introducción

Esta investigación analiza los impactos producidos por el anuncio de construcción de nuevas líneas de Metro sobre los precios de las viviendas en Santiago. La naturaleza inelástica de la oferta de terrenos, provoca que la tierra capitalice los beneficios asociados a inversiones en servicios públicos locales. Las inversiones en transporte público afectan los tiempos de viaje y por ende, el nivel de accesibilidad de los hogares. Estos beneficios asociados serían capitalizados de manera total o parcial en el valor de los terrenos y en los precios de las viviendas (Henneberry, 1998), los cuales serían a su vez un reflejo tanto del ahorro en costos de transporte (Mills, 1967) como de la valoración marginal por determinados atributos y accesibilidades (Rosen, 1974; Rubinfeld, 1987).

Estudios econométricos previos arrojan resultados dispares con respecto al efecto de la inversión en medios de transporte, sobre el precio de las viviendas. Mientras Bowes e Ihlanfeldt (2001) y Gatzlaff y Smith (1993) encuentran impactos negativos o insignificantes de la construcción de líneas férreas en Atlanta y Miami, Damm et al. (1980), Bae et al. (2003), McMillen y McDonald (2004) y Agostini y Palmucci (2008a) estiman efectos positivos de la construcción de nuevas líneas de Metro en Washington, Seúl, Chicago y Santiago, respectivamente. Dichas diferencias se explicarían principalmente por el tipo de inversión realizada y por las externalidades negativas generadas.

La mayoría de los impactos encontrados corresponden a efectos anticipatorios que ocurren antes de que el nuevo medio de transporte se encuentre en marcha. Esto se fundamenta en las expectativas que individuos racionales tienen con respecto a las mejoras en accesos y servicios. Las inversiones en transporte provocan desarrollos futuros de áreas residenciales, industriales y comerciales (Kellet, 1979), afectando con ello tanto los costos en transporte como el atractivo o valor de una locación (Chang y Mackett, 2006). Pocos estudios (Damm et al., 1980; Nelson, 1992; Bowes e Ihlanfeldt, 2001) han buscado profundizar y ahondar, más allá de los efectos agregados sobre el mercado de viviendas, respecto a los impactos sobre ciertos submercados de bienes inmuebles, y con ello poder diferenciar resultados según tipo de vivienda, tipo de uso de suelo o nivel socioeconómico del vecindario. Los costos de información asociados al levantamiento de datos privados han afectado las posibilidades de estimación y de extensión de las conclusiones.

La construcción de las líneas 3 y 6 del Metro de Santiago representa una nueva oportunidad, para la literatura económica, de examinar la relación existente entre el transporte y el valor de las propiedades. El tamaño de la muestra y la calidad de los datos con los que se cuenta, permiten desagregar los efectos según tipo de vivienda, nivel de accesibilidad previo al cambio de infraestructura y nivel socioeconómico de los barrios. Esto posibilita ampliar la visión respecto a los efectos indirectos de inversiones en medios de transporte. Si bien los efectos de los sistemas de transporte sobre los precios de las viviendas son sumamente locales y contextuales (Cervero, 1994), este estudio busca por un lado, aportar evidencia respecto a eventuales impactos heterogéneos sobre el valor de las propiedades, y por otro, plantear interrogantes respecto a los efectos distributivos que tienen tamañas inversiones.

El anuncio inesperado de la construcción de ambas líneas surge como un experimento natural para testear el impacto sobre los precios de las viviendas, utilizando una estrategia de diferencias en diferencias. Esta metodología permite comparar las diferencias en el tiempo entre los precios de viviendas tratadas y el valor de las propiedades de un grupo de control. Dado que no es factible analizar qué hubiera sucedido con el precio de las viviendas cercanas a las futuras estaciones en el

otro estado de la naturaleza, es decir, si no se hubiera decidido construir el Metro, se requiere de un grupo control que actúe como contrafactual. Este último grupo permite controlar por la tendencia en los precios, en el caso de que no se hubiese planteado la extensión de la red de Metro. Para controlar por los atributos de las viviendas y las valoraciones marginales por la localidad, se utiliza una estrategia de precios hedónicos, la cual indica que el precio de ciertos bienes heterogéneos es función de sus propios atributos y características. Los precios implícitos de estos factores determinan, en conjunto con un vector de parámetros que indica las cantidades de los distintos factores, los precios de las propiedades. Utilizando ambas estrategias podemos cuantificar el impacto del anuncio del Metro al evaluar la importancia y el peso relativo que tiene el valor de la ubicación en el precio de las viviendas.

Suponiendo que el tratamiento comienza con el anuncio del trazado definitivo de las líneas, en julio de 2011, se busca determinar el impacto del Metro sobre el precio de las viviendas ubicadas dentro de un radio de influencia de cada estación. Dada la metodología utilizada, se requiere de un supuesto fuerte de tendencias paralelas. Este supuesto permite que ambos grupos de viviendas sean comparables, y con ello, que los resultados sean explicados por relaciones de causalidad. En el caso de la línea 6, no se puede garantizar que los datos cumplan con este supuesto, por lo que no se puede asegurar que los cambios en precios se deban a la extensión del Metro por sobre otras características no observables.

Utilizando datos de transacciones registradas en el Conservador de Bienes Raíces, se estima un efecto causal positivo para precios de viviendas cercanas a la línea 3, del orden de 2 puntos porcentuales para ubicaciones dentro de un radio de 300 metros, y un efecto de 1.5 % para precios de viviendas ubicadas dentro de un radio de 600 metros. Ambos resultados son significativos al 1 % de confianza y son consistentes con los efectos anticipatorios reflejados en la literatura. Al analizar el impacto según tipo de vivienda se encuentra que el efecto es significativo para los departamentos y no así para las casas.

Estos resultados son menores a los encontrados por el estudio de las consultoras Transsa y Atisba (2014), quienes encuentran plusvalías superiores al 19 %. Al comparar tasaciones de viviendas ubicadas dentro de radios de influencia similares, determinan que dichas viviendas tuvieron un incremento de precios entre 19 % y 21 % para los departamentos ubicados en un radio de 300 y 600 metros respectivamente, y un aumento en los precios entre un 23 % y 30 % para las casas. La diferencia principal radica en que en dicho estudio se analiza únicamente la variación en el valor de tasaciones de viviendas ubicadas dentro del radio de influencia, en cambio esta investigación analiza el incremento relativo de los precios de transacciones de viviendas de un grupo tratamiento en comparación a viviendas de un grupo de control. En Transsa y Atisba (2014) no se controla, además, por características del bien inmueble o del entorno, las que podrían estar explicando las variaciones en los precios.

Al desagregar los resultados según el grado de accesibilidad previa, es decir, según la distancia a la red de Metro antigua, se encuentran efectos positivos significativos, al 1 % de confianza, sobre los 20 puntos porcentuales para los precios de aquellas viviendas con niveles de accesibilidad media o baja. Estos resultados son consistentes con los reportados por Damm et al. (1980), quienes concluyen que el efecto de una nueva línea de Metro es menor en localidades abastecidas previamente por amplios servicios de transporte, y son coherentes también con los resultados reportados por

Transsa y Atisba (2014) quienes encuentran una mayor plusvalía para zonas sin estaciones de Metro previas.

Finalmente, utilizando datos de la Casen 2013 para controlar por el nivel de ingresos promedio de los hogares en una comuna, las estimaciones arrojan resultados positivos y significativos para los precios de viviendas en comunas de menores ingresos, y negativos al 1% de significancia para las comunas de mayores recursos. Estos resultados irían en línea con los indicados por Nelson (1992), quien estima que hogares de altos ingresos en Atlanta tienen una mayor sensibilidad a externalidades negativas generadas por inversiones en medios de transporte; y son robustos al considerar el nivel educativo de las manzanas, reportadas en el Censo de 2012, en vez del nivel de ingresos promedio de los hogares. El impacto total sería superior al 11%, lo que implicaría aumentos importantes en el valor del suelo para los barrios de menores ingresos.

El trabajo se estructura de la siguiente manera: la siguiente sección realiza una revisión de la literatura sobre la relación entre inversiones en medios de transporte y precios de viviendas, además de presentar una descripción del Metro de Santiago y un marco teórico que permita comprender los mecanismos de transmisión de esta política. La sección 3 presenta un resumen de los datos disponibles. La sección 4 desarrolla la estrategia empírica utilizada. La sección 5 examina los principales resultados de la investigación, y finalmente la sección 6 presenta las conclusiones más relevantes.

2. Marco de Referencia

2.1. Revisión de la Literatura

La localización de una vivienda es relevante pues determina tanto el nivel de bienes públicos locales que cada residente puede consumir, como el costo de transporte que deben asumir para viajar a sus respectivos lugares de estudio o trabajo. Dado ello, el precio de una vivienda no dependería únicamente de sus atributos y características, sino que también sería un reflejo de la valoración por el acceso a determinados bienes públicos (Yinger, 1982; Rubinfeld, 1987), y un reflejo del ahorro de los costos de transporte en términos de tiempo y distancia hacia los polos económicos centrales (Mills, 1967).

Las inversiones en transporte afectan el nivel de accesibilidad relativo de las ubicaciones, afectando con ello el valor de los terrenos, cuya oferta es completamente inelástica. Los beneficios de mejoras en accesibilidad y servicios públicos serían, de acuerdo a la teoría económica, capitalizados por la tierra y por tanto, por las viviendas erigidas sobre ellas (Henneberry, 1998).

El impacto de este tipo de inversiones sobre el precio de las viviendas, depende del análisis costo beneficio de los hogares. El efecto de ubicarse cerca de ciertos medios de transporte varía, de acuerdo a la literatura empírica, según el tipo de inversión realizada, las externalidades asociadas y el espacio de tiempo considerado. Para el caso de estaciones de tren o ferrocarril, los costos asociados a externalidades negativas parecieran dominar a los beneficios propios de mejores accesos. Bowes e Ihlanfeldt (2001) encuentran impactos negativos del tren en Atlanta. Utilizando una regresión de precios hedónicos y regresiones auxiliares sobre crimen y empleo para controlar por eventuales externalidades, concluyen que las viviendas ubicadas a menos de un cuarto de milla enfrentan precios menores del orden del 19%. Gatzlaff y Smith (1993), por su parte, encuentran impactos débiles o

insignificantes al analizar el anuncio de un nuevo sistema de trenes en Miami.

Los estudios econométricos respecto a nuevas líneas de Metro son más auspiciosos. Damm et al. (1980) encuentran, mediante una regresión de precios hedónicos, un efecto significativo positivo sobre el valor de las propiedades cercanas al Metro de Washington, incluso antes de su inauguración. Los hogares, actuando como agentes racionales, anticipan los beneficios futuros de mejores accesos y menores costos de transporte. En la misma línea, Bae et al. (2003) encuentran efectos anticipatorios positivos de la línea 5 del Metro de Seúl y McMillen y McDonald (2004) concluyen que el mercado de viviendas de Chicago anticipa los beneficios asociados a la apertura de una nueva línea. Utilizando una estrategia de precios hedónicos y un estimador de ventas repetidas encuentran que la tasa de apreciación de viviendas cercanas era en promedio, 6.89 puntos porcentuales superior a la tasa de viviendas comparables, ubicadas lejos de las futuras estaciones. Agostini y Palmucci (2008a) encuentran por su parte, efectos significativos y positivos del anuncio de construcción e ingeniería de la línea 4 del Metro de Santiago. Utilizando una metodología combinada de modelos hedónicos con una estrategia de diferencias en diferencias, concluyen que los departamentos ubicados dentro de la zona de influencia del Metro aumentaron su valor entre 4.3 % y 4.9 % antes de la apertura de las estaciones.

Cabe recalcar eso sí, que estos efectos anticipatorios derivados de mejoras en las expectativas de accesibilidad, no son necesariamente permanentes en el tiempo. Damm et al. (1980) plantean dudas respecto a la continuidad del efecto una vez inauguradas las líneas, y Bajic (1983) encuentra, al combinar modelos de elección y de precios hedónicos, que el cambio agregado en los precios de la zona impactada no difería, una vez puesto en marcha la nueva línea de Metro en Toronto, con los cambios percibidos por las viviendas en una zona de control.

En relación con la capitalización de beneficios asociados a bienes públicos existentes, los estudios econométricos arrojan resultados consistentes con las evaluaciones de impacto mencionadas previamente. Martínez y Viegas (2009) analizan los efectos de distintos medios de transporte en Lisboa y encuentran efectos positivos de entre 3.49 % y 6.17 % de la cercanía al Metro y efectos dispares de las líneas férreas. Agostini y Palmucci (2008b) concluyen que los precios de departamentos ubicados cerca de las estaciones de Metro de Santiago, tienen en promedio un premio de 8.84 %, 27.16 % y 6.72 % para las líneas 1, 2 y 5, respectivamente.

En general, la evidencia sugiere que el impacto de las inversiones en transporte público sobre el precio de viviendas cercanas a estaciones de metro o tren, depende de la evaluación agregada de los integrantes de los hogares. Si las mejoras en accesibilidad y la consiguiente disminución en costos de transporte superan los costos asociados a posibles aumentos en delincuencia, contaminación acústica y flujo normal de pasajeros, entonces la competencia por dichas ubicaciones tiende a elevar los precios de los terrenos y de las viviendas mejor localizadas. Dado que los efectos son meramente locales, el objetivo de este trabajo es entregar una mayor evidencia respecto a la ciudad de Santiago, y además, analizar posibles impactos heterogéneos al desagregar la muestra según tipo de vivienda, nivel de accesibilidad previo y nivel socioeconómico del vecindario.

Para ello se utiliza como insumo el estudio realizado por las consultoras Transsa y Atisba (2014), quienes realizan un análisis comparativo de cambios en el tiempo en el valor de tasaciones de viviendas ubicadas dentro de radios de influencia de 300 y 600 metros de las futuras líneas 3 y 6 del Metro

de Santiago. Utilizando una muestra de 4.251 tasaciones encuentran que dichas viviendas tienen incrementos en precios (UF/m_2) superiores al 19%. Además encuentran plusvalías mayores para residencias unifamiliares (casas) en comparación a residencias colectivas (departamentos), y efectos superiores en zonas sin estaciones preexistentes de Metro. La presente tesis considera los mismos radios de influencia para encontrar cambios relativos en plusvalías. Utilizando una muestra de más de 71 mil transacciones oficiales de viviendas y replicando la metodología econométrica propuesta por Agostini y Palmucci (2008a), se pretende evaluar la existencia de efectos anticipatorios positivos al comparar cambios en precios de viviendas (UF/m_2) ubicadas dentro de los radios de influencia, con los precios de viviendas localizadas fuera de dichas zonas. Para comparar precios de viviendas heterogéneas se utiliza una regresión de precios hedónicos que permite controlar por características de los bienes inmuebles y del entorno, la cual se desarrolla en profundidad en la sección 4.

