

CAPITALIZACIÓN ANTICIPADA DEL METRO DE SANTIAGO EN EL PRECIO DE LAS VIVIENDAS*

*Claudio Agostini y Gastón Palmucci***

RESUMEN

En general, las viviendas que por su ubicación muestran mejores accesos tienen un valor de mercado superior respecto a viviendas de características similares con peores accesos. Esta diferencia se debe a los menores costos de transporte hacia los principales mercados laborales y comerciales de una ciudad. Por esta razón las inversiones en infraestructura pública de transporte, como por ejemplo la construcción de una nueva línea de metro, se capitalizan total o parcialmente en el precio de los terrenos y de las viviendas. Este trabajo estudia empíricamente el grado de capitalización en el precio de las viviendas que tuvo la construcción de la nueva línea 4 del metro en la ciudad de Santiago. En particular, dado que la nueva línea entra en operación en diciembre de 2005, se estima el grado de capitalización anticipada en el precio de las viviendas ocurrido en el momento del anuncio de la construcción de la nueva línea 4 y en el momento del anuncio de la ingeniería básica que determinó la ubicación de las estaciones.

Con una base de datos única, que contiene todas las transacciones de compra y venta de viviendas realizadas en el Gran Santiago entre diciembre de 2000 y marzo de 2004, los resultados muestran que el valor promedio de los departamentos aumen-

* *Palabras clave:* metro, valor de departamentos, capitalización anticipada. *Clasificación JEL:* H54, R21, R53. Artículo recibido el 8 de noviembre de 2005 y aceptado el 18 de mayo de 2007. Los autores agradecen la información proporcionada por la empresa Mapcity S.A.

** C. Agostini, Departamento de Economía, Universidad Alberto Hurtado, Santiago (correo electrónico agostini@uahurtado.cl). G. Palmucci, Tribunal de Defensa de la Libre Competencia (correo electrónico: gpalmucci@tdlc.cl).

tó entre 3.3 y 4.4% como consecuencia del anuncio de construcción y entre 4.5 y 5.7% después del conocimiento de la ubicación de las estaciones. Este aumento no se distribuye de manera uniforme, sino que depende de la distancia a la estación de metro más cercana. Un efecto indirecto de esta capitalización es que la recaudación del impuesto a las propiedades aumentaría si se reavalúan las propiedades de acuerdo con su aumento de valor. Este efecto no es despreciable en magnitud y podría representar al menos entre 14 y 20% de la inversión de la nueva línea de metro, lo cual abre una discusión interesante respecto a la manera de financiar la expansión de la red de metro.

ABSTRACT

In general, the market price of a house with good access to the main labor and commercial markets in a city is higher than similar houses with worse access. The reason is that transportation costs are lower in the former compared with the latter. For this reason, investments in public transportation, like a new subway line, are capitalized on housing prices. In this work, we empirically estimate the degree of capitalization of the new line 4 of the Santiago subway in Chile. Specifically, we estimate the anticipated degree of capitalization after the construction of the new line was announced and after the exact location of the stations was known.

Using a unique dataset, which contains all housing transactions occurred in Santiago during the period between December 2000 and March 2004, we estimate the impact of the new line of the subway of housing prices. The results show an average increase between 3.3% and 4.4% after the construction announcement and an increase between 4.5% and 5.7% after the exact location of the stations was announced. This increase is not evenly spread, it depends negatively on the distance to the closest station. An indirect effect of the housing capitalization is that tax property revenues would increase if the tax authority reassess the property values accordingly. This effect is not negligible and could represent between 14% and 20% of the new subway line total investment, which opens an interesting discussion about the way in which expansion of the subway network could be financed.

INTRODUCCIÓN

En un número creciente de zonas metropolitanas la construcción o extensión de trenes urbanos o metros ha sido implantada como una manera de enfrentar las numerosas externalidades asociadas al excesivo uso del auto-

móvil en los viajes dentro de la ciudad. Más generalmente, la provisión de inversiones en infraestructura pública de transporte no sólo afecta el uso del automóvil y la congestión, sino que tiene una gran influencia en las pautas de desarrollo urbano y en la distribución espacial de los mercados inmobiliarios. La construcción o mejora de autopistas y medios masivos de transporte público influye en el comportamiento tanto de demandantes como de oferentes de emplazamientos para uso residencial, comercial e industrial. Uno de los efectos que la teoría económica predice, respecto a los beneficios de las facilidades y servicios públicos de transporte, es que éstos se capitalizan total o parcialmente en el precio de los terrenos y de las viviendas.

A pesar de las predicciones de la teoría económica, en general, no hay una relación congruente entre la proximidad a la facilidad de transporte y el valor de la propiedad. Por un lado, si la elasticidad de la demanda por propiedades urbanas es distinta de 0, una mejoría en el sistema de transporte debería aumentar el valor de las propiedades en la periferia de la ciudad y disminuirlo en el centro (Alcaly, 1976). Por otro, una nueva facilidad de transporte puede tener efectos positivos o negativos en la criminalidad (Ihlanfeldt, 2003). Si bien hay evidencia de que el efecto sería negativo y el crimen aumentaría (Poister, 1996; Block y Block, 2000), producto de lo cual el valor de las propiedades debería disminuir, también hay evidencia de que no habría efecto alguno (Plano, 1993; Bowes y Ihlanfeldt, 2001).

La evidencia empírica respecto al efecto que tiene la cercanía de una facilidad de transporte es mixta. Por ejemplo, los estudios de Debrezion, Pels y Rietveld (2003), Dewees (1976), Grass (1992), Bajic (1983), Voith (1991), Al-Mosaind *et al* (1993) y Lin y Hwang (2004) encuentran efectos positivos para tren y metro en distintas ciudades de los Estados Unidos, Canadá y Taiwán. Por otra parte, los estudios de Dornbusch (1975), Armstrong (1994), Bowes y Ihlanfeldt (2001) y Strand y Vagnes (2001) muestran efectos negativos para el tren. Por último, Gatzlaff *et al* (1993) no encuentran evidencia de que exista algún efecto en el caso del anuncio de un nuevo sistema de trenes de Miami. En el caso de efectos anticipados a la construcción de obras de infraestructura pública existe poca evidencia empírica. Sin embargo, dicha evidencia muestra que existe un grado de capitalización significativo que ocurre con anterioridad a la entrada en operación de una nueva facilidad o sistema de transporte (McMillen y McDonald, 2004; Damm *et al* 1980, y McDonald y Osuji, 1995).

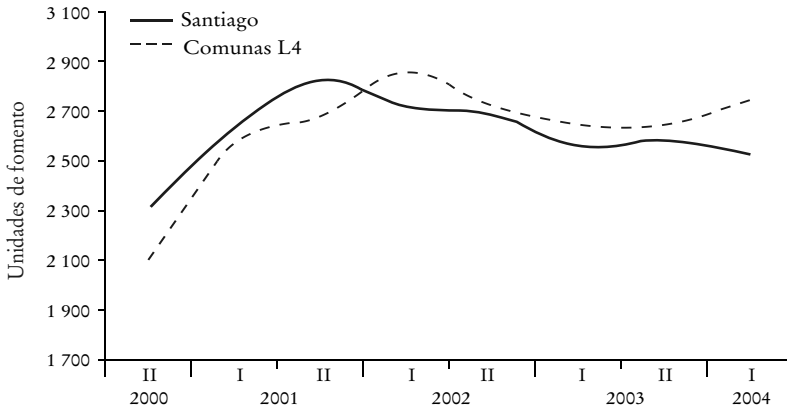
En el caso de la ciudad de Santiago de Chile el metro constituye una de las

inversiones más importantes en materia de infraestructura pública de transporte y el gobierno decidió en 2001 ampliar la red del metro de manera importante, extendiendo dos líneas existentes y construyendo otra nueva. Ha sido amplio el análisis respecto al efecto del metro, con particular atención al aumento en el precio de las propiedades. Es así como el vicepresidente comercial de la empresa Metro S.A. señaló que “El metro no hace estudios del aumento de la plusvalía de los suelos, pero la evidencia es clara: cuando llegamos a La Florida en el año 1997 los suelos tenían un precio cercano a 3 UF/m², hoy los terrenos no tienen un valor inferior a 15 UF/m², por tanto —claramente— hay un impacto en este sentido”.¹

Los hechos estilizados presentados en la gráfica 1 muestran efectivamente un aumento importante en el precio promedio de los departamentos localizados en las comunas servidas por la nueva línea del metro. Si comparamos el segundo semestre de 2002 con igual semestre de 2000 se observa que la variación del precio promedio de los departamentos localizados en las comunas por las que pasa la nueva línea de metro fue de 30%, mientras que la variación para el promedio del Gran Santiago fue de 16%. Sin embargo, esto no permite sacar conclusiones respecto al efecto que ha tenido el metro. La comparación de medias incondicionales puede sobreestimar el grado de capitalización del metro en el precio de las viviendas, ya que no capta los efectos temporales, los atributos estructurales y la localización de las viviendas. Por ello es que la pregunta pertinente por responder es cuánto de la variación de los precios promedio observada puede atribuirse realmente a la capitalización de las mejoras en acceso que proporciona la nueva línea del metro. El objetivo de este trabajo es precisamente identificar el grado de capitalización de la nueva línea del metro en el precio de las viviendas de las comunas por las cuales pasa la nueva línea.

En particular, con una base de datos única y una metodología que combina regresiones hedónicas con la estimación de *average treatment effects*, estudiamos el grado de capitalización del acceso a la red del metro de Santiago en el precio de las viviendas, producto de la construcción de la nueva línea. Dado que esta nueva línea del metro comienza a operar en diciembre de 2005, el efecto estimado en los precios de las propiedades corresponde a la capitalización del valor presente de los beneficios futuros que otorga el acceso a la red del metro a través de la nueva línea que entrará en operación.

¹ *Diario Inmobiliario* (20 de diciembre 2005), “El metro quiere entrar al negocio inmobiliario” (disponible en <http://www.portalinmobiliario.com/diario/noticia.asp?NoticiaID=3943>).

GRÁFICA 1. *Evolución del precio promedio de transacción de departamentos*

FUENTE: Elaboración propia sobre la base del Conservador de Bienes Raíces de Santiago.

Los resultados muestran un efecto importante de capitalización anticipada producto de la construcción de la nueva línea 4 del metro de Santiago. El valor promedio de los departamentos aumentó entre 3.3% y 4.4% después del anuncio de construcción y entre 4.4% y 5.7% después del conocimiento del proyecto de ingeniería básica que determinó la ubicación de las estaciones. El grado de capitalización no es homogéneo y depende, tal como se esperaría, de la distancia a la estación de metro más cercana. Para un departamento localizado a una distancia menor a 200 metros el aumento promedio en el precio es de 3.7% después del anuncio de construcción y de 4.68% después del anuncio de la ingeniería básica, mientras que para uno ubicado entre 600 y 800 metros el aumento en el precio promedio es de 2.23 y 3.34%, respectivamente.

El artículo se conforma de la siguiente manera: en la sección I se realiza una breve descripción del metro en la ciudad de Santiago y, en particular, respecto a la construcción de la nueva línea 4; en la sección II se presenta un modelo simple de capitalización; en la sección III se analiza la identificación del efecto del metro en el valor de las viviendas; en la sección IV se describe los datos utilizados; en la sección V se presenta y analiza los resultados empíricos. Por último se presenta las conclusiones.

I. EL METRO DE SANTIAGO Y LA NUEVA LÍNEA 4

En 1969 se elaboró para Santiago una red de metro como eje articulador del sistema de transporte de Santiago. Dicho plan tenía siete líneas de metro que

MAPA 1. *Metro de Santiago*^a



^a (www.metro.santiago.cl).

se construirían de acuerdo con la evolución de la demanda. En 1975 comenzó a funcionar el primer tramo Moneda-San Pablo, correspondiente a la línea 1. Posteriormente, la línea 1 se extendió hasta la Escuela Militar en 1980 y se construyeron las líneas 2 y 5, que comenzaron a operar en 1987 y 1997 respectivamente. Estas tres líneas de la red ya en operación tienen 40.2 km de rieles, 52 estaciones y en 2004 se realizaron 866 700 viajes diarios en promedio durante los días laborales. El mapa 1 muestra la ubicación y extensión de las líneas de metro en la ciudad de Santiago.

En mayo de 2001 el gobierno anunció un nuevo plan de inversiones para resolver los problemas de transporte urbano en la ciudad de Santiago. Este

plan, denominado Transantiago, consiste en la reorganización del sistema de transporte público por medio de un sistema integrado de transporte que incluye nuevos autobuses, vías segregadas para autobuses y la red de metro.²

El metro tiene un papel primordial como articulador del nuevo sistema de transporte, por lo que el plan Transantiago considera inversiones importantes para mejorar y extender la red del metro. Las inversiones en la red del metro, en el corto plazo, consistieron en extender las líneas 2 y 5 y en construir la línea 4. Las extensiones de las líneas 2 y 5 se encuentran en operación desde el cuarto y en el primer trimestre de 2004 respectivamente la línea 4 está en construcción y se espera que comience a operar parcialmente en diciembre de 2005 y completamente en marzo de 2006.

El proyecto de extensión de la línea 4 (Tobalaba-Vespucio-Puente Alto) cuenta con 33 kilómetros de rieles y se divide en un tramo principal y otro secundario. El tramo principal va desde la Plaza de Puente Alto hasta la intersección de Tobalaba con Providencia, donde se conecta con la línea 1. El tramo secundario se extiende a lo largo de Américo Vespucio, entre Vicuña Mackenna y Gran Avenida, donde conecta con la línea 2. La longitud del tramo principal es 24.4 km con 21 estaciones y la del tramo secundario es de 8.7 km con 6 estaciones.³ Las proyecciones de demanda son de un aumento en la afluencia media diaria en la red del metro de 324 000 pasajeros, es decir 34.7% de los viajes actuales.

II. BIENES PÚBLICOS, COSTOS DE TRANSPORTE Y EL VALOR DE UNA VIVIENDA

La disposición a pagar de un consumidor por una vivienda depende de las características de la vivienda y de su ubicación. La ubicación tiene un efecto importante fundamentalmente por dos razones: el acceso a bienes públicos y los costos de transporte. En primer lugar, la ubicación de una vivienda determina la calidad de bienes públicos locales que pueden consumir sus residentes. Dada sus características, el precio de mercado de una vivienda refleja la valoración marginal a pagar de todos los potenciales compradores de viviendas en el área de acceso a un conjunto de bienes públicos (Yinger, 1982; Rubinfeld, 1987). El grado de heterogeneidad en las preferencias por los

² La meta del gobierno con el plan Transantiago es la generación de un sistema de transporte eficiente que reduzca la congestión vehicular y contaminación atmosférica. Además, al usar de manera integrada todos los modos de movilización pública disponibles, debería mejorar la calidad del servicio para los usuarios.

³ Incluyendo las extensiones de las líneas 2 y 5, se construirán 38.6 km y 33 estaciones.

bienes públicos locales determina el grado de capitalización, pero la evidencia empírica muestra que su valorización promedio tiende a capitalizarse de manera importante en el precio de las viviendas.⁴

En segundo lugar, la ubicación de una vivienda determina los costos de transporte en que deben incurrir sus residentes para trasladarse a sus lugares de trabajo y estudio. Dadas las características de una vivienda y la calidad de bienes públicos a los que tienen acceso sus residentes, su precio de mercado refleja el tiempo y la distancia a los principales mercados laborales y de intercambio de bienes en una ciudad (Von Thünen, 1863; Wingo, 1961; Alonso, 1964; Mills, 1967, y Muth, 1969).⁵

La nueva línea 4 del metro constituye un bien semipúblico que reduce los costos de traslado hasta los principales centros de trabajo y comercio de la ciudad de Santiago. Por las dos razones mencionadas, uno de los efectos esperados es que aumente la demanda por viviendas en las zonas geográficas cercanas a la nueva línea 4. Dado que la oferta de terrenos en el área pertinente está fija en el largo plazo, el aumento de la demanda debería traducirse en un aumento en el valor de las tierras y viviendas cercanas a la línea 4 del metro. Dicho aumento debería ser función de la distancia entre las viviendas y terrenos y las nuevas estaciones del metro.