En vistas de comprender de mejor manera el experimento estudiado se analiza en las siguientes subsecciones el sistema de transporte de Metro, y los mecanismos de transmisión de inversiones de esta naturaleza.

2.2. Metro de Santiago

El Metro de Santiago representa uno de los medios de transporte público más relevantes de la Región Metropolitana, al albergar más del 46% de los viajes en transporte público urbano (Universidad Alberto Hurtado, 2014). Fue fundado en el año 1968, y entró en operación por primera vez en el año 1975 con la inauguración del primer tramo de la línea 1. Al año 2017 cuenta con cinco líneas y una extensión de más de 103 km. Su afluencia anual es de 670 millones de pasajeros (Metro de Santiago, 2017).

En el año 2007 pasó a ser el eje estructural del nuevo nuevo sistema de transporte público, denominado Transantiago (Gómez-Lobo, 2007). Esto provocó, junto a la integración tarifaria (Los pasajeros pueden realizar transbordos entre buses y Metro pagando una única tarifa.), que su afluencia anual se incrementara en un 81% de un año a otro. La densidad de pasajeros por metro cuadrado aumentó de 5.1 a 6.4 en apenas un año (Metro de Santiago, 2008).

Este aumento en la demanda sumado al crecimiento demográfico sostenido de la región metropolitana, y al incremento en el producto interno bruto del país, llevaron al Gobierno a anunciar, en el año 2010, la construcción de dos nuevas líneas de Metro, implicando una inversión superior a los US \$2.758 millones.

Las nuevas líneas¹ 3 y 6, ilustradas en la Figura A.1 (Ver Apéndice A), permitirán agregar más de 18 estaciones y 37 kilómetros a la red. El trazado oficial, con las estaciones definitivas, fue publicado en julio de 2011, y las obras de construcción comenzaron en el tercer trimestre del año 2012.

La importancia de esta inversión radica en que permitirá incluir a seis nuevas comunas a la red de Metro, en su mayoría de nivel socioeconómico medio o bajo. Esto beneficiará a más de 2.2 millones de personas a partir del cuarto trimestre del año 2017, consolidando a la red de Metro como la segunda red más extensa de Latinoamérica, después de Ciudad de México.

¹La línea 3 estaba considerada en el proyecto original del Metro pero fue postergada por razones financieras, producto del terremoto de 1985.

Los planes de inversión futuros consideran sumar más kilómetros a la red de Metro. En el segundo trimestre del año 2017 se anunció la construcción de la línea 7, la que unirá el sector norponiente de Santiago con las comunas emplazadas en el sector oriente. Dado que aún no cuenta con un trazado oficial, esta investigación presenta una oportunidad para no sólo evaluar impactos indirectos asociados a la construcción del Metro, sino también para aportar criterios de decisión en la determinación de la ubicación de las estaciones de futuras líneas de Metro.

El mejoramiento del transporte público permite disminuir los costos de transporte de los hogares, modificando patrones de transporte de la ciudad en el corto plazo. Inversiones de esta naturaleza afectan el costo relativo asociado al uso del transporte privado², incidiendo con ello en decisiones relacionadas, como lo es la ubicación de la vivienda. Estos efectos y los consiguientes mecanismos de transmisión de la política, se analizan en la subsección siguiente.

2.3. Marco Teórico

La relación entre el transporte y la decisión de localización ha sido ampliamente estudiada por la teoría económica. Uno de los primeros en desarrollar las diferencias en la renta entre distintas localizaciones fue Von Thünen (1863). Analizando terrenos agrícolas determinó que la renta de los terrenos más productivos se basaba no sólo en su ventaja comparativa en relación a terrenos menos eficientes, sino también en la cercanía relativa a las fuentes de mercado. A menor distancia enfrentaban menores costos de transporte para sus productos, y dicha ventaja se traducía en rentas positivas para aquellos dueños del terreno.

Hurd (1903) por su parte adaptó los principios para la agricultura a un escenario urbano. El valor del terreno dependería de su ubicación y del nivel de accesibilidad a servicios públicos, ubicados en el centro de la ciudad.

Haig (1926) plantea la existencia de una fuerte complementariedad entre la renta y los costos de transporte, que determina una “fricción del espacio”, la cual es entendida como la barrera a vencer para lograr la accesibilidad perfecta o inmediata. Una mejora en los servicios de transporte disminuiría dicha fricción. La decisión de ubicación es ponderada por los costos de fricción implicados, existiendo diversas combinaciones posibles entre la renta del sitio, el valor del tiempo y los costos de transporte.

La existencia de costos diferentes al de transporte que influyen en la determinación de la localización, fueron planteados por Hawley (1950). Las externalidades negativas generadas por la congestión, ruidos y delincuencia, provocan que las familias de mayores ingresos decidan ubicarse alejados del centro, en zonas en donde los precios del suelo serían menores. Esto permitiría a su vez maximizar los metros del terreno, lo que para Beckman (1957) representa la variable principal en la decisión de compra de una vivienda.

²El equilibrio general a largo plazo depende también del crecimiento demográfico y nivel de ingresos de los hogares. A mayor capacidad adquisitiva del país, la inversión en bienes públicos es mayor pero el gasto en bienes privados también lo es, por lo que el efecto sobre la tasa de motorización no es claro. Asimismo disminuciones en los niveles de congestión vial, por la liberación de espacios públicos en el corto plazo, generan incentivos para desplazarse en vehículos privados en el largo plazo.

Con la intención de modelar la decisión de compra y ubicación, Alonso (1964) plantea un modelo teórico que considera el valor del suelo, los costos de transporte y los costos en otros bienes y servicios. Todo individuo o familia que desea comprar una vivienda se enfrentaría a una doble decisión respecto a la ubicación y al tamaño de su vivienda. La distancia al centro de la ciudad (CBD, Central Business District.) influiría negativamente en el valor de los terrenos, pero positivamente en los costos de traslado, por lo que el equilibrio entre superficie transada y ubicación, dependería de la restricción presupuestaria y las preferencias de las familias. Si bien este modelo ha sido ampliamente utilizado en la literatura, sus supuestos fundamentales han sido criticados en las últimas décadas. La distancia a las fuentes de empleo no representaría el único costo en transporte, ni tampoco determinarían el nivel de acceso a otros bienes y servicios locales (Snow y Steinnes, 1982). Los servicios públicos no se concentrarían únicamente en el CBD, por lo que la distancia a las fuentes de empleo principales no sería un buen reflejo del nivel de acceso a establecimientos educacionales, de salud, de recreación, entre otros. El supuesto trade off entre el valor del terreno y distancia al CBD no se condicionaría con la evidencia empírica (McDonald y Bowman, 1979).

Para relajar el supuesto fundamental de que a mayor distancia al CBD disminuye el valor de la renta, se utiliza el modelo de Chang y Mackett (2006). En éste se plantea que las locaciones heterogéneas pueden ser representadas como un vector de atributos homogéneos, en línea con lo indicado por Rosen (1974). Dicho vector sería:

$$z = (z_1, z_2, \dots, z_I), (i = 1, 2, \dots, I)$$

donde z_i representa la cantidad de la característica i -ésima de la ubicación, la cual puede ser interpretado como la cantidad de m^2 de áreas verdes por habitante, la densidad poblacional, distancia a establecimientos educacionales, nivel de congestión, etc. Se asume una estructura de precios común para los componentes, $\phi(z) = \phi(z; \alpha)$ en la cual se revela su utilidad o valoración en la locación.³ En dicha estructura, $\phi(\cdot)$ correspondería a la función de precios hedónicos, y α al vector de parámetros, que indica las cantidades de cada atributo.

La localidad residencial determina el patrón de actividades de un individuo o familia. La decisión de ubicación considera, por tanto, el conjunto de actividades de los miembros del hogar, a diferencia de la teoría convencional que sólo considera el lugar de trabajo del jefe de hogar.

Una vez definida la estrategia o locación ideal de la residencia, los hogares compiten con otras familias en función de sus valoraciones por la ubicación, demandando aquellos lugares que maximizan su utilidad. Esta competencia se basa en la existencia de una oferta inelástica de viviendas en el corto plazo, las cuales capitalizan los beneficios asociados a los bienes públicos locales que hay a su alrededor. Este grado de elasticidad depende igualmente de la situación de urbanización y de la zona en la que se emplaza la vivienda. La modelación de dichas demandas se realiza en la subsección siguiente.

³Esta valoración se basa en la teoría de precios hedónicos planteados por Rosen (1974). Sus fundamentos se explican en mayor detalle en la sección 4, en donde se analiza la estrategia empírica.

2.3.1. Modelo

Los beneficios de un hogar de ubicarse en un determinado lugar, pueden ser representados por medio de una función conjunta de bienes privados, el atractivo de la localización y los costos de transporte.

$$U_H^{r\sigma}(g, \varphi^r, u_H^{r\sigma}; \beta)$$

En donde $U_H^{r\sigma}$ representa la función de utilidad de un hogar H ; g corresponde al vector de bienes privados, $g = (g_1, g_2, \dots, g_J)$; φ^r es el valor de una locación r , la cual es función a su vez del vector hedónico z , el cual expresa el conjunto de atributos homogéneos de la vivienda, con $z = (z_1, z_2, \dots, z_I)$; $u_H^{r\sigma}$ es el mínimo costo de transporte de un hogar H . El costo es calculado sumando el mínimo costo de transporte que cada miembro realiza entre el lugar de residencia r y su actividad principal s , a saber $u_H^{r\sigma} = \sum_{h \in H} u_h^{rs}$. Las actividades principales de cada miembro (empleo, establecimiento educacional, centro comercial, club deportivo, entre otros.) son agregados por el vector σ , el cual denota el set de destinos elegidos por los miembros del hogar $s(h)$, $\forall h \in H$. Finalmente β corresponde al vector de parámetros.

La restricción presupuestaria por su parte es expresada como una función aditiva:

$$\sum_j p_j g_j + \phi(z|r) + \sum_{h \in H} u_h^{rs} = y_H$$

En la cual p_j corresponde al precio de un bien privado g_j , $\phi(z|r)$ es la función de precios hedónicos para una locación r e y_H representa el ingreso total de un hogar H .

Dado esto el problema del hogar puede ser representado como:

$$\begin{aligned} & \max U_H^{r\sigma}(g, \varphi^r, u_H^{r\sigma}; \beta) \\ & s.a \sum_j p_j g_j + \phi(z|r) + \sum_{h \in H} u_h^{rs} = y_H \\ & g_j \geq 0, z_i \geq 0, u_h^{rs} \geq 0 \quad \forall h, i, r, s. \end{aligned}$$

En donde las variables de decisión principales son dos, y corresponden al costo de transporte y al atractivo de la ubicación. La optimización de este problema determina la demanda de la familia por una localización en particular. La propiedad de la tierra, y la vivienda edificada en ella, se tranzas al demandante que ofrezca el valor más alto. Las inversiones en bienes públicos locales, como se indica en la subsección siguiente, afectan las variables de decisión y con ello las demandas de los hogares.

Esta modelación permite comprender el proceso de determinación de los precios, los cuales van a representar la variable dependiente en la estrategia empírica utilizada en la sección 4.

2.3.2. Efectos de construcción de una línea de Metro

Las mejoras en accesibilidad producidas por la inversión en el tren subterráneo, afectan tanto los costos totales en transporte, $u_H^{r\sigma}$, como el atractivo o valor de una locación r , φ^r . Mientras los costos en transporte disminuyen, el efecto sobre el valor hedónico de una ubicación no es claro y

depende del beneficio neto de la proliferación de nuevos servicios locales (Damm et al., 1980) y de las externalidades negativas generadas por una mayor concurrencia o eventuales aumentos en las tasas de delitos (Bowes e Ihlanfeldt, 2001). Este beneficio neto depende a su vez de las características locales del vecindario.

El impacto total sobre el precio de las viviendas cercanas a estaciones de Metro, dependerá por tanto del análisis costo beneficio que realizan los hogares. Si los beneficios son mayores a los costos, las familias presentan pujas mayores por la ubicación, generando con ello una plusvalía por el lugar. La disminución en los gastos totales en transporte, dado un nivel de ingresos fijo, libera recursos para destinar en bienes privados o en mejoras en atributos de las viviendas. Este premio es capitalizado por el mercado y se traduce en un aumento en el valor de la localidad.

3. Datos

La base de datos⁴ contiene información para transacciones realizadas, y registradas en el Conservador de Bienes Raíces de Santiago⁵, entre los años 2008 y 2015. Dicha base registra la fecha de transacción, con su dirección, comuna y monto en UF⁶. Mediante la dirección podemos extraer distintos atributos de las viviendas, los cuales se encuentran registradas en la base catastral del Servicio de Impuestos Internos (SII). El principal atributo cuantitativo corresponde a la superficie construida de la vivienda.⁷ Dentro de las dimensiones cualitativas, se considera el indicador de calidad de construcción del SII y el año de construcción, el cual determina la antigüedad de la vivienda. El año de construcción se considera un atributo cualitativo pues refleja el grado de depreciación de la vivienda, y determina tanto los materiales que fueron utilizados en su construcción, como la calidad de los ascensores y de ciertos servicios comunes.

Se georreferenciaron las direcciones para calcular tanto la distancia a la estación de Metro más cercana como la distancia a los centros económicos⁸ y servicios más relevantes, calculando así la cercanía a establecimientos educacionales, de salud y áreas verdes. Los principales centros económicos se ilustran en la figura A.2 (Ver Apéndice A), y corresponden a las zonas de Tobalaba y Plaza de Armas. En ellas se encuentran las principales fuentes de empleo de la ciudad.