Un modelo simple de capitalización

En esta subsección presentamos un modelo simple, adaptado de Alonso (1964), para mostrar la decisión de localización de los consumidores considerando explícitamente la red del metro. El problema que enfrenta cada consumidor consiste básicamente en maximizar su utilidad, que depende del tamaño y la ubicación de su vivienda y del consumo de otros bienes, sujeto a una restricción presupuestaria que considera explícitamente los costos de transporte y sus efectos en el precio de la vivienda. Podemos expresar este problema de maximización de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} & \underset{m, d, x}{\text{Max}} V(m, d, x) \\ & \text{s. a.} \\ & Y - x - P(d)m - T(d) \end{aligned} \quad (1)$$

⁴ Véase por ejemplo Gramlich y Rubinfeld (1982).

⁵ A partir del desarrollo de modelos microeconómicos espaciales realizado por Von Thünen, la mayor contribución de Wingo, Muth y Alonso fue el hincapié en la relación entre una vivienda y el acceso a lugares de trabajo. Ambas cosas son compradas de manera conjunta por los consumidores y existe una correspondencia (*trade-off*) importante entre ellos que se refleja en los precios de una vivienda.

en que m es el tamaño medio de la propiedad, d es la distancia desde la propiedad hasta la estación de metro más cercana, x denota un bien compuesto consistente en una canasta de todos los otros bienes consumidos por el individuo, $P(d)$ es el precio por metro cuadrado de vivienda y $T(d)$ representa la función de costo de transporte. La inclusión de la distancia en la función de utilidad del individuo capta la desutilidad (tiempo de ocio) que le representa al consumidor trasladarse hasta la estación de metro más cercana.

Suponemos que la función V es continua, dos veces diferenciable y estrictamente cuasicóncava, creciente en m y x , y decreciente en d . Además, $P(d)/d > 0$ y $T(d)/d > 0$. Las condiciones de primer orden de este problema de maximización son:

$$V_m - P(d) = 0 \tag{2}$$

$$V_d - [P_d m + T_d] = 0 \tag{3}$$

$$V_x = 0 \tag{4}$$

$$Y - x - P(d)m - T(d) = 0 \tag{5}$$

De las ecuaciones (2) y (4) obtenemos una de las condiciones de localización en equilibrio:

$$\frac{V_x}{V_m} = \frac{1}{P(d)} \tag{6}$$

Esta primera condición de equilibrio establece que la relación marginal a la cual el consumidor está dispuesto a sustituir el consumo de metros cuadrados de vivienda, m , por consumo de otros bienes, x , es igual al relativo de precios. Esta relación de precios relativos depende de la distancia a la facilidad de estudio.

A partir de (3) y (4) obtenemos una segunda condición de equilibrio:

$$P_d m + T_d = \frac{V_d}{V_x} \tag{7}$$

Esta segunda condición establece que el ingreso marginal que el individuo está dispuesto a pagar por un metro de vivienda disminuye con mayores gastos en transporte y aumenta al disminuir el valor de la desutilidad que le generan mayores tiempos de transporte.

Este simple modelo muestra que, desde el punto de vista teórico, existiría una relación negativa entre el precio de la vivienda y la distancia a la estación

de metro más cercana. Esta relación entre precio de vivienda y distancia no es forzosamente monótona decreciente. La razón, es que una estación de metro tiene dos efectos posibles en su entorno. Por un lado, acerca un medio de transporte, lo cual tiene un efecto positivo directo, ya que los habitantes de las propiedades cercanas reducen sus costos de transporte. Por otro, la estación de metro genera un conjunto de efectos indirectos asociados, por ejemplo, a una mejor iluminación del área, un mayor tráfico de personas, mayor ruido, mayor actividad comercial, etc. La consecuencia neta de este conjunto de efectos indirectos es ambigua, ya que algunos afectan positiva y otros negativamente el valor de las viviendas cercanas a la estación. Como resultado, la relación entre el valor de una vivienda y la distancia a la estación de metro más cercana puede tener no linealidades e incluso algunos tramos de la función pueden ser crecientes.

Si bien este modelo sencillo nos entrega una predicción empíricamente comprobable respecto al efecto que tiene en el valor de una propiedad la distancia a una estación de metro, no considera otros factores que también afectan el valor de una vivienda y que son considerados por los consumidores en sus decisiones.

La evidencia empírica muestra que es importante incluir como determinantes del precio de una vivienda las características de la vivienda (número de habitaciones, antigüedad, metros cuadrados, etc.) las características del vecindario (tasa de criminalidad, ingreso promedio, calidad de las escuelas cercanas, etc.), y el paquete fiscal de impuestos a la propiedad y bienes públicos provistos localmente (recolección de basura, protección policial, hospitales, etc.).⁶ En términos generales la ecuación de precios de vivienda por estimar es el siguiente:

$$P(i) = X(i) \beta + L(i) \gamma + D(i) \delta + \epsilon(i) \quad (8)$$

en la que la variable dependiente $P(i)$ es el precio de venta de la propiedad i , $X(i)$ denota una matriz de atributos estructurales de la vivienda (incluidos superficie, número de baños y dormitorios, etc.), $L(i)$ es una matriz que recoge características del entorno y de localización distintos del acceso a medios de transporte masivo (bienes públicos, áreas verdes, comercios, colegios, clínicas), $D(i)$ representa una matriz que recoge variables pertinentes desde el punto de vista del acceso y, por último, $\epsilon(i)$ es el término de error.

⁶ Véase por ejemplo Vesalli (1996) y Gibbons y Machin (2005).

La estimación de la ecuación (8) es equivalente a una regresión de precios hedónicos (Rosen, 1974; Bartik, 1979, y Freeman, 1979), que capta la valoración media que otorgan los consumidores a cada característica particular de la vivienda y su entorno.⁷

III. IDENTIFICACIÓN

Una estimación de precios hedónicos como la ecuación (8) nos permite estimar la valoración marginal de los consumidores por el acceso al metro. Para ello basta con definir la matriz D como la distancia o el tiempo de desplazamiento a la estación del metro más cercana. De esta manera, podemos identificar la capitalización del acceso, estimando cómo varía el precio de la vivienda al aumentar la distancia a la estación del metro o estimando la diferencia en precio de las viviendas que se encuentran dentro del área de influencia del metro respecto a las que están afuera. Este ejercicio permitiría el estimar el efecto de líneas cuyo funcionamiento está consolidado, como las líneas 1, 2, y 5.

El objeto de este estudio, sin embargo, es estimar la capitalización de la línea 4 del metro que aún no está en funcionamiento. En este caso, el interés es estimar el grado de capitalización anticipada que ocurre en las viviendas producto de los beneficios futuros asociados a la nueva línea del metro. Para esto, es necesario identificar primero las distintas etapas del desarrollo de la línea 4 del metro: *i*) diseño general ($t = 1$): el diseño general de la red del metro se conoce desde 1969; sin embargo, hay incertidumbre respecto al momento en que dichas inversiones se materializarían y si se respetará el trazado original; *ii*) anuncio específico ($t = 2$): en mayo de 2001 el gobierno anuncia la expansión de las líneas 2 y 5 y la construcción de la línea 4 hasta Puente Alto; sin embargo, no hay conocimiento respecto a la ubicación de las estaciones y puede haber algo de incertidumbre respecto a la materialización del proyecto ya que estaba en discusión su financiación; *iii*) proyecto de ingeniería básica: en diciembre de 2001 se conoce la ubicación de las futuras estaciones de la línea 4 del metro; *iv*) comienzo de las obras ($t = 3$): en julio del 2002 comenzó la construcción de la estación Plaza Puente Alto; *v*) inauguración ($t = 4$): la línea 4 debería empezar a funcionar en diciembre de 2005 de manera parcial y a partir de marzo de 2006 de manera completa; *vi*) funcio-

⁷ En equilibrio, los coeficientes estimados para una característica pueden interpretarse como la disponibilidad a pagar por un incremento marginal de dicha característica.

namiento consolidado ($t = 5$): después de algunos meses de funcionamiento los consumidores tienen más información respecto a la calidad del servicio, frecuencia de los trenes y precio.

Si los consumidores tienen expectativas racionales, la capitalización de los beneficios que produce la nueva línea 4 debería ocurrir en el momento del anuncio. Sin embargo, el grado de ajuste en los precios de las viviendas depende también del riesgo esperado respecto a que no se realice la obra y de la incertidumbre respecto a la localización de las estaciones.

Para efectos de analizar la identificación del efecto del metro en el precio de las viviendas, consideremos una única etapa, por ejemplo, el anuncio de la construcción de una nueva línea del metro. Definamos el periodo $t = 1$ como la situación *ex ante* al anuncio del metro y el periodo t como la situación *ex post*. Si ocurre algún grado de capitalización y controlando por todos los otros factores relevantes, observaríamos que el precio de una vivienda i aumenta desde P_{it-1} , en $t = 1$, hasta P_{it} , en t . Para cuantificar el valor de la externalidad que genera el trazado de la línea del metro sobre el precio de una vivienda particular debemos determinar cuál hubiese sido la trayectoria de dicho precio en ausencia del evento objeto de estudio, es decir, necesitamos construir un “contrafactual”.⁸ Dado que no podemos observar la misma vivienda en ambos estados de la naturaleza, necesitamos encontrar una vivienda con características similares (tipo de vivienda, metros cuadrados construidos, número de habitaciones y baños, orientación, etc.) a la que estamos estudiando en un área donde el trazado de la línea del metro no tenga influencia, denominada vivienda de control. El estimador que permite calcular dicha externalidad es el de diferencia en diferencias a partir de la siguiente regresión:⁹

$$P(i) = \alpha_0 + \alpha_1 X(i) + \alpha_2 t(i) + \alpha_3 L(i) + ATE(i) + D(i) + \epsilon(i) \tag{9}$$

en que

$$\begin{aligned} & \{E[P(i, t)|X(i), A = 1] - E[P^c(i, t)|X(i), A = 0]\} \\ & \{E[P(j, t = 1)|x(j), A = 1] - E[P^c(j, t = 1)|X(j), A = 0]\} \end{aligned} \tag{10}$$

⁸ Véase Rubin (1974), Rosenbaum y Rubin (1983), Angrist, Imbens y Rubin (1996) y Heckman, Ichimura y Todd (1997).

⁹ Bajic (1983), Dewees (1976), Gatzlaff y Smith (1993), Lee (1973), McDonald y Osuji (1995) y McMillen y McDonald (2004); si bien dichos trabajos difieren en cuanto a la especificación del modelo, la idea, en términos generales, es comparar el cambio en el precio de las viviendas dentro del área de efecto del metro con el cambio en el precio de las viviendas de control, esto es, que no reciben el efecto del metro.

Los primeros dos términos de la ecuación 10 captan la diferencia de precio que existía, antes de que se construyera (o anunciara) el metro, entre una vivienda cercana a la futura estación del metro y una lejana (la variable *A* es dicotómica (*dummy*) igual a 1 si la vivienda está cerca del metro y 0 si no). Los últimos dos términos captan la diferencia de precio entre una vivienda cercana a la nueva estación del metro y una lejana, después que se construyó (o anunció) el metro. El coeficiente β se define como la diferencia entre estas dos diferencias, captando así el verdadero efecto del metro al eliminar, por un lado, otros efectos en el tiempo que afectaron los precios de todas las viviendas y, por otro lado, efectos no relacionados con el metro que hacen que el precio de una vivienda control difiera de una vivienda que quedó cerca de una estación del metro. Por ello, la interpretación de este estimador, obtenido al modificar la regresión hedónica especificada en (7), es la siguiente: el cambio medio en la valoración marginal de la distancia de las viviendas que se encuentran cerca de la estación del metro respecto al cambio medio en la valoración marginal de aquellas viviendas fuera del área de influencia del metro.

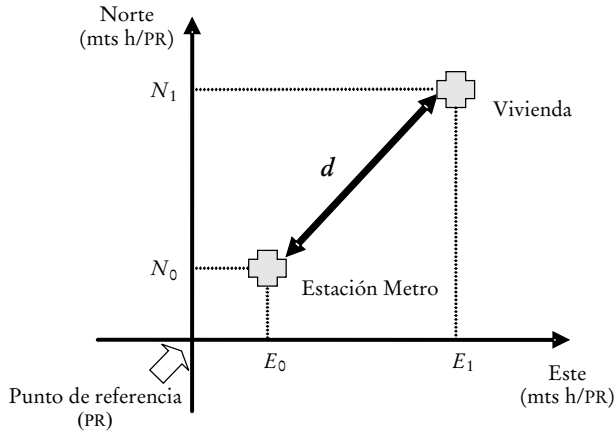
IV. DATOS

Para el análisis empírico utilizamos la base de datos del Conservador de Bienes Raíces de Santiago.¹⁰ Esta es una base de datos única, que contiene todas las transacciones inmobiliarias realizadas en el Gran Santiago entre diciembre de 2000 y marzo de 2004. Cada observación consiste en el precio de venta de la vivienda, un conjunto de variables que describen los atributos físicos de la propiedad y su localización geográfica (coordenadas este-norte).

Lamentablemente, en la base de datos la información de atributos físicos en el caso de las casas es muy limitada. Por esta razón decidimos utilizar sólo los datos de transacciones de departamentos, los cuales cuentan con información pormenorizada de sus características. Existen 20 900 transacciones de departamentos registradas en las comunas de Providencia, Las Condes, La Reina, Peñalolén, Macul, Ñuñoa y La Florida durante ese periodo. Para cada uno de los departamentos, calculamos la distancia a cada una de las 44 estaciones de la red del metro (19 correspondientes a las líneas en operación

¹⁰ El Conservador de Bienes Raíces de Santiago registra todas las transacciones de viviendas, oficinas y terrenos que se realizan en el Gran Santiago. Esta base nos fue gentilmente proporcionada por la empresa Mapcity S.A.

GRÁFICA 2



1 y 5 y 25 correspondientes a la futura línea 4) de la siguiente manera: *i*) utilizando el mapa digital de Santiago de Mapcity se georreferenciaron¹¹ las estaciones del metro de Santiago correspondientes a las líneas 1, 4 y 5; *ii*) se calculó la distancia (d) euclidiana entre cada vivienda y las estaciones del metro (véase la gráfica 2).¹²

De los 20 900 departamentos en la base de datos original, hay 6 907 para los cuales la distancia mínima a una estación del metro corresponde a una estación de la nueva línea 4. Estos departamentos constituyen la muestra para el análisis empírico. El cuadro 1 presenta un resumen estadístico de las variables utilizadas en la estimación. La variable dependiente es el precio del departamento medido en unidades de fomento.¹³ Como variables independientes se utilizan tres grupos de variables.

En primer lugar, hay un conjunto de variables que captan las características estructurales de cada departamento: superficie en metros cuadrados, número de dormitorios, número de baños, si tiene bodega, si tiene ascensor, si tiene estacionamiento, tipo de departamento¹⁴ (nuevo o usado), si recibe el

¹¹ El proceso de georreferenciación consiste simplemente en asignarle un par de coordenadas este-norte a cada observación.

¹² Distancia vivienda metro $d = \sqrt{(E_1 - E_0)^2 + (N_1 - N_0)^2}$.

¹³ Unidad de Fomento (UF) es uno de los sistemas de reajustabilidad autorizados por el Banco Central de Chile; 1 UF es equivalente a 17 700 pesos chilenos y 32.8 dólares en septiembre de 2005.

¹⁴ La variable vivienda nueva es dicotómica que asume el valor de 1 si el departamento es nuevo y 0 si es usado y es utilizada para aproximar el grado de depreciación del activo con el tiempo. Lamentablemente, la base de datos empleada no cuenta con una mejor aproximación como podría ser la antigüedad del departamento.

CUADRO 1

<i>Variable</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx</i>
Precio (UF)	2 688	1 387	201	29 804
Superficie (mts ²)	84	32	16	508
Vivienda nueva	0.57	0.50	0	1
Beneficio DFL2	0.05	0.21	0	1
Número de dormitorios	2.66	0.81	1.00	5
Número de baños	2	1	1	4
Estacionamiento	0.59	0.49	0	1
Bodega	0.69	0.46	0	1
Ascensor	0.71	0.45	0	1
Distancia de la clínica más cercana (metros)	948	963	9	4 992
Distancia del hospital más cercano (metros)	2 656	1 111	386	6 482
Distancia de colegio más cercano (metros)	252	165	6	1 020
Distancia del área verde más cercana (metros)	295	195	15	1 251
Calle	0.59	0.49	0	1
Avenida	0.38	0.49	0	1
Cambio acervo (<i>stock</i>) de viviendas	28 337	1 716	24 046	31 903
Distancia de la estación del metro más cercana (metros)	1 516	1 113	8	4 939
Anuncio	0.92	0.28	0	1
Ingeniería básica	0.76	0.43	0	1
D1000	0.68	0.44	0	1

beneficio tributario de DFL2 o no y si el edificio está ubicado en una calle o en una avenida.