Con las distancias a cada área verde, y de acuerdo a su superficie y a la cantidad de habitantes que viven cerca de ellas, se determina un indicador de capacidad de carga de áreas verdes, el cual fue calculado por el Centro de Políticas Públicas UC (2016). Este indicador refleja los metros cuadrados de áreas verdes por habitante y manzana. El radio de influencia depende del tamaño del área verde: para áreas pequeñas entre $500 m^2$ y $1000 m^2$ su radio es de 500 metros; áreas medianas entre $1000 m^2$ y $5000 m^2$, su radio es de 1000 metros; y áreas metropolitanas sobre $5000 m^2$,

⁴Gentilmente proporcionada por estudios TocToc.com. Las transacciones incluidas sólo consideran ventas entre particulares o de inmobiliarias a particulares. No se incluyen ventas de paños a inmobiliarias.

⁵Toda operación de compra-venta de un bien inmueble debe ser registrada por este ente administrativo.

⁶La unidad de fomento (UF) es una unidad de cuenta usada en Chile, reajutable de acuerdo con la inflación.

⁷Bae et al. (2003) encuentran que los metros cuadrados construidos son los principales determinantes del precio de las viviendas. La cantidad de dormitorios y baños no fueron usados por problemas de multicolinealidad con la superficie construida, es decir, por la existencia de una fuerte correlación entre estas variables explicativas del modelo. Si en un modelo de regresión lineal alguna variable independiente es combinación lineal de otras, el modelo no tiene solución.

⁸Basado en el estudio de origen destino de Hernández et al. (2015).

el radio es de 2000 metros. Se espera un efecto positivo de esta variable sobre los precios de las viviendas. Morancho (2003), Luttik (2000) y Jim y Chen (2006) concluyen que la cercanía a áreas verdes urbanas afecta positivamente los precios de las viviendas, por lo que es de esperar que a mayor capacidad de carga, mayor sea el valor de la transacción.

Finalmente se utilizó el Censo 2012⁹ para controlar por el porcentaje de jefes de hogar, a nivel de manzana, que tienen un título universitario. Este indicador es utilizado como proxy del nivel de ingresos y “calidad” del vecindario, en línea con lo planteado por Martínez y Viegas (2009) y por Damm et al. (1980).

3.1. Estadística Descriptiva

Dentro de la muestra total de transacciones se eliminaron aquellas que presentaban m^2 construidos y montos en UF fuera del rango normal de superficie y precios, respectivamente. Se consideró un rango de precios entre 500 y 13.000 UF, y un rango de superficie construida entre 25 y 300 metros cuadrados. Esto llevó a que se omitieran de la muestra 3.624 transacciones de un total de 72.866. Con esto se evita que los resultados se encuentren sesgados por la existencia de *outliers*.

Asimismo se consideraron únicamente aquellas transacciones cuya estación de Metro más cercana correspondiera a alguna estación de la línea 3 o 6, con una distancia máxima de 3 km. La muestra total corresponde a 69.242 transacciones, las cuales se encuentran distribuidas de manera uniforme en el tiempo, y en donde un 78% corresponden a departamentos. El número total de transacciones es significativamente mayor que las muestras utilizadas en la literatura previa, lo cual representa una ventaja comparativa frente a los estudios anteriores.

Las principales estadísticas se muestran en el Cuadro 1, en donde se agrupan según tres categorías fundamentales: atributos o características de las viviendas, distancia a servicios principales y variables de entorno o del vecindario. Se analiza también la distribución de las observaciones según la línea de Metro a la que pertenece la estación más cercana.

Se observa un precio promedio de las viviendas de 2.219 UF. Los valores mínimos y máximos están determinados por el rango considerado en la muestra, al igual que en el caso de los m^2 de superficie construida. Un 41% de las viviendas corresponden a ventas de bienes inmuebles con menos de dos años de antigüedad, es decir, consideradas nuevas. El promedio de calidad de la vivienda se relaciona con un grado de materialidad medio. La muestra considera viviendas con altos y bajos estándares de calidad de la construcción.

Las distancias a los servicios principales y a los CBD se encuentran expresadas en kilómetros. La distancia media a los establecimientos de educación básica es menor que a los establecimientos de salud. Mientras el promedio para los colegios es de 0.44 km, la distancia media a las hospitales y clínicas es de 2.97 y 2.29 km respectivamente. Los datos respecto a los CBD arrojan un alto nivel de varianza y medias superiores a los 5.12 km. La distancia a la estación más cercana de las líneas

⁹El Censo representa la principal medición del país pues permite un conteo y caracterización de todas las viviendas y habitantes del territorio nacional en un momento determinado. La ejecución de la encuesta en el año 2012 fue ampliamente criticada por la alta tasa de omisión y la consecuente imputación errónea de datos. Es por ello que en esta investigación se consideraron únicamente las viviendas y hogares efectivamente censados.

3 y 6, medida en metros, representa la variable principal de la investigación y tiene una media de 841 metros.

Los m^2 de áreas verdes son reflejo de la “calidad” del vecindario. Las comunas evaluadas tienen en promedio 3.81 m^2 de área verde por habitante. El porcentaje de jefes de hogar universitarios se utiliza como proxy del nivel de ingresos de la manzana y varía significativamente entre los distintos barrios. Su nivel de varianza es de 0.26 desviaciones estándar y su media es de 52%, lo que implicaría que alrededor de la mitad de los jefes de hogar realizaron estudios superiores.

Finalmente, se indica que un 73% de la muestra corresponde a viviendas ubicadas cerca de la línea 3. Este porcentaje equivale a 50.546 transacciones. Tan sólo el 30% de las compraventas de bienes inmuebles corresponden a viviendas localizadas cerca de estaciones de la línea 6. El porcentaje total es mayor a 100 pues ambas líneas comparten la estación Ñuñoa. La diferencia en el número de observaciones entre ambas líneas se debe principalmente a la mayor extensión que tiene la línea 3. Mientras esta recorre 22 kilómetros a lo largo de 18 estaciones, la línea 6 recorre sólo 15 km en 10 estaciones. La línea 6 además atraviesa zonas principalmente industriales, por lo que la cantidad de transacciones entre particulares son menores.

Cuadro 1: Estadística Descriptiva

Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Min	Max
Atributos					
Precio (UF)	69,242	2,219.66	1,493.8	501	12,934
m^2 const.	69,242	75.29	45.69	26	299.75
Nuevo	69,242	.41	.49	0	1
Antigüedad	69,242	15.66	21.84	0	119
Calidad	69,242	3.05	.7	1	5
Departamento	69,242	.78	.41	0	1
Distancias					
dist. Colegio	63,594	.44	.23	0	1.89
dist. Hospital	63,594	2.97	1.74	.073	8.98
dist. Clínica	63,594	2.29	1.94	.113	13.35
dist. $CBD_{Tobalaba}$	69,242	6.18	2.61	.485	15.395
dist. $CBD_{P.Armazas}$	69,242	5.12	2.64	.093	12.729
dist. Estación	69,242	841.4	589.3	21	3,000
Entorno					
% Univ.	69,242	.52	.26	0	0.98
m^2 Áreas Verdes	63,594	3.81	4.76	0	80.45
Líneas					
Línea 3	69,242	.73	.44	0	1
Línea 6	69,242	.30	.45	0	1

4. Estrategia Empírica

Para estimar el efecto causal del anuncio de construcción de las líneas 3 y 6 sobre el precio de las viviendas, se utilizará una estrategia combinada de precios hedónicos con una metodología de diferencias en diferencias. La relevancia de esta estimación conjunta radica en que permite, por un lado, conocer las valoraciones marginales de las familias por distintos atributos de las viviendas y de la localidad en la que se encuentra y, por otro, cuantificar el impacto real de un experimento natural.

4.1. Precios Hedónicos

La estrategia de precios hedónicos se basa en la formulación de Rosen (1974), quien indica que el precio $P(z)$ de bienes heterogéneos, como el caso de la vivienda, sería función de sus propias características (z_1, \dots, z_I) . El monto pagado por una propiedad correspondería a la suma de los precios implícitos pagados por los distintos atributos adquiridos.

Al diferenciar el precio de la vivienda respecto a cada atributo z_i observable, se obtiene el precio hedónico asociado. De esta manera es posible conocer la valoración marginal de las familias por cada factor, es decir, en cuánto valoran una unidad más del factor utilizado¹⁰, y con ello poder determinar su consiguiente incidencia en el precio del bien inmueble.

Los parámetros de una ecuación hedónica con m viviendas estarían determinados por la regresión indicada en la ecuación 1. La eficiencia de la estrategia empírica está directamente correlacionada con el tamaño de la muestra y el conjunto de características observables de las viviendas. A mayor cantidad de observaciones y factores considerados, la variación en el precio de las viviendas es explicada de mejor manera por el modelo de regresión.

$$P(Z_k) = \beta_0 + \sum_{i=1}^I \beta_i z_{ik} \quad (1)$$

Esta estimación permitirá calcular el precio implícito y el peso relativo de la accesibilidad o distancia a la estación de Metro más cercana, lo que reflejaría el valor monetario del atributo.

4.2. Diferencias en Diferencias

Esta segunda estrategia empírica nos permite estimar el impacto de un experimento natural. Dado que no es factible analizar qué hubiera sucedido con el precio de las viviendas cercanas a las futuras estaciones en el otro estado de la naturaleza, es decir, si no se hubiera decidido construir el Metro, se utiliza un grupo control que actúa como contrafactual. Al comparar las diferencias en el tiempo entre los precios de las viviendas del grupo tratamiento con el valor de las propiedades de un grupo de control, se captura el impacto efectivo del experimento.

La estimación de diferencias en diferencias comprende la siguiente regresión principal:

$$Y_{it} = \beta dpost_t + \delta dtreat_i + \gamma dpost_t * dtreat_i + \varepsilon_{it}$$

¹⁰Esta estrategia permite cuantificar y monetarizar el impacto de un dormitorio o un baño adicional, una mayor superficie construida, etc.

En donde Y_{it} corresponde a la variable dependiente de la observación i en el periodo t . Las variables explicativas están determinadas por una dummy de tiempo, en este caso $dpost_t$, que toma el valor 1 si t es posterior al tratamiento; una dummy de tratamiento, $dtreat_i$, que toma el valor 1 si la unidad pertenece al grupo tratamiento y un coeficiente de interacción γ que mide el efecto del experimento.

Para el caso en cuestión se utiliza la distancia de la vivienda a la estación de Metro más próxima como determinante del tratamiento. Propiedades ubicadas dentro de un radio de influencia de 300 o 600 metros¹¹ de las estaciones, según la estimación correspondiente, son susceptibles de capitalizar las eventuales mejoras en accesibilidad, por lo que se consideran dentro del grupo tratamiento. Las viviendas ubicadas fuera de la zona de influencia conformarán el grupo control.

El método permite estimar, para cada grupo, las diferencias en los precios de las viviendas para antes y después del anuncio de las estaciones, en julio de 2011. Se considera esta fecha como inicio del tratamiento, en vez del anuncio de construcción, por la disminución en la incertidumbre de que la supuesta línea no se realice, o bien de que el trazado inicial sea modificado. La confirmación de las locaciones permite a las inmobiliarias iniciar proyectos de construcción, y a las familias aumentar la demanda por dichas ubicaciones.

En el Cuadro 2 se ilustra la distribución de las observaciones¹² según el periodo de tiempo y pertenencia al radio de influencia. Se observa una distribución bastante uniforme para ambos periodos de tiempo. El considerar tamaños de radio distintos permite robustecer los resultados. Un radio de influencia de 600 metros permite una distribución más balanceada entre tratados y controles.

Cuadro 2: Distribución de las observaciones según tiempo y radio de influencia

	Línea 3				Línea 6			
	dpost=0		dpost=1		dpost=0		dpost=1	
	(N)	(%)	(N)	(%)	(N)	(%)	(N)	(%)
radio: 300 mts								
$dtreat = 1$	2,417	10.13	2,538	11.24	1,153	11.57	800	8.18
$dtreat = 0$	21,443	89.87	20,036	88.76	8,812	88.43	8,978	91.82
TOTAL	23,860	100	22,574	100	9,965	100	9,778	100
radio: 600 mts								
$dtreat = 1$	11,043	46.29	10,623	47.07	4,012	40.26	3,206	32.79
$dtreat = 0$	12,813	53.71	11,945	52.93	5,952	59.74	6,572	67.21
TOTAL	23,856	100	22,568	100	9,964	100	9,778	100

Notas: La variable $dpost_i$ indica si la fecha de la transacción es anterior o posterior al anuncio de las estaciones de Metro. Si $dpost = 0$ la venta del bien ocurrió antes de julio de 2011, y viceversa. Las variable $dtreat$ guarda relación con la pertenencia al radio de influencia de 300 y 600 metros respectivamente. Las transacciones que se encuentren dentro del área corresponderán al grupo tratamiento ($dtreat = 1$), y las que se encuentren fuera representarán el grupo control ($dtreat = 0$).

¹¹El fundamento para considerar dichos radios radica en estudios de la empresa estatal que afirman que más de un 90 % de los usuarios proviene de un radio de 5 cuadras, lo que equivale a 600 metros aproximadamente.

¹²Ver Figura A.3 en el Apéndice

Las diferencias de precios en el tiempo para las viviendas pertenecientes al grupo de control, entre antes y después del inicio del tratamiento, representarán cómo hubiesen cambiado los precios en caso de que no se hubiera comenzado a construir las nuevas líneas de Metro. Esto permite limpiar del efecto tratamiento cualquier otro efecto que pueda haber ocurrido en el tiempo y que podría estar afectando las estimaciones, como por ejemplo, un mejoramiento en los índices de seguridad del vecindario o un aumento en las dotaciones de áreas verdes.

4.2.1. Supuesto necesario

Para que la estimación identifique el efecto del tratamiento, se requiere como supuesto fundamental que en promedio los no observables de tratados y controles cambien de la misma manera, es decir:

$$E(\varepsilon_{i,t}|dpost_t = 1, dtreat_i = 1) - E(\varepsilon_{i,t}|dpost_t = 0, dtreat_i = 1) = \\ E(\varepsilon_{i,t}|dpost_t = 1, dtreat_i = 0) - E(\varepsilon_{i,t}|dpost_t = 0, dtreat_i = 0)$$

Los efectos fijos permiten aislar los efectos de la dimensión tiempo y espacio, por lo que no es necesario que los precios promedios sean los mismos, sino que tengan una tendencia común. En caso de que esto no sea cierto, los resultados pueden estar siendo explicados por efectos ajenos al tratamiento, lo que invalida la causalidad del experimento.