En segundo lugar, hay un conjunto de variables que captan el acceso a bienes públicos y semipúblicos. Además de la distancia a la estación de metro, calculamos, utilizando el mismo procedimiento descrito, la distancia entre cada departamento y el colegio, el hospital, la clínica y el área verde más cercanos. Para ello se consideraron los 582 colegios, 8 hospitales, 52 clínicas y 756 áreas verdes existentes en las comunas pertinentes. En tercer lugar, se considera un conjunto de variables ficticias o dicotómicas (*dummies*) equivalentes a efectos fijos por comuna,¹⁵ por mes y por año.¹⁶

¹⁵ Los efectos fijos comunales son variables dicotómicas D_j que asumen el valor de 1 si el departamento pertenece a la comuna j y 0 si no. Esta variable es la mejor aproximación disponible para captar el efecto de la demanda de viviendas con motivo de diferencias en el ingreso medio de los habitantes de la comuna. Lamentablemente, no existen en Chile datos ni estimaciones de ingreso comunal con periodicidad mensual, trimestral o incluso anual. Lo más cercano es la encuesta Casen que se realiza cada tres años, por lo que usar dicha información es equivalente a usar una variable ficticia por comuna para el periodo en nuestra muestra.

¹⁶ El conjunto de variables dicotómicas para el mes y el año tiene por objetivo captar los efectos del

Por último, para captar el grado de capitalización anticipada del metro en el precio de las viviendas, se considera un conjunto de variables ficticias que permiten aislar el valor del acceso al metro en distintos periodos relevantes y para diferentes distancias. La variable *anuncio* capta el cambio en el valor medio de las viviendas producto del anuncio de la construcción de la nueva línea del metro y su signo esperado es positivo.

Tal como se señaló líneas arriba, en el momento del anuncio de la construcción de la línea 4 todavía no estaban definidas las estaciones. Además, los ajustes de precios en el mercado inmobiliario pueden tener algunos rezagos porque hay costos de búsqueda y se requiere una igualación (*matching*) entre consumidores y vendedores. Por estas razones es posible que un grado importante de capitalización haya ocurrido después del anuncio. La variable *ingeniería básica* capta los efectos de la entrega del informe de ingeniería básica, en octubre de 2001 (5 meses después del anuncio), que determinó la ubicación de las estaciones.

Además las variables *anuncio* e *ingeniería básica* se interactúan con la variable *distancia al metro* para capturar el cambio en el valor del departamento, de acuerdo con la distancia a la estación más cercana, producto del anuncio de construcción o la entrega del informe de ingeniería básica de la línea 4. Aunque se espera que el valor de las propiedades disminuya a medida que se encuentran ubicadas más lejos del metro, es posible que para departamentos muy cerca de las estaciones su valor aumente al alejarse un poco ya que disminuye el ruido y el flujo de personas y comercio en los alrededores (Dueker, Chen y Rufolo, 1997).

El problema potencial que tienen estas dos variables es que consideran la distancia de departamentos para los cuales el metro es irrelevante. Por ejemplo, para un departamento ubicado a 2 kilómetros de la estación más cercana es improbable que el anuncio de construcción o el de ingeniería básica haya tenido un efecto en su valor. El sesgo esperado de incluir la distancia de esos departamentos es hacia abajo, es decir los coeficientes estimados podrían mostrar una tasa de disminución del precio de la propiedad al aumentar la distancia a la estación de metro mayor a la efectiva. Con objeto de eliminar ese potencial sesgo, consideramos además la interacción de las variables *anuncio* y *distancia* con la variable D1000 que distingue entre los de-

ciclo y de la estacionalidad contenidos en las series de precios. Además, captan el efecto de variables macroeconómicas, si bien en un periodo tan corto (40 meses) su efecto no es muy significativo (véase por ejemplo, Lin y Hwang, 2004).

partamentos que se encuentran dentro de un radio de mil metros de cada estación del resto de los departamentos más alejados.¹⁷ Esta última variable constituye un estimador de diferencia en diferencias, como el mencionado en la sección III.

V. RESULTADOS

Los cuadros 2 y 4 muestran los resultados de la estimación de la ecuación (10) para el caso en que la capitalización ocurre después del anuncio de la construcción de la nueva línea del metro y para el caso en que ocurre después del proyecto de ingeniería básica, respectivamente. En cada uno de los dos casos consideramos cuatro especificaciones distintas. El modelo considera la distancia a la estación de metro más cercana por sí misma e interactuada con la variable ficticia de tratamiento respectiva (*anuncio o ingeniería básica*). El modelo 2 incluye además, con objeto de captar algunas no linealidades, la interacción de la ficticia de tratamiento con la distancia al metro al cuadrado. El modelo 3 considera la distancia al metro al cuadrado y la interacción de la variable ficticia de tratamiento con la distancia al metro y con la distancia al metro al cuadrado. Finalmente, el modelo 4 agrega respecto al modelo 3 la interacción de la distancia a la estación del metro más cercana con la ficticia de tratamiento y una dicotómica igual a 1 si el departamento se encuentran a menos de mil metros de la estación e igual a 0 si no.

La especificación de los tres primeros modelos permite captar el efecto del anuncio (o conocimiento del proyecto de ingeniería básica) de la construcción de una nueva línea del metro en el precio de las viviendas, condicional a la distancia a la que se localiza el departamento respecto a la estación más cercana. Dichas especificaciones consideran el valor de la distancia antes y después. La especificación del cuarto modelo permite determinar el grado de capitalización en los departamentos que se encuentran dentro del área de efecto directo de la nueva línea del metro.

En general, los resultados respecto a las características de los departamentos tienen los signos esperados y son bastante robustos a las distintas especificaciones. Los coeficientes estimados para las variables superficie construida, número de baños, existencia de bodega y departamento nuevo, son todos positivos y estadísticamente significativos. Un metro adicional de superficie

¹⁷ Según estimaciones de Metro S.A. dentro de los 500 metros de la estación del metro se capta en torno de 50-60% de la demanda y dentro de los mil metros entre 80-90 por ciento.

y un baño adicional están asociados, en promedio, a un precio mayor de 29 UF y 144 UF, respectivamente. De igual manera, la existencia de bodega y que el departamento sea nuevo se asocian, en promedio, a un mayor precio de 173 UF y 700 UF, respectivamente.

El coeficiente estimado para el número de dormitorios es negativo y estadísticamente significativo, lo cual parece ser contrario a lo esperado. Sin embargo, al estar controlando en la regresión por la superficie del departamento y el número de baños, lo que muestra el signo negativo es que la mayor disposición a pagar se relaciona de manera directa con espacios más amplios destinados a estancia, comedor, cocina, más que a habitaciones adicionales destinadas a dormitorio. Por último, las variables estacionamiento y ascensor no son estadísticamente distintas de 0.

Los resultados respecto al efecto que tiene la cercanía en el acceso a algunos bienes públicos no son del todo satisfactorios. Los coeficientes estimados para las variables que miden la distancia a la clínica, el hospital y el colegio más cercano no son estadísticamente significativos. Al respecto pueden darse al menos dos explicaciones. Una posible explicación es que la calidad de estos servicios es más importante que la distancia a la cual se encuentran. En el caso de la variable que mide la distancia desde el departamento hasta el área verde más cercana, el coeficiente sí es significativo pero con signo positivo que es lo contrario a lo esperado. Otra explicación potencial es que no se controla por la calidad y el tamaño del área verde y los consumidores pueden preferir un parque más grande pero más lejano a una plaza pequeña más cercana. Además, para algunas comunas en la muestra, algunas áreas verdes constituyen lugares asociados a mayor delincuencia.

El cambio en el acervo de viviendas disponibles tiene un efecto negativo y estadísticamente significativo en el precio de los departamentos, reflejando el efecto que tiene una mayor oferta en el precio de equilibrio en el mercado.