4.3. Estimación Conjunta

La estimación conjunta permite combinar ambas metodologías y con ello poder conocer las valoraciones marginales de las familias por distintos atributos de las viviendas, y a la vez, cuantificar el impacto real del experimento natural.

La regresión a estimar corresponde a la indicada en la ecuación 2.

$$\begin{aligned} \ln(P_{i,t}) = & \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 V_i + \beta_3 L_i + \beta_4 dpost_t + \beta_5 dtreat_i + \beta_6 tendencia_t \\ & + \sum_{i=1}^I \beta_7 Comuna_{i,t} + \beta_9 dpost_t * dtreat_i + \varepsilon_{i,t} \end{aligned} \quad (2)$$

En esta ecuación la variable dependiente $P_{i,t}$ corresponde al precio en UF del metro cuadrado construido (UF/m^2) de la vivienda i transada en el trimestre t . Se considera los precios por superficie construida para evitar que cambios en los tamaños de las viviendas estén guiando las variaciones. La variable dependiente se expresa en logaritmos para analizar los impactos relativos de cada atributo. El vector X_i incluye atributos cuantitativos y cualitativos de la vivienda i . La variable V_i hace referencia al entorno y “calidad” del vecindario de la vivienda i . El vector L_i mide la accesibilidad a servicios públicos y las distancias a los CBD¹³, de cada vivienda i . La dummy $dpost_t$, toma el valor 1 si la transacción ocurrió después de julio de 2011, y la dummy $dtreat_i$ toma el valor 1 si la vivienda se encuentra dentro del radio de influencia. Se considera además un efecto fijo $tendencia_t$, el cual mide variaciones trimestrales de los precios. Esta permite ilustrar el crecimiento general de

¹³Estas distancias se encuentran medidas en kilómetros.

los precios, y controlar por efectos estacionales trimestrales. Finalmente $Comuna_{i,t}$ controla por efectos fijos comunales.

El término error $\varepsilon_{i,t}$ captura el valor de variables inobservables sobre el precio de las viviendas. Algunos de estos factores guardan relación con aspectos propios del vecindario como lo son la densidad del barrio, tasas de criminalidad e indicadores de constructibilidad¹⁴.

El efecto del tratamiento es medido por el coeficiente de interacción, β_9 . Este estimador se construye restando las siguientes diferencias:

$$\Delta_1 = E(P_{i,t}|dpost_t = 1, dtreat_i = 1) - E(P_{i,t}|dpost_t = 0, dtreat_i = 1)$$

$$\Delta_0 = E(P_{i,t}|dpost_t = 1, dtreat_i = 0) - E(P_{i,t}|dpost_t = 0, dtreat_i = 0)$$

De esta manera β_9 identificará el efecto deseado, es decir, el impacto del Metro sobre el precio de las viviendas transadas:

$$\beta_9 = \Delta_1 - \Delta_0$$

Los resultados de las estimaciones se presentan en la siguiente sección. Se analiza en primer lugar el impacto agregado de la construcción de ambas líneas, para luego evaluar impactos heterogéneos al desagregar la muestra según tipo de vivienda, nivel de accesibilidad previo y nivel socioeconómico y educacional del vecindario.

5. Resultados

En esta sección se presentan los principales resultados respecto al impacto de construcción de ambas líneas. Se discuten asimismo los efectos encontrados a la luz de la evidencia empírica, y se analiza la plausibilidad del supuesto fundamental.

5.1. Efectos Agregados

En el cuadro 3 se presenta el impacto de la publicación de las estaciones, medido por el coeficiente de interacción $dpost * dtreat$, sobre el valor (en UF por m^2) de la vivienda. Se analiza la magnitud del efecto según línea de Metro y radio de influencia.

En las columnas (1) y (3) se considera un radio de influencia de 300 metros, y en las columnas (2) y (4) se considera una zona de 600 metros. El efecto es positivo y significativo al 1% para ambos radios, del orden de 2 y de 1.5 puntos porcentuales para la línea 3, y de 8% y 2.6% para la línea 6. Estos resultados dan cuenta de un impacto agregado anticipado, consistente con los estudios de Damm et al. (1980), Bae et al. (2003), McMillen y McDonald (2004) y Agostini y Palmucci (2008a). El efecto anticipado puede explicarse por expectativas racionales de individuos que buscan capitalizar las disminuciones en los costos de transporte y el eventual desarrollo de áreas de servicio y comercio (Kellet, 1979). Asimismo sugiere, a nivel agregado, que los costos de eventuales externalidades negativas son inferiores a los beneficios de mejoras en la accesibilidad.

¹⁴No se considera en la regresión las normativas de suelo o planos reguladores de la Comuna. Modificaciones en estas regulaciones pueden estar afectando los precios.

Las variables independientes explican sobre un 74 % de la varianza de los precios, y los coeficientes de los distintos atributos de las viviendas son los esperados. Una propiedad nueva, es decir, con menos de dos años de antigüedad, tiene un sobreprecio de un 7 % para la línea 3, y un sobreprecio de 12 % para la línea 6. La variable antigüedad es negativa, lo que sugiere una depreciación de 1 punto porcentual por año. Estos resultados son consistentes con los encontrados por McMillen y McDonald (2004). Un aumento en la calidad de los materiales empleados en la construcción eleva el precio del m^2 entre un 6 % y un 10 %. Todos los coeficientes son significativos al 1 % de confianza.

Respecto a las variables de entorno, estas parecieran ser sumamente determinantes en los precios de las viviendas, en línea con lo planteado por Henneberry (1998). El nivel educacional del vecindario, medido como el porcentaje de jefes de hogar universitarios, afecta de manera importante el precio de las propiedades y es coherente con lo planteado y encontrado por Martínez y Viegas (2009). El impacto de la cantidad de áreas verdes por habitantes es inferior pero igual de significativo, y va en línea con lo indicado por Morancho (2003), Luttik (2000) y Jim y Chen (2006). Estas variables guardan relación con la “calidad” del barrio en el que se vive. Si bien el efecto del nivel educacional es sumamente considerable en magnitud, éste es consistente con los altos niveles de segregación urbana en nuestro país, tal como se ilustra en la figura A.4 (Ver Apéndice A). Este indicador es utilizado como proxy del nivel de ingresos de los hogares, el cual se correlaciona positivamente con el nivel de accesibilidad y con la calidad de diversos servicios¹⁵ de la comuna. Esto permitiría explicar a su vez porque los coeficientes de las distancias a servicios pueden ser contraintuitivos¹⁶ o insignificantes. La accesibilidad no influiría tanto como la calidad de dichas prestaciones (Agostini y Palmucci, 2008a). La cobertura territorial en salud, por ejemplo, es bastante extensa y presenta buenos niveles de acceso pero existirían fuertes diferencias en la cantidad de médicos por habitante o en las capacidades de carga por comuna (CPPUC, 2016).

En cuanto a las distancias a los CBD, ambos coeficientes son negativos y significativos al 1 %, pero el impacto es considerable en magnitud principalmente para el centro económico de Tobalaba. El hecho de que las variables de entorno sean más importantes en la determinación de los precios que las distancias a los centros económicos, sería consistente con los modelos teóricos planteados por Snow y Steinnes (1983) y Chang y Mackett (2006), en los cuales la decisión de locación considera un conjunto de variables y no únicamente la distancia a las fuentes de empleo.

El efecto tendencia ilustra el crecimiento general de los precios de viviendas y nos permite controlar por efectos estacionales trimestrales. Refleja por tanto la situación del mercado inmobiliario, evitando con ello que nuestros resultados estén guiados por cambios en las condiciones macroeconómicas. El aumento de alrededor de dos puntos porcentuales cada tres meses refleja la importancia de evaluar el nivel de impacto utilizando un contrafactual, en caso contrario se sobreestiman los efectos de la política, como en el caso de Transsa y Atisba (2014). No es suficiente con evaluar los precios en UF, pues el mercado inmobiliario puede tener incrementos de precios mayores a la economía, tal como se indica en la figura A.5 (Ver Apéndice A). Ante ello es importante utilizar un grupo de

¹⁵El estudio “Reconocimiento del Entorno Urbano” (2017) realizado por la CChC y la Universidad Adolfo Ibañez, determinó que los habitantes de las comunas de mayores ingresos presentan una mejor disponibilidad de infraestructura urbana y mejores indicadores de accesibilidad (áreas verdes, establecimientos educacionales y de salud, servicios públicos y equipamientos deportivos y culturales).

¹⁶Es de esperar que a mayor distancia a servicios educacionales o de salud, el precio de la vivienda fuera menor por una peor accesibilidad. Esto no se condice necesariamente con los resultados.

Cuadro 3: Efecto del anuncio del diseño de estaciones, utilizando radios de influencia de 300 y 600 metros.

	Línea 3		Línea 6	
	(1) radio 300 m.	(2) radio 600 m.	(3) radio 300 m.	(4) radio 600 m.
Calidad	0.109*** (0.00439)	0.115*** (0.00404)	0.0623*** (0.00574)	0.0620*** (0.00534)
Nuevo	0.0764*** (0.00315)	0.0673*** (0.00302)	0.118*** (0.00503)	0.122*** (0.00486)
Antigüedad	-0.0111*** (0.000133)	-0.0105*** (0.000136)	-0.0114*** (0.000175)	-0.0107*** (0.000175)
dpost	-0.0256*** (0.00553)	-0.0320*** (0.00575)	-0.0377*** (0.00955)	-0.0517*** (0.00973)
dtreat	0.00621 (0.00541)	0.0260*** (0.00348)	-0.0517*** (0.00873)	-9.47e-06 (0.00629)
dpost*dtreat	0.0224*** (0.00806)	0.0146*** (0.00530)	0.0809*** (0.0161)	0.0266*** (0.00946)
% Univ.	0.491*** (0.0134)	0.456*** (0.0128)	0.543*** (0.0265)	0.490*** (0.0251)
$CBD_{Tobalaba}$	-0.0628*** (0.00272)	-0.0666*** (0.00264)	-0.0631*** (0.00471)	-0.0670*** (0.00461)
$CBD_{P.Armaz$	-0.00882*** (0.00202)	-0.00437** (0.00201)	-0.0213*** (0.00720)	-0.0226*** (0.00720)
m^2 Áreas Verdes	0.00234*** (0.000711)	0.00227*** (0.000711)	0.00423*** (0.000639)	0.00417*** (0.000558)
dist. Colegio	0.0213*** (0.00751)	0.0195*** (0.00712)	0.00263 (0.0130)	-0.00495 (0.0124)
dist. Hospital	0.00104 (0.00258)	-0.00263 (0.00257)	0.0263*** (0.00730)	0.0274*** (0.00713)
dist. Clínica	-0.00584** (0.00234)	-0.00152 (0.00228)	-0.0291*** (0.00600)	-0.0285*** (0.00593)
tendencia	0.0190*** (0.000340)	0.0185*** (0.000321)	0.0197*** (0.000532)	0.0204*** (0.000512)
Efecto Fijo Comuna	SI	SI	SI	SI
Observaciones	46,434	43,641	19,742	18,248
R-cuadrado	0.734	0.733	0.807	0.801

Notas: La variable dependiente corresponde al precio de la transacción, medido en UF por m^2 construidos, y se encuentra en logaritmo. Las columnas (1) y (3) toman como grupo de tratamiento las transacciones ubicadas dentro de un radio de influencia de 300 metros. La columnas (2) y (4) por su parte utilizan un radio de influencia de 600 metros. El efecto del tratamiento es medido por el coeficiente de interacción, β_9 , el cual mide el impacto de la interacción entre una dummy de tiempo $dpost_t$ y una dummy de tratamiento $dtreat_i$. Errores estándar Huber-White entre paréntesis.

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

control para evaluar el cambio real en precios producto del anuncio de construcción de líneas de Metro.

5.1.1. Plausibilidad del supuesto fundamental

Si bien el supuesto de identificación no es testeable directamente, dado que no observamos la tendencia de las viviendas ubicadas dentro del radio de influencia si es que no se hubiera construido el Metro, se pueden realizar ciertos chequeos de robustez que permiten hacer más confiable las estimaciones.

Se pueden graficar las tendencias de la variable dependiente para el grupo tratamiento y grupo control, esperando que si las tendencias eran paralelas antes del tratamiento, hubiesen seguido siendo paralelas en ausencia del tratamiento.

En las figuras B.1 y B.2 (Ver Apéndice B) se chequea el supuesto para las líneas 3 y 6, utilizando radios de influencia de 300 y 600 metros. Como se vislumbra en los gráficos, las tendencias previas son similares únicamente para los grupos de viviendas cuya estación más cercana corresponde a una de la línea 3. La línea 6 presenta tendencias dispares, lo que afecta el cumplimiento del supuesto fundamental e invalida la causalidad de los efectos encontrados previamente. Esto implicaría que los incrementos relativos entre un 3% y 8%, según el radio de influencia, no serían atribuibles necesariamente a la inversión en el tren subterráneo. El hecho de que las tendencias previas no sean paralelas implica que los precios relativos, entre viviendas cercanas a las futuras estaciones y propiedades ubicadas fuera del radio de influencia, vienen variando por factores inobservables ajenos al anuncio de construcción.

Para verificar estos resultados gráficos, se estiman las regresiones indicadas en las ecuaciones 3 y 4. En la primera ecuación se calculan precios y tendencias para transacciones dentro del área de influencia, y en la segunda se estima la regresión para transacciones de viviendas ubicadas fuera del radio pertinente. El periodo analizado corresponde al periodo pre tratamiento, por tanto, $t \in [1, 15]$.

$$\text{Ln}(P_{i,t}) = \beta * \text{tendencia}_t + \epsilon_{i,t} \quad (3)$$

$$\text{Ln}(P_{i,t}) = \gamma * \text{tendencia}_t + \epsilon_{i,t} \quad (4)$$

Ambas regresiones se anidan en la ecuación 5.

$$\text{Ln}(P_{i,t}) = \beta * \text{tendencia}_t + \delta * \text{dtreat}_i + \alpha * \text{tendencia}_t * \text{dtreat}_i + \epsilon_{i,t} \quad (5)$$

donde dtreat_i es una dummy que toma el valor 1 si la vivienda transada se encuentra dentro del radio de influencia. La variable $\text{tendencia}_t * \text{dtreat}_i$ corresponde a la variable de interacción, y su coeficiente α prueba la hipótesis nula $\beta = \gamma$. Si hay tendencia paralela entonces no se puede rechazar $H_0: \beta = \gamma$, por lo que α no es significativo. Este procedimiento se realiza para ambas líneas de Metro, considerando radios de 300 y 600 metros. En el cuadro B.1 (Ver Apéndice B) podemos notar como los coeficientes de interacción indican que las tendencias de la línea 6, tanto para un radio de 300 metros como para un radio de 600 metros, no son paralelas.

Producto del problema de estimación que presenta la línea 6, las estimaciones respecto a los impactos heterogéneos se realizan únicamente para la línea 3.

5.1.2. Análisis de sensibilidad a cambios en inicio de tratamiento

La consideración de la fecha de inicio del tratamiento, en julio de 2011, puede ser discutible debido a la existencia de otros momentos importantes en el proyecto. En septiembre de 2010 se anunció la construcción de la línea 3 de Metro, y en septiembre de 2012 se dio inicio a la construcción de las obras del tren subterráneo. La razón fundamental para desestimar la primera fecha como inicio del experimento natural, radica en que en el anuncio de construcción no se publica un trazado oficial, por lo que ni las inmobiliarias ni las familias tienen la certeza de dónde se ubicarán finalmente las estaciones. Ante esto no es viable que los terrenos capitalicen beneficios de un acceso incierto.

Por otro lado, una vez que se presenta el trazado oficial se pone en marcha el proyecto de inicio de construcción. Independiente de que las obras aún no comiencen, la confirmación de las ubicaciones permite a las inmobiliarias comenzar nuevos proyectos e iniciar ventas en verde o en blanco, es decir, transar viviendas de proyectos que se encuentran en ejecución o que recién tienen los permisos de edificación, respectivamente. Esto permite, a su vez, que las familias o inversionistas puedan anticipar los beneficios futuros de ubicarse en dichos terrenos.

Ante ello, la consideración de una fecha distinta a la publicación del trazado oficial subestima el impacto real de la inversión en transporte público sobre el precio de las viviendas. La primera fecha considera dentro del grupo tratamiento terrenos aún no tratados, y la segunda considera dentro del grupo control viviendas efectivamente tratadas. En el Cuadro C.1 (Ver Apéndice C) se estima la regresión provista en la ecuación 2, considerando fechas distintas de inicio del tratamiento, para ambos radios de estimación. Los resultados son menores a los indicados en el cuadro 3, lo que es consistente con la hipótesis respecto a la subestimación del impacto. Estos resultados son coherentes también con el análisis de tendencias de las figuras B.1 y B.2, en donde se vislumbra un cambio en la tendencia después del trimestre 10 y antes del trimestre 20, es decir, posterior al anuncio de construcción y anterior al inicio de obras respectivamente.

5.2. Efectos Desagregados: Impactos Heterogéneos

En esta sección se analizan efectos en submercados de viviendas. Dado el problema de estimación para la línea 6, se analizará únicamente los impactos para la línea 3. El inicio del tratamiento corresponde al anuncio del trazado oficial, en julio de 2011. En particular se determinará si el efecto causal encontrado previamente varía según el tipo de vivienda, y según las características locales y comunales en las cuales se emplazará la nueva estación.

Dado que los determinantes de los precios de las viviendas no varían en signo, y las diferencias en magnitud son mínimas, sólo se presenta el impacto causal de las nuevas líneas de Metro, medido por los coeficientes de interacción $dpost_t * dtreat_i$.

5.2.1. Tipo de Vivienda

En el Cuadro 4 se analiza el efecto desagregado por tipo de vivienda. El impacto es significativo únicamente para los departamentos, los cuales tienen una plusvalía de 2.6 y 1.3 puntos porcentuales, a un nivel de 0.01 y 0.05 de significancia respectivamente. Esta diferencia según la naturaleza de la vivienda puede explicarse por una mayor preferencia por vivir en edificios. La venta de departamentos presenta un aumento trimestral promedio de 5.4% desde el año 2011. Las transacciones de casas por su parte presentan un crecimiento trimestral promedio de 1.2%.¹⁷ El aumento en la demanda por proyectos en altura permitiría que departamentos con mejores accesos capturen una mayor plusvalía. El efecto nulo sobre las casas podría deberse también a los mayores costos asociados a las externalidades negativas. El aumento en la percepción de inseguridad puede ser mayor en viviendas residenciales que no se encuentran en condominios o edificios, pues no cuentan con suficientes herramientas o protección frente a actos delictuales. Esto implicaría que los beneficios de mejores accesos no superarían necesariamente a los costos asociados a este tipo de inversiones.

Resulta importante mencionar también que las limitaciones de la muestra pueden estar guiando los resultados. La base de datos no considera transacciones de particulares a personas no naturales. Las mejoras en accesibilidad pueden generar oportunidades de negocio para los propietarios, quienes pueden vender sus viviendas a proyectos inmobiliarios a un mejor precio que a los particulares. Asimismo no se consideró dentro de los determinantes de los precios los planos reguladores de las municipalidades. Cambios en dichas normativas pueden estar afectando los precios y contaminando los resultados en el caso de que se permitan nuevos proyectos en altura y una mayor densificación¹⁸.

¹⁷Cifras Inmobiliarias de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC).

¹⁸Los planos reguladores son normativas comunales que definen el uso de suelo y limitan el tipo y tamaño de las construcciones. Al relajar dichas normativas, las inmobiliarias se ven beneficiadas por la autorización de la construcción de proyectos en altura, lo que puede incidir en los precios de los departamentos.

Cuadro 4: Efecto del anuncio del diseño de estaciones según tipo de vivienda

	Radio: 300 mts		Radio: 600 mts	
	(1) Casas	(2) Deptos	(3) Casas	(4) Deptos
dpost	-0.0537*** (0.0169)	-0.0139*** (0.00508)	-0.0746*** (0.0176)	-0.0178*** (0.00545)
dtreat	0.0287 (0.0378)	-0.00546 (0.00503)	0.00308 (0.0178)	0.0245*** (0.00324)
dpost*dtreat	0.0399 (0.0579)	0.0258*** (0.00748)	0.0494* (0.0264)	0.0126** (0.00508)
tendencia	0.0227*** (0.000968)	0.0166*** (0.000313)	0.0225*** (0.00100)	0.0166*** (0.000306)
Controles Factores	SI	SI	SI	SI
Efecto Fijo Comuna	SI	SI	SI	SI
Observaciones	9,597	36,698	7,297	36,207
R-cuadrado	0.588	0.643	0.638	0.624

Notas: La variable dependiente corresponde al precio de la transacción, medido en UF por m² construidos, y se encuentra en logaritmo. Las columnas (1) y (3) miden el efecto para casas y las columnas (2) y (4) consideran únicamente departamentos. La variable dpost*dtreat corresponde al coeficiente de interacción β_9 , que mide el impacto conjunto $dpost_t * dtreat_i$. Errores estándar Huber-White entre paréntesis.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

5.2.2. Según nivel de accesibilidad previa

Se pretende evaluar si la capitalización de los beneficios asociados a una mejoría en el servicio de transporte y a una disminución en los costos de traslado, es función de las características locales de accesibilidad. Para ello se estimará la siguiente regresión:

$$\begin{aligned}
 Ln(P_{i,t}) = & \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 V_i + \beta_3 L_i + \beta_4 dpost_t + \beta_5 dtreat_i + \beta_6 tendencia_t \\
 & + \sum_{i=1}^I \beta_7 Comuna_{i,t} + \sum_{i=1}^I \beta_8 dpost_t * Cerc._i + \sum_{i=1}^I \beta_9 dpost_t * dtreat_i * Cerc._i + \varepsilon_{i,t}
 \end{aligned} \tag{6}$$

En donde la variable $Cerc._i$ corresponde a la distancia de la nueva estación a la red de Metro antigua. Para ello se calculó la distancia de la nueva estación a la estación más cercana de otra línea de Metro. En particular, se intentará medir el grado de cercanía de la nueva línea de Metro con los trazados anteriores, y determinar así si el nivel de accesibilidad previo influye en la generación de

plusvalías.

Para esto se clasificó a las estaciones según cuatro niveles de distancia, indicados en el Cuadro 5. Los coeficientes de interacción β_9 de la ecuación 6, permitirán capturar eventuales efectos de la política pública.

Cuadro 5: Estaciones según distancia a la estación más cercana de la Red de Metro

Cercanía^a	Distancia	Estación Línea 3
Combinación ($Cerc_0$)	-	U.Chile - P. Armas - Cal y Canto Irrazabal - Plaza Egaña
Cercano ($Cerc_1$)	menos de 1.5 km	P. Almagro - Villa Frei - Hospitales Matta - Hospitales - Mons. Eyzaguirre
Medio ($Cerc_2$)	Entre 1.5 y 3 km	Ñuñoa - Conchalí Plaza Chacabuco - Chile España
Lejos ($Cerc_3$)	más de 3 km	Los Libertadores - Vivaceta - Cardenal Caro

^aLa designación $Cerc_i$ corresponde a la abreviatura utilizada en el Cuadro 6 para designar el grado de accesibilidad previo.

Los resultados se indican en el Cuadro 6, en donde se muestran el impacto agregado y por tipo de vivienda. Se aprecia un efecto significativo de gran magnitud para aquellas viviendas ubicadas en zonas lejanas ($Cerc_3$) a la red antigua de Metro, las cuales tienen un aumento relativo en plusvalía del orden de 22 puntos porcentuales. Este efecto es consistente con lo estimado por Chau y Ng (1998), quienes encuentran que inversiones y mejoras en el transporte público afectan positivamente el gradiente de precios de viviendas localizadas en la periferia de la ciudad, en comparación con propiedades en zonas céntricas. Estos resultados son robustos a cambios en el radio de influencia, y son coherentes asimismo con el diferencial positivo de plusvalía encontrado por Transsa y Atisba (2014) para zonas sin estaciones preexistentes de Metro.

Para el caso de estaciones cercanas ($Cerc_1$) a otras líneas de Metro, el efecto sobre los precios de las viviendas es negativo para ambos radios de influencia, pero significativo únicamente para una zona de 300 metros. Estos resultados parecen ser contraintuitivos con la literatura existente, pero serían compatibles con la hipótesis de que los costos de las externalidades asociadas son mayores a los beneficios percibidos por tener una línea de Metro a escasa distancia del hogar. La construcción de estaciones de Metro no sólo conlleva un desarrollo en el mercado inmobiliario, sino también un crecimiento importante en locales comerciales (Kellet, 1979) lo que puede aumentar aún más el flujo de pasajeros, generando congestión en los alrededores. Este aumento en el volumen de personas puede generar un aumento en tasas de criminalidad (Bowes e Ihlanfeldt, 2001) que afectan la tranquilidad del vecindario. Si los niveles de accesibilidad previos eran considerados buenos o aceptables por los residentes de dichos barrios, los beneficios de un incremento marginal en accesibilidad pueden ser inferiores al aumento de costos, afectando con ello los precios relativos de las viviendas más expuestas al Metro.

Llama la atención el aumento en un 9% de los precios de departamentos ubicados cerca de estaciones antiguas y futuras combinaciones. Si bien este incremento puede asociarse a mejores accesos, también podría ser indicio de que los costos de vivir cerca del Metro ya se encuentran internalizados o bien a que las limitaciones espaciales impiden un mayor desarrollo de patentes comerciales en el entorno más cercano a la estación. Esto último podría explicar por qué los efectos son negativos una vez que se aumenta el radio de influencia a 600 metros, en donde un crecimiento en la demanda puede generar cambios en el uso de suelo, afectando con ello zonas residenciales y propiciar un surgimiento de nuevos polos económicos.

Cuadro 6: Efecto del anuncio estaciones según nivel de accesibilidad previa

	Radio: 300 mts			Radio: 600 mts		
	(1) Agregado	(2) Casas	(3) Deptos	(4) Agregado	(5) Casas	(6) Deptos
dpost	-0.0764*** (0.0130)	-0.126*** (0.0201)	0.106*** (0.0165)	-0.108*** (0.0132)	-0.131*** (0.0203)	-0.0288 (0.0242)
dtreat	0.00651 (0.00541)	0.0254 (0.0373)	-0.00626 (0.00504)	0.0270*** (0.00354)	0.00501 (0.0179)	0.0239*** (0.00327)
tendencia	0.0191*** (0.000340)	0.0226*** (0.000966)	0.0168*** (0.000313)	0.0185*** (0.000321)	0.0225*** (0.000999)	0.0166*** (0.000306)
dpost*dtreat*Cerc ₀	0.0950*** (0.0123)	0.121 (0.143)	0.0945*** (0.0119)	-0.0417*** (0.00917)	-0.0201 (0.0820)	-0.0136 (0.00870)
dpost*dtreat*Cerc ₁	-0.0427*** (0.0101)	-0.0120 (0.0791)	-0.0214** (0.00919)	-0.00695 (0.00665)	0.0477 (0.0364)	-0.00984 (0.00624)
dpost*dtreat*Cerc ₂	0.0316** (0.0134)	0.0185 (0.105)	0.0338*** (0.0128)	0.0408*** (0.00967)	0.0383 (0.0477)	0.0491*** (0.00956)
dpost*dtreat*Cerc ₃	0.226*** (0.0450)	0.145* (0.0788)	0.0392 (0.0501)	0.237*** (0.0230)	0.0798** (0.0376)	0.233*** (0.0287)
Controles Factores	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Int.dpost-Cerc.	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ef. Fijo Comuna	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Observations	46,434	9,597	36,698	43,641	7,297	36,207
R-squared	0.736	0.590	0.646	0.735	0.640	0.628

Notas: La variable dependiente corresponde al precio de la transacción, medido en UF por m² construidos, y se encuentra en logaritmo. Las columnas (1) y (4) miden el efecto a nivel agregado de viviendas, las columnas (2) y (5) miden el impacto para las casas y las columnas (3) y (6) lo hacen para los departamentos. Errores estándar Huber-White entre paréntesis.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

5.2.3. Según nivel socioeconómico de las comunas

Estimando una regresión similar para el nivel socioeconómico de las comunas, se pretende evaluar si el efecto agregado encontrado en el Cuadro 3, difiere según los ingresos promedios de las familias. Mediante una regresión de precios hedónicos se busca analizar las valoraciones marginales por mejores accesos, para los distintos grupos sociales. El nivel socioeconómico promedio de las comunas se ilustra en el Cuadro 7.