Por último, el efecto del beneficio tributario del DFL 2 es estadísticamente no significativo. Al respecto, es importante recordar que el periodo de la muestra comienza en diciembre de 2000, momento en que algunos de los beneficios tributarios se habían reducido. El mayor efecto ocurre porque el pago de dividendos que se puede deducir de la base imponible del impuesto a la renta, tiene un tope de 120 unidades tributarias mensuales (UTM) al año si la vivienda acogida al DFL 2 fue adquirida antes del 31 de diciembre de 1999, 72 UTM si fue adquirida entre el 1 de enero y el 30 de septiembre de 2000 y 36 UTM si se compra entre el 1 de octubre y el 30 de junio de 2001.

1. Capitalización en el momento del anuncio

El cuadro 2 muestra los resultados de la estimación considerando como variable de tratamiento el anuncio de la construcción de la nueva línea 4 del metro. El coeficiente de la variable *anuncio* es positivo y estadísticamente significativo en las cuatro especificaciones. Tal como se observa en el cuadro, el estimador punto para la variable *anuncio* se encuentra entre 119 y 160 UF, dependiendo de la especificación, lo cual equivale a una apreciación en el valor de un departamento promedio entre 3.3 y 4.4 por ciento.

La interacción de las variables *anuncio* y *distancia* tiene un efecto negativo y estadísticamente significativo en el precio de los departamentos, lo que

CUADRO 2. Estimación para el anuncio de la construcción de la línea 4

	(1)	(2)	(3)	(4)
Superficie	29.1231*	29.1264*	29.1245*	29.1683*
Dormitorios	53.1601**	53.8956**	54.2966**	53.8241**
Baños	144.9697*	145.5432*	145.3796*	144.4248*
Vivienda nueva	702.2893*	702.1810*	702.2500*	705.1322*
DFL2	43.6710	46.3044	46.9339	48.1913
Estacionamiento	19.3390	18.6115	17.8348	19.1403
Bodega	171.3244*	172.6653*	173.8318*	171.8929*
Ascensor	3.0884	0.8835	0.5363	2.9816
Avenida	158.2917*	164.1127*	167.9563*	159.9478*
Calle	267.2855*	272.0937*	274.8061*	271.1803*
Distancia de la clínica	0.0104	0.0071	0.0050	0.0027
Distancia del hospital	0.0149	0.0198	0.0198	0.0201
Distancia del colegio	0.0121	0.0156	0.0180	0.0421
Distancia del área verde	0.1929**	0.1844*	0.1799*	0.1828*
Cambio en el acervo de viviendas	0.0134*	0.0134*	0.0134*	0.0133*
Anuncio	138.1372*	154.3929*	119.0397*	160.2813*
Anuncio*distancia	0.1002*	0.1274*	0.0883*	0.1051*
Anuncio*distancia ²	—	0.0000		
Distancia metro	0.0535*	0.0575*		
Distancia metro ²			0.0000**	0.0000**
Anuncio*distancia*D1000				0.0647**
Constante	937.4802*	950.6412*	918.4153*	946.3562*
Ficticias comunales	Sí	Sí	Sí	Sí
Ficticias mensuales	Sí	Sí	Sí	Sí
Ficticias anuales	Sí	Sí	Sí	Sí
R ²	0.7154	0.7154	0.7154	0.7155
F	475.99	465.62	473.22	464.05

CUADRO 3. *Estimación de elasticidades para el anuncio de la construcción de la línea 4*

<i>Variable</i>	(1)	(2)	(3)	(4)
Superficie	0.9111	0.9112	0.9112	0.9125
Dormitorios	0.0526	0.0533	0.0537	0.0532
Baños	0.1063	0.1067	0.1066	0.1059
Vivienda nueva	0.1490	0.1489	0.1490	0.1496
Bodega	0.0441	0.0444	0.0447	0.0442
Avenida	0.0225	0.0234	0.0239	0.0228
Calle	0.0589	0.0599	0.0605	0.0597
Distancia del área verde	0.0212	0.0203	0.0198	0.0201
Cambio en el acervo de viviendas	0.1415	0.1411	0.1408	0.1406
Anuncio	0.0470	0.0526	0.0405	0.0546
Anuncio*distancia	0.0521	0.0663	0.0459	0.0547
Distancia metro	0.0302	0.0325		
Distancia metro ²			0.0148	0.0157
Anuncio*distancia*D1000				0.0061

refleja una distribución no uniforme en la capitalización anticipada del acceso. Tal como predice la teoría, el aumento en el valor de un departamento disminuye al aumentar la distancia respecto a la estación más cercana del metro. El coeficiente estimado muestra una disminución en el efecto del metro de entre 0.088 y 0.127 UF por cada metro que se aleja la ubicación del departamento respecto a la estación más cercana.

De particular interés son los resultados del modelo 4, ya que a diferencia de los otros tres incluye la variable D1000 interactuada con las variables *distancia* y *anuncio*. Tal como se dijo líneas arriba, esta variable separa las viviendas dentro de un radio de mil metros respecto a cada estación del metro del resto. Dado que el mayor efecto del metro ocurre dentro de este radio, esta variable permite separar un grupo de departamentos con tratamiento de otro grupo sin tratamiento, constituyéndose de esta manera en un estimador de diferencias en diferencia. Los resultados de este modelo muestran una capitalización de 160 UF en el valor de los departamentos después del anuncio de la construcción del metro. La capitalización es mayor mientras más cercano a la estación se encuentra el departamento, aumentando su precio a una tasa de 0.065 UF por cada metro adicional de cercanía a la estación de metro más cercana. Es importante destacar que este último efecto es estadísticamente no lineal, ya que el coeficiente para la distancia al cuadrado es estadísticamente significativo. Sin embargo, el coeficiente estimado es muy

cercano a 0. El cuadro 3 muestra la estimación de los coeficientes de elasticidad punto para las cuatro especificaciones del modelo 1.

2. Capitalización en el momento de la ingeniería básica

El cuadro 4 muestra los resultados de la estimación para el caso en que la variable de tratamiento es el conocimiento del proyecto de *ingeniería básica*. Tal como se dijo líneas arriba, el proyecto de ingeniería básica otorga certeza respecto a la localización de las estaciones del metro. El coeficiente de la

CUADRO 4. *Estimación para el anuncio de la ingeniería básica*

Variable	(1)	(2)	(3)	(4)
Superficie	29.1227*	29.1078*	29.1364*	29.1551*
Dormitorios	52.9836**	54.0849**	53.6996**	53.3503**
Baños	143.9272*	146.0925*	144.1968*	143.7058*
Vivienda nueva	697.4616*	699.1116*	696.4032*	697.2848*
DFL2	19.7578	25.5256	21.6497	21.8592
Estacionamiento	18.6259	16.7756	17.9881	18.6841
Bodega	174.1035*	177.2257*	175.1085*	174.0034*
Ascensor	5.3244	2.0426	3.4978	1.8076
Avenida	161.4116*	176.7520*	165.4532*	160.6796*
Calle	270.9603*	283.2493*	274.8886*	272.0019*
Distancia a la clínica	0.0143	0.0039	0.0124	0.0117
Distancia del hospital	0.0160	0.0274	0.0227	0.0227
Distancia del colegio	0.0163	0.0239	0.0182	0.0171
Distancia del área verde	0.1864*	0.1637*	0.1804*	0.1806*
Cambio en el acervo de viviendas	0.0115**	0.0115**	0.0115**	0.0115**
Ingeniería básica	160.7279*	206.0614*	164.9638*	188.5718*
Ingeniería básica *distancia	0.0612*	0.1392*	0.0645*	0.0738*
Ingeniería básica *distancia ²		0.0000**		
Distancia metro	0.0076	0.0164		
Distancia metro ²			0.0000	0.0000**
Ingeniería básica *distancia*D1000				0.0421
Constante	983.9981*	1 028.9350*	983.0360*	991.3707*
Ficticias comunales	Sí	Sí	Sí	Sí
Ficticias mensuales	Sí	Sí	Sí	Sí
Ficticias anuales	Sí	Sí	Sí	Sí
R ²	0.7154	0.7156	0.7154	0.7155
F	477.26	464.86	477.75	467.57

CUADRO 5: *Estimación de elasticidades para el anuncio de la ingeniería básica*

<i>Variable</i>	(1)	(2)	(3)	(4)
Superficie	0.9111	0.9106	0.9115	0.9121
Dormitorios	0.0524	0.0535	0.0531	0.0528
Baños	0.1055	0.1071	0.1057	0.1053
Vivienda nueva	0.1479	0.1483	0.1477	0.1479
Bodega	0.0448	0.0456	0.0451	0.0448
Avenida	0.0230	0.0252	0.0236	0.0229
Calle	0.0597	0.0624	0.0605	0.0599
Distancia al área verde	0.0205	0.0180	0.0198	0.0199
Cambio en el acervo de viviendas	0.1215	0.1213	0.1210	0.1216
Ingeniería básica	0.0456	0.0584	0.0468	0.0534
Ingeniería básica*distancia	0.0269	0.0612	0.0283	0.0325
Ingeniería básica*distancia ²		0.0202		

CUADRO 6: *Efecto en el precio de un departamento promedio según distancia al metro*
(Porcentaje)

	<i>Distancia</i>				
	0-200	201-400	401-600	601-800	801-1000
% anuncio	3.70	3.20	2.70	2.23	1.76
% ingeniería básica	4.68	4.23	3.78	3.34	2.90

variable *ingeniería básica* es positivo y estadísticamente significativo. El estimador punto refleja una capitalización de entre 161 y 206 UF, equivalente a un aumento promedio entre 4.5% y 5.7%, mayor que el estimado para el momento del anuncio de la construcción de la nueva línea 4.

Al igual que en los resultados anteriores, el grado de capitalización depende de manera importante de la distancia respecto a la estación más cercana. La interacción de las variables *ingeniería básica* y *distancia* captan este efecto y, como se observa en el cuadro, el coeficiente estimado es negativo y estadísticamente significativo, lo que refleja un menor precio en un rango entre 0.061 y 0.139 UF por cada metro adicional de distancia respecto a la estación más cercana. El cuadro 5 muestra la estimación de los coeficientes de elasticidad punto para las cuatro especificaciones del modelo 2.

Es importante señalar que los resultados de los cuadros 2 y 4 son robustos tanto a otras especificaciones de cada modelo como a estructuras de error más flexibles. En particular, para descartar la posibilidad de proble-

mas de correlación residual entre comunas¹⁸ se estimó un sistema de ecuaciones comunales con SUR (*Seemingly Unrelated Regressions*). La prueba de Breush-Pagan de independencia de ecuaciones no rechazó la hipótesis de que la matriz de varianzas-covarianzas del sistema es diagonal.

Finalmente, el cuadro 6 muestra los cambios porcentuales promedios en el valor de los departamentos como resultado del anuncio de la construcción de una nueva línea del metro y del proyecto de ingeniería básica considerando la distancia a la estación del metro más cercana.

Si bien el efecto promedio en el precio de los departamentos que tiene la construcción de la línea 4 del metro, entre 2.9 y 4.7% según la distancia, es importante en magnitud, es probable que dicho efecto sea aún mayor por dos razones: i) que la nueva línea de metro aún no comienza a operar y de acuerdo con conversaciones con algunos corredores de propiedades, es muy probable que los precios de venta aumenten cuando el metro ya se encuentre en operación y ii) hay razones teóricas y evidencia empírica que las respalda respecto a la posibilidad de que una fracción del efecto del metro se capitalice en los salarios de los individuos que viven en las comunas por donde pasa el metro (Roback, 1980 y 1982; Blomquist *et al*, 1988; Gyourko y Tracy, 1989 y 1991). Es posible entonces que la capitalización estimada en las viviendas subestime la capitalización total ocurrida producto de la construcción de la nueva línea 4 del metro de Santiago.

3. Efecto fiscal de la capitalización

Uno de los efectos indirectos más importantes que potencialmente tiene la capitalización del metro en el precio de las viviendas es que al subir éstas de valor aumentaría la recaudación del impuesto a las propiedades. Para que este efecto se materialice sólo es necesario que el servicio de impuestos internos reavalúe las propiedades en las comunas por las que pasa la nueva línea del metro. El cambio en la recaudación (R) se puede calcular como:

$$R = \sum_{i=1}^n t_{vi} BI_i \quad (11)$$

en que BI es el cambio en la base imponible y t_{vi} es la alícuota impositiva, la cual es función del valor de la propiedad.¹⁹

¹⁸ Es posible que exista, por ejemplo, algún grado de correlación espacial entre los precios de comunas adyacentes.

¹⁹ Los predios no agrícolas destinados a la habitación, gozarán de un monto de avalúo exento de

Con los resultados de nuestras estimaciones y la ecuación (11) estimamos los potenciales cambios en la base imponible (avalúo fiscal) y en la recaudación por contribuciones de bienes raíces no agrícolas. Para estos efectos consideramos sólo los 3 194 departamentos que se encuentran a una distancia inferior a mil metros respecto a la estación del metro más cercana correspondiente a la línea 4.

En el cuadro 7 se presenta los principales resultados para cada uno de los cuatro modelos estimados, suponiendo que el aumento en el avalúo fiscal de cada departamento aumenta de manera proporcional a la capitalización ocurrida producto del anuncio de la ingeniería básica. En el caso A se supone que el aumento en el avalúo fiscal se realiza independiente de la distancia de cada departamento a la estación del metro más cercana. En el caso B se asume que el aumento en el avalúo fiscal considera que el grado de capitalización depende de la distancia entre el departamento y la estación del metro más cercana.

CUADRO 7. *Cambio porcentual en la recaudación del impuesto a las propiedades*

	(Porcentaje)				
(%)	(1)	(2)	(3)	(4)	Medio muestra
Recaudación por contribuciones A	8.00	10.49	8.23	9.52	9.06
Recaudación por contribuciones B	6.03	5.90	6.14	7.08	6.29

Como se observa en el cuadro, la capitalización del valor del metro en el precio de las viviendas puede producir un aumento en la recaudación por contribuciones pagadas por los departamentos en la muestra entre 8 y 10.5% si el reavalúo no considera la distancia al metro y entre 6 y 7% si considera que a mayor distancia del metro la capitalización es menor. Este aumento estimado en la recaudación del impuesto a las propiedades corresponde a entre 1.3 y 1.9% del costo de inversión de la nueva línea 4 del metro. Sin embargo, es importante señalar que el efecto estimado en la recaudación ha sido calculado para una muestra de departamentos que corresponde a cerca de 10% de todos los departamentos que se encuentran dentro del área de influencia de las estaciones de la nueva línea 4 de metro. Si el efecto para el

impuesto territorial de 10 878 522 pesos al 1 de enero de 2005. La alícuota correspondiente a bienes raíces no agrícolas destinados a la habitación es de 1.2% al año, en la parte de la base imponible que no exceda de 37 526 739 pesos del 1 de enero de 2005, y 1.4% al año, en la parte de la base imponible que exceda del monto señalado.

otro 90% de la población (33 911 departamentos en total según censo 2002) es similar en promedio, el aumento en la recaudación total sería de entre 29 261 y 92 772 UF anuales, lo cual corresponde a entre 14.5 y 20.2% del costo de inversión del metro.²⁰

Aunque el aumento estimado en la recaudación no permite cubrir los costos de inversión de la nueva línea 4 del metro, es importante señalar que este aumento estimado constituye un límite inferior por varias razones. En primer lugar, la estimación supone que no se incorporarán nuevos proyectos inmobiliarios en los próximos 40 años. En segundo lugar, no se incorpora el aumento en el valor de 86 691 casa nuevas y usadas dentro del rango de mil metros de cada estación de la línea 4 en las comunas de la muestra. En tercer lugar, no se considera el aumento en la recaudación por el mayor valor de las viviendas en las comunas de La Granja, San Ramón, La Pintana, La Cisterna y El Bosque, todas las cuales tienen también estaciones de la línea 4 del metro en su territorio. Por último, no se considera el aumento en la recaudación producto de patentes comerciales.

CONCLUSIONES

Las inversiones en infraestructura pública de transporte, al tener como efecto, en general, una reducción en los tiempos de traslado de las personas, modifican las preferencias por localizaciones de los consumidores y, en el mediano o largo plazos, cambian la configuración urbana.

En el caso de la ciudad de Santiago de Chile el metro constituye una de las inversiones más importantes en materia de infraestructura pública de transporte y el gobierno decidió en 2001 ampliar la red del metro de manera importante, extendiendo las líneas 2 y 5 y construyendo la nueva línea 4. La construcción de esta nueva línea del metro tiene efectos importantes en la ciudad y genera varias externalidades positivas en el entorno, por lo que la evaluación de su efecto es importante para las políticas públicas. El efecto del metro tiene consecuencias relevantes en las políticas de planeación urbana, las políticas de transporte e incluso la política tributaria. Además, desde el punto de vista privado, el efecto del metro tiene una consecuencia importante como señal para el desarrollo de proyectos inmobiliarios.