Cuadro 7: Comunas según nivel de ingreso promedio de los Hogares

NSE^a	Nivel Ingresos	Comunas Línea 3
Alto (<i>nse₁</i>)	más de \$1.500.000	La Reina - Providencia - Ñuñoa
Medio (<i>nse₂</i>)	[\$650.000;\$1.500.000]	Colina - Quilicura - Santiago - Macul
Bajo (<i>nse₃</i>)	menos de \$650.000	Conchalí - Renca - Recoleta Huechuraba - Independencia

Fuente: Encuesta CASEN 2013.

^aLa designación *nse_i* corresponde a la abreviatura utilizada en el Cuadro 8 para designar el nivel socioeconómico de la comuna.

Dada la correlación existente entre nivel socioeconómico y accesibilidad previa, en particular para las comunas de menores ingresos¹⁹, se decidió controlar por el nivel de cercanía a la red antigua, analizado en la subsección anterior.

La regresión²⁰ a estimar corresponde a:

$$\begin{aligned}
 \ln(P_{i,t}) = & \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 V_i + \beta_3 L_i + \beta_4 dpost_t + \beta_5 dtreat_i + \beta_6 tendencia_t \\
 + \sum_{i=1}^I \beta_7 Comuna_{i,t} & + \sum_{i=1}^I \beta_8 Cerc_{i,t} + \sum_{i=1}^I \beta_9 dpost_t * nse_i + \sum_{i=1}^I \beta_{10} dpost_t * dtreat_i * nse_i + \varepsilon_{i,t}
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Los resultados del Cuadro 8 muestran un efecto agregado de carácter positivo para las comunas de menores ingresos (*nse₃*), a un nivel de significancia del 1%. El impacto sobre el precio de las viviendas varía entre un 11% y 12% según el radio de influencia utilizado. Este aumento en los precios es reflejo de que los residentes de dichas comunas anticipan los efectos de eventuales mejoras en los servicios utilizados y por ende en su calidad de vida. Estas expectativas futuras positivas difieren para las familias de comunas de clase media (*nse₂*) y alta (*nse₁*), en donde el mercado perjudica el valor de las viviendas cercanas a las nuevas estaciones. Estos resultados van en línea con lo encontrado por Nelson (1992), quien encuentra que los hogares de altos ingresos en Atlanta, son más sensibles a las externalidades negativas generadas por inversiones en medios de transporte.

¹⁹Correlación superior a 0.5 entre *Cerc₃* y *nse₃*.

²⁰La variable porcentaje de universitarios se utilizaba como proxy del nivel de ingresos del vecindario, por lo que no se considera en esta estimación.

Los costos asociados al aumento de concurrencia, contaminación acústica y tasas de criminalidad superarían los beneficios de disminuciones en los costos de transporte, lo que termina por devaluar el precio de las viviendas en las zonas más acomodadas de la ciudad. Bowes e Ihlanfeldt (2001) interactúan una variable de proximidad a la estación de Metro con el nivel de ingresos del vecindario, y encuentran que en zonas de mayores ingresos, las tasas de criminalidad son mayores, en particular para las viviendas ubicadas a menos de un cuarto de milla de las estaciones.

Este efecto sobre las comunas de mayores ingresos puede explicarse también por un impacto insignificante sobre los costos de transporte. El mayor uso de medios de transporte privados y la mayor proporción de vehículos por hogar²¹ podrían implicar una menor preocupación por mejoras en el servicio de Metro. La sustitución de transporte privado por transporte público dependería más de la calidad del sistema que de su cobertura²², por lo que la capitalización de beneficios de una mejor accesibilidad no sería tal.

Los resultados respecto a las comunas de clase media pueden fundamentarse también en el aumento en el parque automotriz en los últimos años. Gallego et al. (2013) encuentran que uno de los efectos inesperados del Transantiago, corresponde al aumento sostenido de la adquisición de vehículos por parte de la clase media. El efecto puede deberse también, a los altos niveles previos de accesibilidad, que hacen que los impactos de nuevas estaciones de Metro sean marginales.

Estos resultados son robustos al considerar el nivel educativo del vecindario en vez del nivel de ingresos promedio de la comuna. La ventaja de esta estimación es que permite, por un lado, disminuir la correlación existente con el nivel de accesibilidad previa, y por otro, encontrar efectos heterogéneos intracomunas. Dividiendo los vecindarios en cuartiles, se estima la siguiente regresión:

$$\begin{aligned} \ln(P_{i,t}) = & \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 V_i + \beta_3 L_i + \beta_4 dpost_t + \beta_5 dtreat_i + \beta_6 tendencia_t \\ & + \sum_{i=1}^I \beta_7 Comuna_{i,t} + \sum_{i=1}^I \beta_8 Cerc_{i,t} + \sum_{i=1}^I \beta_9 tiempo_t * educq_i + \sum_{i=1}^I \beta_{10} dpost_t * dtreat_i * educq_i + \varepsilon_{i,t} \end{aligned} \quad (8)$$

Los resultados se ilustran en el Cuadro 9. Se puede notar como aquellas viviendas pertenecientes al primer cuartil educativo, es decir, con un porcentaje de jefes de hogar universitarios en el vecindario menor al 25 %, tienen plusvalías superiores al 15 %, mientras aquellas zonas en las que priman familias con jefes de hogar universitario, tienen una variación relativa negativa de 10 puntos porcentuales.

Ambos cuadros 8 y 9, dan cuenta de grados de capitalización distintos según nivel socioeconómico o educativo. Esto podría ser indicio de percepciones diferentes en cuanto al valor del transporte público, y ponderaciones disímiles respecto a los costos asociados a las externalidades negativas del Metro.

En general, si bien a nivel agregado los beneficios netos resultan ser positivos, los efectos dispares en submercados de viviendas invitan a reflexionar respecto al trazado óptimo de futuras estaciones. Nuevos proyectos de líneas de metro en la ciudad de Santiago, deberían considerar en su ingeniería las mayores rentas percibidas por ciertos grupos de viviendas y hogares. A pesar de que los efectos

²¹Permisos de circulación (INE).

²²La implementación del Transantiago y el consiguiente deterioro del Metro llevó a las clases altas a sustituir transporte público por privado (Muñoz et al., 2009).

en este tipo de inversiones están circunscritos a una realidad local y su validez externa es compleja, tal como indica Cervero (1994), estos resultados presentan una oportunidad para discutir respecto a los criterios de ubicación de futuras estaciones de Metro.

Cuadro 8: Efecto del anuncio del diseño de estaciones según nivel socioeconómico de la comuna

	Radio: 300 mts			Radio: 600 mts		
	(1) Agregado	(2) Casas	(3) Deptos	(4) Agregado	(5) Casas	(6) Deptos
dpost	-0.102*** (0.00796)	-0.125*** (0.0185)	-0.124*** (0.00721)	-0.134*** (0.00811)	-0.131*** (0.0188)	-0.171*** (0.00823)
dtreat	0.0129** (0.00538)	0.0290 (0.0371)	-0.00104 (0.00499)	0.0301*** (0.00348)	0.00983 (0.0179)	0.0209*** (0.00320)
tendencia	0.0185*** (0.000346)	0.0225*** (0.000965)	0.0163*** (0.000315)	0.0184*** (0.000327)	0.0224*** (0.001000)	0.0165*** (0.000309)
dpost*dtreat*nse ₁	0.00608 (0.00967)	-0.0509 (0.0825)	0.0182** (0.00913)	-0.0406*** (0.00725)	0.00463 (0.0375)	-0.0365*** (0.00691)
dpost*dtreat*nse ₂	-0.0276*** (0.0103)	0.437 (0.270)	-0.0236** (0.00967)	-0.0382*** (0.00787)	0.170 (0.113)	-0.0352*** (0.00727)
dpost*dtreat*nse ₃	0.122*** (0.0384)	0.0809 (0.0655)	-0.0446 (0.0426)	0.113*** (0.00924)	0.0521* (0.0313)	0.116*** (0.00835)
Controles Factores	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Int.dpost-nse	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ef. Fijo Cerc.	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ef. Fijo Comuna	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Observaciones	46,434	9,597	36,698	43,641	7,297	36,207
R-cuadrado	0.737	0.592	0.652	0.737	0.642	0.637

Notas: La variable dependiente corresponde al precio de la transacción, medido en UF por m² construidos, y se encuentra en logaritmo. Las columnas (1) y (4) miden el efecto a nivel agregado de viviendas, las columnas (2) y (5) miden el impacto para las casas y las columnas (3) y (6) lo hacen para los departamentos. Errores estándar Huber-White entre paréntesis.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Cuadro 9: Efecto del anuncio del diseño de estaciones según nivel educativo del vecindario

	Radio: 300 mts			Radio: 600 mts		
	(1) Agregado	(2) Casas	(3) Deptos	(4) Agregado	(5) Casas	(6) Deptos
dpost	0.0540*** (0.00711)	0.184*** (0.0242)	0.0377*** (0.00674)	0.0963*** (0.00835)	0.176*** (0.0247)	0.0656*** (0.00810)
dtreat	0.00676 (0.00507)	-0.000611 (0.0373)	-0.00190 (0.00482)	0.0497*** (0.00350)	0.00991 (0.0183)	0.0306*** (0.00322)
tendencia	0.0177*** (0.000325)	0.0220*** (0.00103)	0.0160*** (0.000306)	0.0179*** (0.000324)	0.0220*** (0.00103)	0.0163*** (0.000305)
dpost*dtreat*educ _{q1}	0.210*** (0.0384)	0.161** (0.0697)	0.0628 (0.0440)	0.168*** (0.0107)	0.126*** (0.0341)	0.173*** (0.0100)
dpost*dtreat*educ _{q2}	-0.0443*** (0.0109)	-0.0664 (0.163)	-0.0109 (0.0104)	-0.0136 (0.00896)	-0.0121 (0.0618)	0.00906 (0.00810)
dpost*dtreat*educ _{q3}	-0.0235** (0.00913)	-0.105 (0.0943)	-0.00899 (0.00870)	-0.0955*** (0.00744)	-0.0188 (0.0420)	-0.0748*** (0.00703)
dpost*dtreat*educ _{q4}	-0.00487 (0.0214)	-0.744 (0.573)	0.0332 (0.0207)	-0.105*** (0.00976)	0.0620 (0.0903)	-0.0558*** (0.00961)
Controles Factores	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Int.dpost-educ.	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ef. Fijo Cerc.	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ef. Fijo Comuna	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Observaciones	43,651	7,300	36,214	43,641	7,297	36,207
R-cuadrado	0.729	0.622	0.629	0.733	0.623	0.636

Notas: La variable dependiente corresponde al precio de la transacción, medido en UF por m² construidos, y se encuentra en logaritmo. Las columnas (1) y (4) miden el efecto a nivel agregado de viviendas, las columnas (2) y (5) miden el impacto para las casas y las columnas (3) y (6) lo hacen para los departamentos. Errores estándar Huber-White entre paréntesis.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

6. Conclusiones

Se analizan los impactos producidos por el anuncio de construcción de dos líneas de Metro, sobre los precios de las viviendas en Santiago. La naturaleza inelástica de la oferta de terrenos, provoca que la tierra capitalice los beneficios asociados a inversiones en servicios públicos locales. En este trabajo se busca identificar variaciones en dicho grado de capitalización, al analizar un conjunto de transacciones de viviendas para los años comprendidos entre 2008 y 2015.

Mediante una estrategia conjunta de precios hedónicos con una metodología de diferencias en diferencias, y utilizando la publicación oficial del trazado de las nuevas estaciones en el año 2011 como determinante del tratamiento, se encuentran efectos causales positivos y significativos sobre el precio de las viviendas, para niveles de confianza del 1 %.

Las estimaciones arrojan que la línea 3 generó plusvalías netas entre 1.5 y 2.5 puntos porcentuales. Al desagregar según niveles previos de accesibilidad, se encuentran impactos superiores al 20 % para aquellas viviendas ubicadas a largas distancias de la red de Metro antigua. Los efectos varían a su vez, según el nivel socioeconómico de las comunas. Viviendas ubicadas en barrios de menores ingresos presentan un incremento en sus precios sobre el 11 %, en cambio propiedades localizadas en comunas de nivel de ingresos medio o alto, tienen devaluaciones relativas superiores a los 2 puntos porcentuales.

Estos resultados sugieren niveles de sensibilidad distintos a las inversiones en medios de transporte, los que dependerían del análisis costo beneficio que realizan los hogares respecto a los efectos de los costos de transporte y de las externalidades negativas generadas.

El eventual carácter progresivo del Metro debiera tener implicancias en el diseño de nuevas líneas, incidiendo en las localizaciones de las futuras estaciones. La relevancia de estos resultados radica en que las mejoras en los medios de transporte no sólo permitirían mejorar la calidad de vida de los pasajeros, sino también permitirían afectar tanto la distribución de servicios prioritarios, como el valor y la renta del suelo.

Esta tesis permite profundizar en la relación existente entre el transporte y el valor de las propiedades. Los efectos heterogéneos encontrados dan cuenta de niveles de capitalización distintos, los que dependen principalmente de características propias de las comunas y vecindarios. Las inversiones venideras en medios de transportes pueden ser más costo-eficientes si internalizan los efectos indirectos asociados. Futuras investigaciones debieran considerar además las limitaciones propias de este estudio e incluir efectos asociados a eventuales cambios en los planos reguladores, para así aislar el efecto provocado por la extensión del Metro de aquellos derivados de cambios en las normativas de suelo.

7. Referencias

1. Agostini, C. A. y Palmucci, G. A. (2008a). "The Anticipated Capitalization Effect of a New Metro Line on Housing Price". *Fiscal Studies*, 29: pp. 233–256.
2. Agostini, C. A. y Palmucci, G. A. (2008b). "Capitalización Heterogénea De Un Bien Semipúblico: El Metro De Santiago". *Cuadernos De Economía*, vol. 45, no. 131, 2008, pp. 105–128.
3. Alonso, W. (1964). *Location and Land Use: Toward a General Theory of Land Rent*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
4. Bae, C-H., Jun, M-J. y Park, H. (2003). "The impact of Seoul's subway Line 5 on residential property values". *Transport Policy* 10: pp. 85 - 94.
5. Bajic, V. (1983), "The Effects of a New Subway Line on Housing Prices in Metropolitan Toronto". *Urban Studies* 20(2), pp. 147-158.
6. Beckman, M. (1957). "On the Distribution of Rent and Residential Density in Cities", Seminar paper, *Mathematical Applications in the Social Sciences*: Yale University.
7. Bowes, D. y K. Ihlanfeldt (2001). "Identifying the Impacts of Rail Transit Stations on Residential Property Values". *Journal of Urban Economics* 50: pp. 1-25
8. Cámara Chilena de la Construcción y Universidad Adolfo Ibañez (2017). "Reconocimiento del Entorno Urbano". Documento de Trabajo.
9. Centro Políticas Públicas UC (2016). "Ciudad con Todos, Un sistema de información y red colaborativa para la toma de decisiones". Documento de Trabajo.
10. Cervero, R. (1994). "Development impacts of urban transport: a US perspective", paper presented at ESRC Seminar on Transport and Urban Development, London, April.
11. Chau, K. y Ng, F. (1998). "The efectos of improvement in public transportation capacity on residential price gradient in Hong Kong". *Journal of Property Valuation Investment*, vol 16. N4: pp. 397 - 410.
12. Chang, J.S. y Mackett, R.L. (2006). "A bi-level model of the relationship between transport and residential location". *Transportation Research Part B* 40 (2): pp. 123–146.
13. Damm, D., Lerman, S., Lerner-Lam, E. y Young, J. (1980). "Response of Urban Real Estate Values in Anticipation of the Washington Metro". *Journal of Transport Economics and Policy*, September.
14. Dewees, D. N. (1976). "The Effect of a Subway on Residential Property Values in Toronto". *Journal of Urban Economics* 3: pp. 357-369.
15. Gallego, F., Montero, J., Salas, C. (2013). "The effect of transport policies on car use: Evidence from Latin American cities", *Journal of Public Economics*, November, Vol.107: pp. 47-62
16. Gatzlaff, D. y M. Smith (1993), "The Impact of the Miami Metrorail on the Value of Residences Station Locations". *Land Economics* 69: pp. 54-66.

17. Gómez – Lobo, Andrés (2007). “Transantiago: una reforma en panne”. TIPS N4 2007.
18. Haig, R. (1926). “Toward an Understanding of the Metropolis”. *Quarterly Journal of Economics*, 40: pp. 421-423.
19. Hawley, A. (1950). *Human Ecology*. New York: Ronald Press, 1950. pp 280.
20. Henneberry, J. (1998). “Transport investment and house prices”. *Journal of Property Valuation and Investment*. Vol. 16 Iss 2: pp. 144-158.
21. Hernández, F., Hurtubia, R. y Munizaga, M. (2015). “Identificación de la estructura espacial urbana a partir de datos pasivos de transporte público en Santiago de Chile”. *Proceedings of the XVII Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte*, Concepción, Chile, October 13-15.
22. Hurd, R. (1903), “Principles of City Land Values”. New York: The Record and Guide.
23. Jim, C. Y. y Chen, W. Y. (2006). “Impacts of urban environmental elements on residential housing prices in Guangzhou”. *Landscape and Urban Planning* 78: pp. 422-434
24. Kellet, J.R. (1979). *Railways and Victorian Cities*. London: Routledge y Kegan Paul.
25. Luttik, J., (2000). “The value of trees, water and open space as reflected by house prices in The Netherlands”. *Landscape Urban Planning* 48: pp. 161–167
26. Martínez, L. y Viegas, J. (2009). “Effects of transportation accessibility on residential property values”. *Transportation Research Record*, 2115: pp. 127–137.
27. McDonald, J. y Bowman, H. (1979). “Land value functions: A reevaluation”. *Journal of Urban Economics* 6: pp. 25-41.
28. McMillen, D. y McDonald, J. (2004). “Reaction of House Prices to a New Rapid Transit Line: Chicago’s Midway Line, 1983 - 1999”. *Real Estate Economics* 32(3): pp. 463-486.
29. Metro de Santiago (2008), *Memoria Anual 2007*.
30. Metro de Santiago (2017), *Memoria Anual 2016*.
31. Mills, E. S. (1967). “Transportation and Patterns of Urban Development”. *American Economic Review* 57: pp. 197-210.
32. Morancho, A. B. (2003). “A hedonic valuation of urban green areas”. *Landscape and Urban Planning* 66(1): pp. 35 - 41.
33. Muñoz, J., Ortuzar, J., Gschwender, A. (2008). “Transantiago: The Fall and Rise of a Radical Public Intervention”. *Travel Demand Management and Road User Pricing: Success, Failure and Feasibility*. Farnham, Ashgate Publishing: pp. 151-172.
34. Nelson, A. (1992). “Effects of elevated heavy-rail transit stations on house prices with respect to neighborhood income”. *Transportation Research Record* 1359: pp. 127-132.
35. Rosen, S. (1974). “Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition”. *Journal of Political Economy* 82, no. 1: pp. 34-55.

36. Rubinfeld, D. (1987). "The Economics of the Local Public Sector", en el Handbook of Public Economics Vol. II, editado por A. Auerbach y M. Feldstein, Elsevier Science Publishers: pp. 571-645.
37. Snow, R. y Steinnes, D. (1983). "Positive rent gradients and accessibility in the dispersed twodimensional city". Transportation Research - A 17A(2): pp. 139 - 148.
38. Transsa Consultoras Inmobiliarias Ltda. y Atisba Estudios y Proyectos Urbanos (2014). "Plusvalía Potencial por Anuncio de Líneas 3 y 6 del Metro", Estudio.
39. Universidad Alberto Hurtado, Observatorio Social (2014). "Actualización y recolección de información del sistema de transporte urbano, IX Etapa: Encuesta Origen Destino Santiago 2012. Encuesta origen destino de viajes 2012". Documento de trabajo SECTRA.
40. Von Thünen, J. (1863). Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationaleconomie. Vol (3). Citado en Alonso, W. (1964), capítulo 1.
41. Yinger, J. (1982). "Capitalization and the Theory of Local Public Finance". Journal of Political Economy 90: pp. 917-943.

8. Apéndice

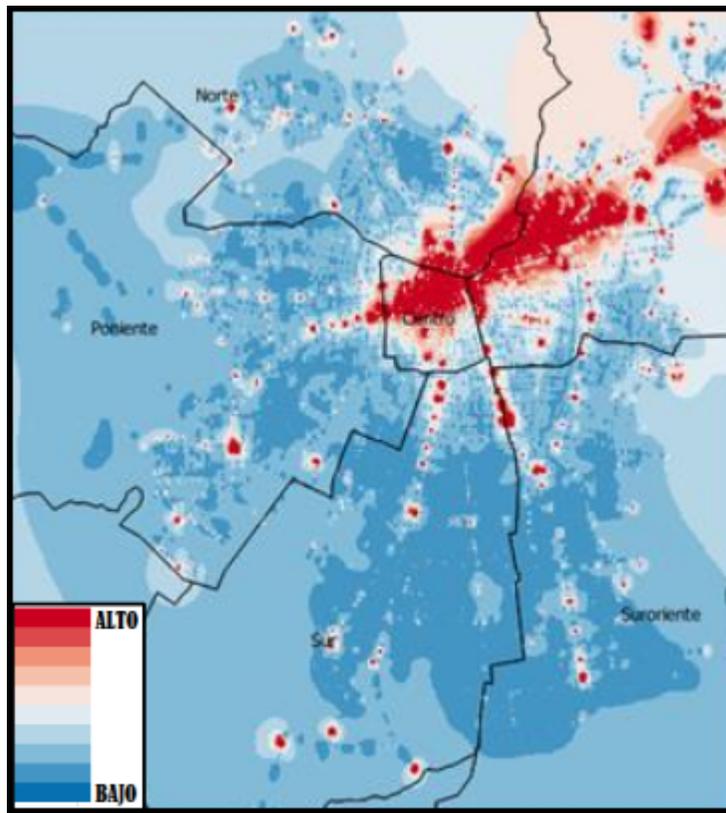
Apéndice A. Figuras

Figura A.1: Red Metro



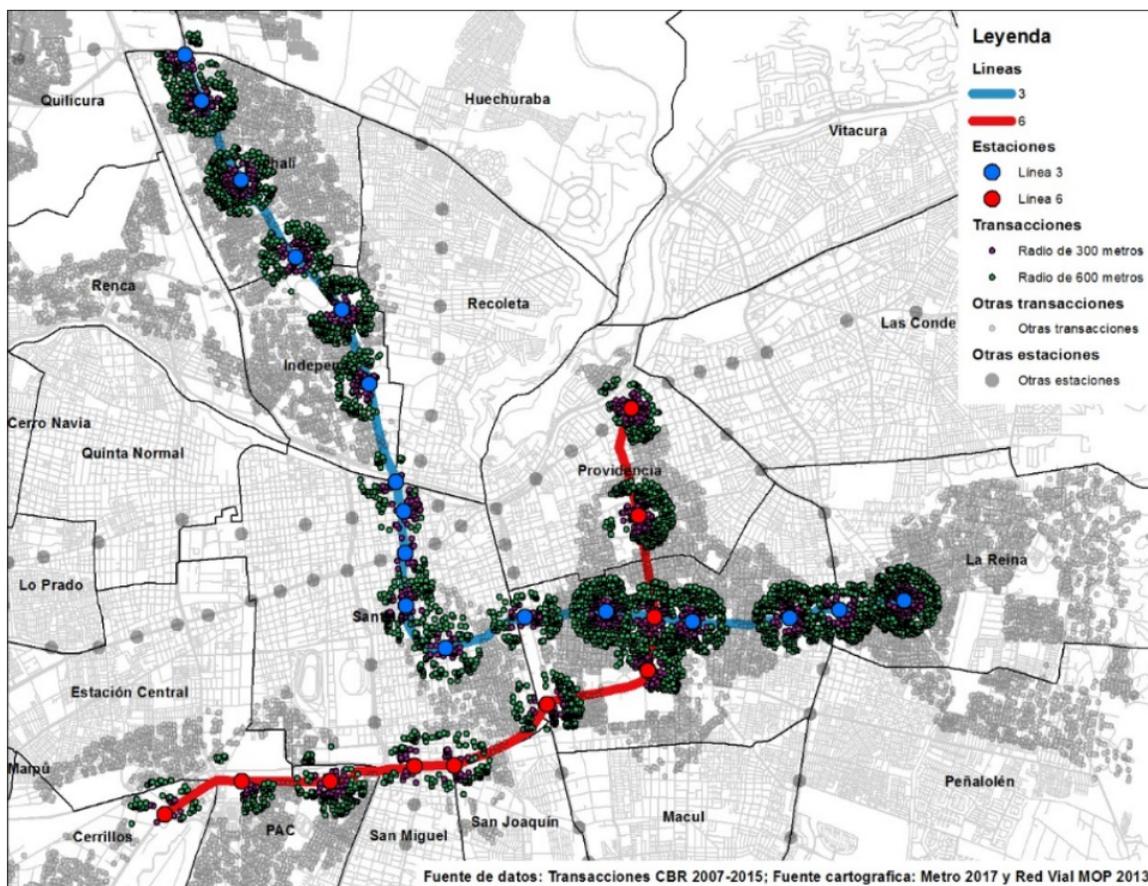
Notas: Se ilustran las dos nuevas líneas de Metro. La línea café corresponde a la línea 3, cuyo recorrido va desde las comunas de Conchalí a La Reina. La línea 6 por su parte, en color morado, se inicia en la comuna de Cerrillos y finaliza en la comuna de Providencia. **Fuente:** Metro.

Figura A.2: CBD



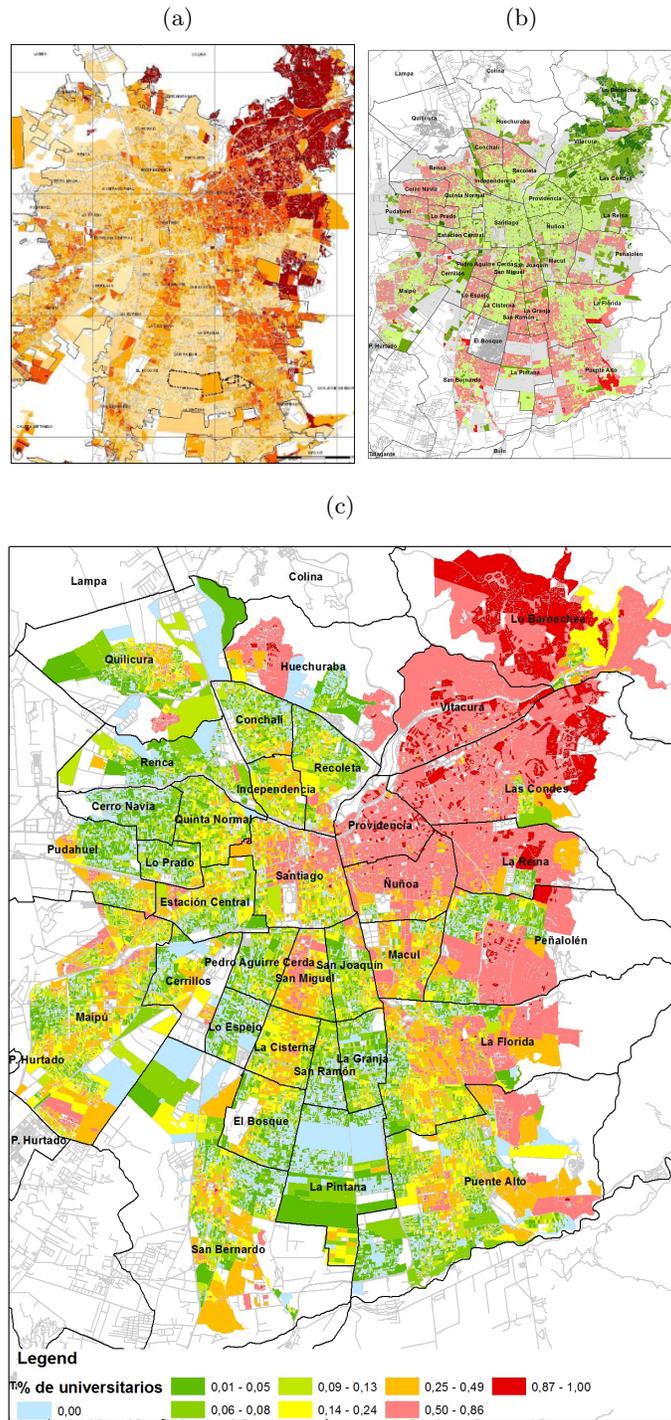
Notas: Utilizando información respecto a las trayectorias de viajes de las personas, se ilustran los principales destinos de los habitantes de Santiago en un día hábil. La información corresponde al horario punto de la mañana, de 6:00 a 9:00 am, el cual refleja los destinos laborales y de estudios de la gran mayoría de la población. Se aprecia una marcada preferencia por zonas concéntricas cercanas a Plaza de Armas y Tobalaba, ubicadas en las comunas de Santiago y Providencia respectivamente. **Fuente:** Hernández et al. (2015).