Este trabajo utiliza una base de datos única para estudiar uno de los muchos

²⁰ Suponiendo una vida útil de 40 años y una tasa de descuento de 8% (la vida útil estimada para los trenes del metro es de 40 años y para la infraestructura y rieles es de 100 años).

efectos que produce la construcción de una nueva línea de metro, la valorización del entorno. En particular, utilizando una metodología que combina regresiones hedónicas con la estimación de *average treatment effects*, estudiamos el grado de capitalización del acceso a la red del metro en el precio de los departamentos. Dado que la nueva línea 4 del metro de Santiago aún no entra en operación, los efectos estimados corresponden a la capitalización anticipada del valor de esta nueva línea del metro en el precio de los departamentos.

Nuestros resultados muestran un efecto importante de capitalización anticipada producto de la construcción de la nueva línea de metro. El valor promedio de los departamentos aumentó entre 3.3 y 4.4% después del anuncio de construcción y entre 4.4 y 5.7% después del conocimiento del proyecto de ingeniería básica que fijó la ubicación de las estaciones. El grado de capitalización depende de la distancia a la estación del metro más cercana, y decrece a una tasa de entre 0.06 y 0.14 UF por cada metro adicional de lejanía respecto a la estación más cercana.

Un aspecto relevante de considerar para futuras expansiones de la red del metro es la posibilidad de financiar parte de estas expansiones con un aumento en la tasa de impuesto a la propiedad que permita capturar por parte del Estado, que es el que realiza la inversión, el aumento en el valor de las viviendas producto de la construcción de una nueva línea del metro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Mosaind, M., K. Mueker y J. Strathman (1994), "Light Rail Transit Stations and Property Values: A Hedonic Price Approach", *Transportation Research Record* 1400, pp. 90-94.
- Alonso, W. (1964), *Location and Land Use: Toward a General Theory of Land Rent*, Cambridge, Harvard University Press.
- Angrist, J., G. Imbens y D. Rubin (1996), "Identification of Causal Effects Using Instrumental Variables with Discussion", *Journal of the American Statistical Association* 91, pp. 444-472.
- Armstrong, R. (1994), "Impacts of Commuter Rail Service as Relected in Single-Family Residential Property Values", Preprint, Transportation Research Board, 73 Annual Meeting.
- Bajic, V. (1983), "The Effects of a New Subway Line on Housing Prices in Metropolitan Toronto", *Urban Studies* 20, pp. 147-158.
- Bartik, T. J. (1987), "The Estimation of Demand Parameter in Hedonic Price Models", *Journal of Political Economy* 95, pp. 81-88.

- Block, R., y C. Block (2000), "The Bronx and Chicago: Street Robbery in the Environs of Rapid Transit Stations", V. Goldsmith, P. McGuire, J. Mullenkopf y T. Ross (comps.), *Analyzing Crime Patterns*, Sage Publications Inc.
- Blomquist, G., M. Berger y J. Hoenh (1988), "New Estimates of Quality of Life in Urban Areas", *American Economic Review* 78, pp. 89-107.
- 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.
- Damm, D., S. Lerman, E. Lerner-Lam y J. Young (1980), "Response of Urban Real Estate Values in Anticipation of the Washington Metro", *Journal of Transport Economics and Policy*, septiembre.
- Debrezion, G., E. Pels y P. Rietveld (2003), "The Impact of Railway Stations on Residential and Commercial Property Value: A Meta Analysis", Department of Spatial Economics, Free University, Amsterdam.
- Deweese, D. N. (1976), "The Effect of a Subway on Residential Property Values in Toronto", *Journal of Urban Economics* 3, pp. 357-369.
- Dornbusch, D. (1975), "BART-Induced Changes in Property Values and Rents, in Land Use and Urban Development Projects, Phase I, BART: Final Report", U.S. Department of Transportation and U.S. Department of Housing and Urban Development, Working Paper WP 21-5-76.
- Dueker, K., H. Chen y A. Rufolo (1998), "Measuring the Impact of Light Rail Systems on Single-Family Home Values", *Transportation Research Record* 1617, pp. 38-43.
- Freeman, A. M. (1979), *The Hedonic Approach to Measuring Demand for Neighbourhood Characteristics*, in *The Economics of Neighbourhood*, Nueva York, Academic Press.
- 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.
- Gibbons, S., y S. Machin (2005), "Valuing Rail Access Using Transport Innovations", *Journal of Urban Economics* 57, pp. 148-169.
- Gramlich, E. M., y D. L. Rubinfeld (1982), "Micro Estimates of Public Spending Demand Functions and tests of the Tiebout and Median-Voter Hypotheses", *Journal of Political Economy* 90, pp. 536-560.
- Grass, R. G. (1992), "The Estimation of Residential Property Values around Transit Station Sites in Washington, D. C.", *Journal of Economics and Finance* 16, pp. 139-146.
- Gyourko, J., y J. Tracy (1989), "Local Public Sector Rent-seeking and Its Impact on Local Land Values", *Regional Science and Urban Economics* 19, páginas 493-516.
- , y — (1991), "The Structure of Local Public Finance and the Quality of Life", *The Journal of Political Economy* 99, pp. 774-806.

- Hamilton, B. W. (1976), "Capitalization of Intra-jurisdictional Differences in Local Tax Prices", *American Economic Review* 66, pp. 743-753.
- Heckman, J., H. Ichimura y P. Todd (1997), "Matching as an Econometric Evaluation Estimator: Evidence from Evaluating a Job Training Programme", *Review of Economic Studies* 64, pp. 605-654.
- Lee, D. B. (1973), "Case Studies and Impacts of BART on Prices of Single Family Residences", University of California, Institute of Urban and Regional Development, Berkeley.
- McDonald, J., y C. Osuji (1994), "The effect of Anticipated Transportation Improvement on Residential Land Values", *Regional Science and Urban Economics* 25, pp. 261-278.
- McMillen, D., y J. McDonald (2004), "Reaction of House Prices to a New Rapid Transit Line: Chicago's Midway Line, 1983-1999", *Real Estate Economics* 32, pp. 463-486.
- Mills, E. S. (1967), "Transportation and Patterns of Urban Development", *American Economic Review* 57, pp. 197-210.
- Muth, R. (1969), *Cities and Housing*, University of Chicago Press.
- Plano, S. L. (1993), "Transit-Generated Crime: Perception versus Reality", Transportation Research Board (comp.), *Public Transit: Current Research in Planning, Marketing, Operations, and Technology*, National Research Council, Washington.
- Poister, T. H. (1996), "Transit Related Crime in Suburban Areas", *Journal of Urban Affairs* 18.
- Roback, J. (1980), "The Value of the local Urban Amenities. Theory and Measurement", tesis doctoral, University of Rochester.
- (1982), "Wages, Rents, and the Quality of Life", *Journal of Political Economy* 90, pp. 1257-1278.
- Rosen, S. (1974), "Hedonic Pricing and Implicit Markets: Product differentiation in Pure Competition", *Journal of Political Economy* 82, pp. 34-55.
- Rosenbaum, P., y D. B. Rubin (1983), "The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects", *Biometrika* 70, pp. 41-55.
- Rubin, D. B. (1974), "Estimating Causal Effects of Treatments in Randomized and Non-randomized Studies", *Journal of Educational Psychology* 66, pp. 688-701.
- Rubinfeld, D. (1987), "The Economics of the Local Public Sector", A. Auerbach y M. Feldstein (comps.), *Handbook of Public Economics*, vol. II, Elsevier Science Publishers.
- Vesalli, K. (1996), "Land Use Impacts of Rapid Transit: A Review of the Empirical Literature", *Berkeley Planning Journal* 11, pp. 71-105.
- Voith, R. (1991), "Capitalization of Local and Regional Attributes Into Wages and Rents: Differences and Mixed-Use Communities", *Journal of Regional Science* 31, pp. 127-145.

- Von Thünen, J. (1863), *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft and Nationale Konomie*, Munich, Pflaum.
- Wingo, L. (1961), "Transportation and Urban Land", *Resources for the Future*, Washington.
- Yinger, J. (1982), "Capitalization and the Theory of Local Public Finance", *Journal of Political Economy* 90, pp. 917-943.