Figura A.3: Transacciones según radio de influencia



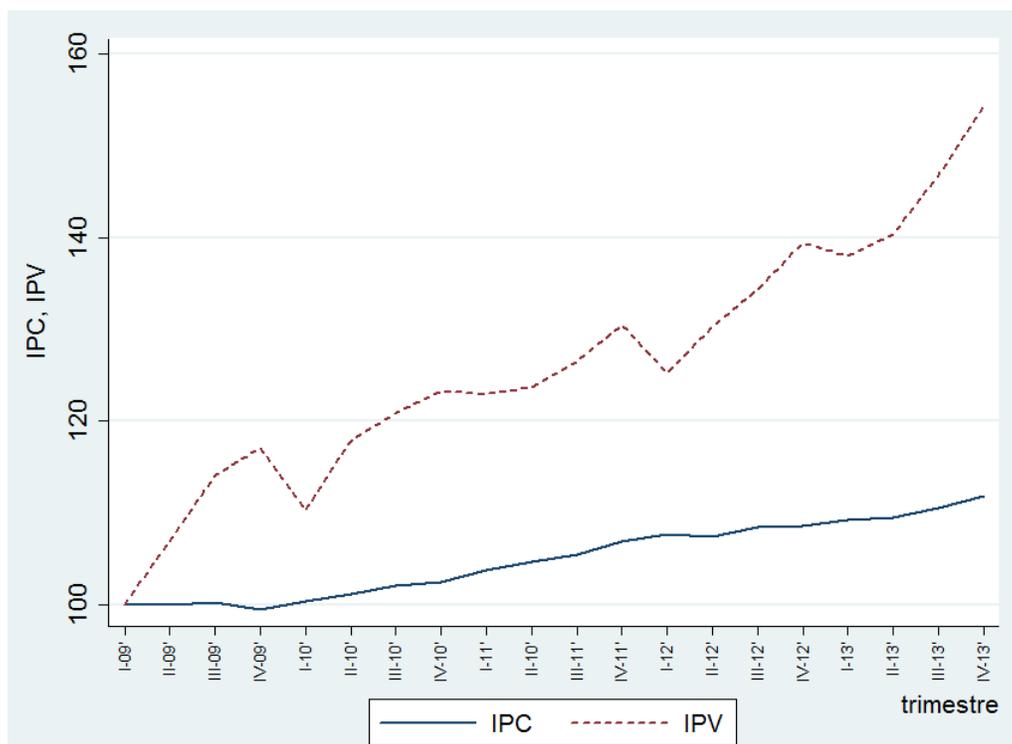
Notas: Se ilustra la georreferenciación de las transacciones registradas en el CBR entre los años 2007 y 2015, cuya estación de Metro más cercana corresponde a alguna de la línea 3 o 6. Utilizando radios de influencia de 300 y 600 metros podemos observar los grupos de tratamiento y control para ambas líneas de Metro. **Fuente:** Elaboración propia en base a transacciones CBR 2007-2005, Red Vial MOP 2013 y Red Metro 2017.

Figura A.4: Distribución Espacial



Notas: Se ilustran distintos indicadores que dan cuenta del nivel de segregación de Santiago. En la imagen (a) se muestra la distribución del nivel de ingresos en la ciudad. Las familias de mayores ingresos se ubican principalmente en el sector oriente, en donde la calidad de las viviendas (b) y el nivel educacional del barrio (c) es mayor. **Fuente:** Figura (a): Revista Foco 76 N5. Figuras (b) y (c): Elaboración propia utilizando información del catastro de propiedades del SII, el Censo 2012, la cartografía del Pre Censo 2011 y la red vial MOP 2013.

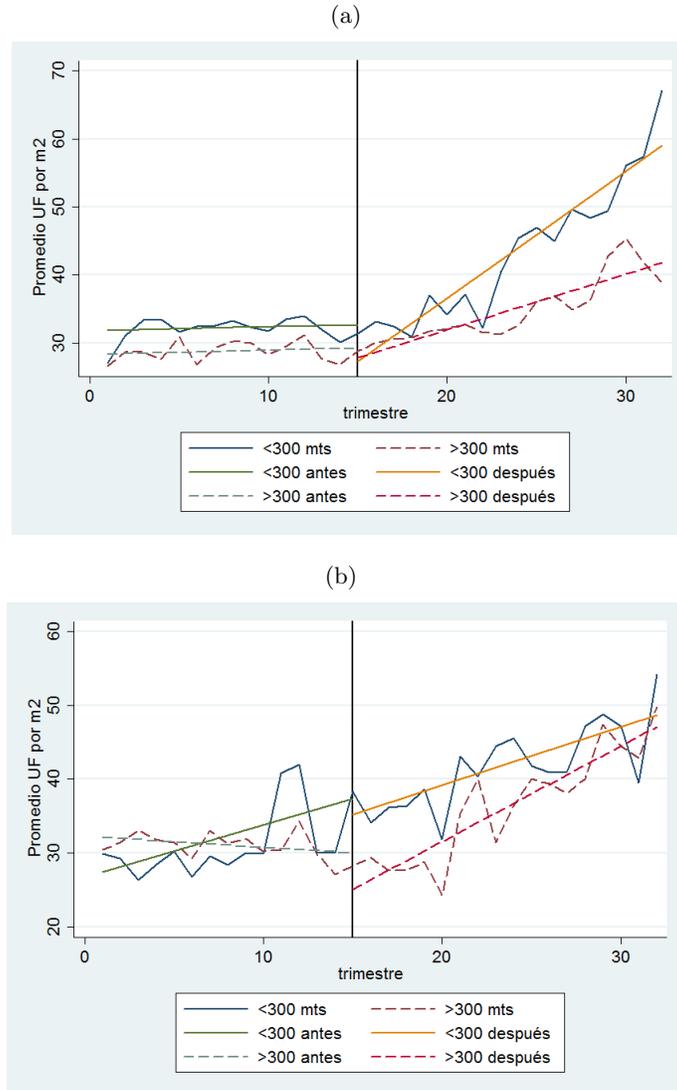
Figura A.5: IPC e IPV



Notas: Se ilustra el crecimiento trimestral del índice de precios al consumidor (IPC) y el índice de precios de viviendas (IPV) para el periodo entre 2009 y 2013. Se utiliza como base el primer trimestre de 2009. Se aprecia un incremento mayor en el mercado inmobiliario. **Fuente:** Elaboración propia en base a indicadores económicos del Banco Central de Chile.

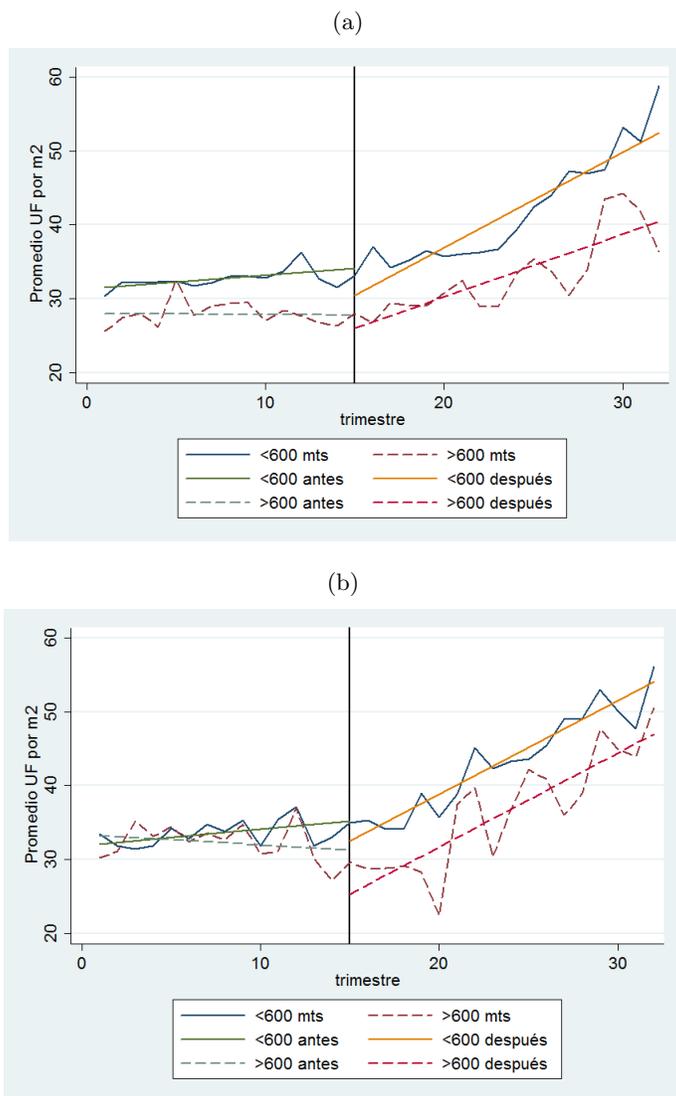
Apéndice B. Tendencias Paralelas

Figura B.1: Tendencias Paralelas, radio de 300 metros.



Notas: Evolución del precio promedio de la vivienda a nivel trimestral, para los años comprendidos entre 2008 y 2015. La línea vertical señala el trimestre 15, en donde se presentó el diseño de las futuras líneas de Metro. Las tendencias antes y después se grafican a partir del promedio de precios trimestrales de una regresión lineal con el tiempo como variable independiente. La figura (a) corresponde a la línea 3 y la figura (b) corresponde a la línea 6. El tratamiento está determinado por un radio de influencia de 300 metros.

Figura B.2: Tendencias Paralelas, radio de 600 metros.



Notas: Evolución del precio promedio de la vivienda a nivel trimestral, para los años comprendidos entre 2008 y 2015. La línea vertical señala el trimestre 15, en donde se presentó el diseño de las futuras líneas de Metro. Las tendencias antes y después se grafican a partir del promedio de precios trimestrales de una regresión lineal con el tiempo como variable independiente. La figura (a) corresponde a la línea 3 y la figura (b) corresponde a la línea 6. El tratamiento está determinado por un radio de influencia de 600 metros.

Cuadro B.1: Test de Tendencias Paralelas

	Línea 3		Línea 6	
	(1) radio 300 m.	(2) radio 600 m.	(3) radio 300 m.	(4) radio 600 m.
tendencia	0.00212** (0.000849)	0.00358*** (0.00105)	-0.00658*** (0.00159)	-0.00948*** (0.00189)
dtreat	0.177*** (0.0237)	0.264*** (0.0143)	-0.0609 (0.0379)	0.0774*** (0.0261)
tendencia*dtreat	-0.000599 (0.00271)	0.000276 (0.00158)	0.0226*** (0.00413)	0.0166*** (0.00295)
Constante	3.220*** (0.00777)	3.104*** (0.00985)	3.309*** (0.0140)	3.263*** (0.0169)
Observaciones	24,670	24,670	10,141	10,141
R-cuadrado	0.010	0.061	0.007	0.028

Notas: La variable dependiente corresponde al precio de la transacción, medido en UF por m² construidos, y se encuentra en logaritmo. Las columnas (1) y (3) evalúan la tendencia utilizando un radio de influencia de 300 metros y las columnas (2) y (4) consideran un radio de 600 metros. La variable *tendencia*dtreat* corresponde a la interacción entre *tendencia_i* con *dtreat_i*.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Apéndice C. Sensibilidad a cambios en Tratamiento

Cuadro C.1: Sensibilidad a cambios en tratamiento

	Anuncio Construcción		Inicio de Obras	
	(1)	(2)	(3)	(4)
	radio 300 m.	radio 600 m.	radio 300 m.	radio 600 m.
dpost	-0.0648*** (0.00489)	-0.0677*** (0.00553)	0.0418*** (0.00528)	0.0358*** (0.00614)
dtreat	0.00962 (0.00643)	0.0270*** (0.00433)	0.00829 (0.00506)	0.0287*** (0.00341)
dpost*dtreat	0.0110 (0.00828)	0.0105* (0.00551)	0.0166** (0.00840)	0.0117** (0.00597)
tendencia	0.0206*** (0.000296)	0.0205*** (0.000296)	0.0158*** (0.000300)	0.0158*** (0.000300)
Controles Factores	SI	SI	SI	SI
Efecto Fijo Comuna	SI	SI	SI	SI
Observaciones	46,434	46,424	46,434	46,424
R-cuadrado	0.735	0.736	0.735	0.735

Notas: La variable dependiente corresponde al precio de la transacción, medido en UF por m² construidos, y se encuentra en logaritmo. Las columnas (1) y (2) consideran el anuncio de construcción de las líneas, en septiembre de 2010, como inicio del tratamiento, y las columnas (3) y (4) consideran el inicio de obras en septiembre de 2012. La variable dpost*dtreat corresponde al coeficiente de interacción β_9 , que mide el impacto conjunto entre $dpost_t$ y $dtreat_i$. Errores estándar Huber-White entre paréntesis.

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1