

¿IMPACTA LA FUTURA LÍNEA DE METRO EN LOS PRECIOS DE DEPARTAMENTOS?¹

UN ESTUDIO PARA ÑUÑO A Y SANTIAGO CHILE

DOES THE FUTURE METRO LINE IMPACT THE PRICES OF APARTMENTS?
A STUDY FOR ÑUÑO A AND SANTIAGO CHILE

84

CARLOS ANDRÉS AGUIRRE NUÑEZ ²
CHRISTIAN ALEXIS SANDOVAL FERNÁNDEZ ³
JORGE ALLIENDE BARBERÁ ⁴

- 1 El desarrollo de esta investigación se realizó en base a la tesis para optar al título de Constructor Civil "Estimación del impacto en el precio de departamentos nuevos en las futuras líneas del metro", realizada en la Universidad Mayor
- 2 Magister en Gestión y valoración urbana
Escuela de Construcción Universidad de las Américas
Candidato a Doctor en Gestión y Valoración urbana en el Centro de Política d Suelo y Valoraciones, de la UPC, España
<https://orcid.org/0000-0001-7556-8352>
caguirre@udla.cl
- 3 Constructor Civil
Escuela de Construcción Civil, Universidad Mayor
<https://orcid.org/0000-0002-2187-3236>
c.sandovalfernandez@gmail.com
- 4 Magister en dirección de empresas constructoras e inmobiliarias
Escuela de Construcción Civil, Universidad Mayor
Director de la Escuela de Construcción Civil
<https://orcid.org/0000-0001-6289-2807>
jorge.alliende@umayor.cl

DOI: <https://doi.org/10.22320/07183607.2018.21.38.07>



La investigación que se expone busca discutir el impacto en el precio de departamentos nuevos, estimando el efecto de la distancia a estaciones de metro de la nueva línea 3, en Santiago de Chile. El estudio se lleva a cabo específicamente en las estaciones Parque Almagro, Matta e Irarrázaval, bajo la premisa de que las estaciones de metro generaran una capitalización anticipada en el precio. Para ello, se realizan distintos análisis, desde la determinación de similitud de los precios según su distancia a las estaciones, hasta la generación de regresiones multivariadas, para calcular el llamado precio hedónico. Se concluye que en la zona existe un impacto medible en el precio de la distancia a la estación del metro, que se expresa con un factor positivo en la regresión hedónica.

Palabras clave: precios hedónicos, atributos inmobiliarios, Santiago de Chile

The research seeks to discuss the impact on the price of new apartments, estimating the effect of the distance to metro stations, from the new line 3. The study will be carried out specifically at the Parque Almagro, Matta and Irarrázaval stations, under the premise that the metro stations generated an anticipated capitalization in the price. Different analyzes are carried out, from the determination of similarity of prices according to their distance to the stations, to the generation of multivariate regressions, hedonic price. It is concluded that in the area there is a measurable impact on the price of the distance to the metro station, expressing itself with a positive factor in the hedonic regression.

Keywords: Hedonic prices, real state attributes, Santiago of Chile.

I. INTRODUCCIÓN

En el mercado de la vivienda existen distintos factores que determinan su precio, como los atributos propios del inmueble -el número de dormitorios o el número de baños- o las características del entorno en el que este se ubica. Complementariamente, la accesibilidad a los lugares de trabajo y ocio es un elemento de atracción de demanda. Este atributo vuelve, por tanto, más atractiva a los potenciales usuarios la cercanía a los puntos de comunicación, como las estaciones del metro, lo que produce un efecto sobre el precio de viviendas (Alonso, 1964; Rosen, 1974).

El metro ha sido el principal causante de la transformación de la ciudad de Santiago y ha mejorado la calidad de vida de las personas (Aguirre y León 2008). A medida que la ciudad se va expandiendo requiere de inversiones constantes por parte de las autoridades para el aumento de la infraestructura. Además, las estaciones de metro generan concentración y demanda de población en algunos sectores específicos, provocando, en la mayoría de los casos, alzas en los precios de suelo. En efecto, la ubicación de una nueva línea de metro genera un incremento en el precio de las viviendas. Sin embargo, existe un proceso muy difuso de traslados de plusvalías urbanas.

Este artículo trata de estimar el efecto de la creación de la nueva línea 3 de metro en las comunas de Santiago y Nuñoa (Área Metropolitana de Santiago), y, específicamente, en las nuevas estaciones Parque Almagro y Matta, y en la estación Irrazaval. De igual forma, busca establecer elementos básicos de juicio sobre este punto, cuantificando este aumento de precio de departamentos que evidencia la plusvalía del sector ante la acción del Estado.

II. MARCO TEÓRICO

Los precios hedónicos y su aplicación al mercado inmobiliario

El precio de una vivienda es función de los distintos atributos que la componen, tanto propios de la vivienda como asociados a su localización. La metodología más empleada para cuantificar el impacto en el precio de bienes inmuebles es el uso de la técnica de los "precios hedónicos". Para el cálculo del equilibrio de precios hedónicos se emplea la información sobre los precios de venta y el set de características de las propiedades (Rosen, 1974), que se dividen en tres grupos:

- (1) Atributos de la casa y el terreno, tales como dormitorios, baños, metros cuadrados construidos y de terreno, entre otros.
- (2) Atributos de la zona.
- (3) Atributos de la ubicación, como cercanía a centros de comercio y trabajo, o en su defecto, cercanía al transporte público.

El modelo crea una función de precio cuyos parámetros son los atributos del bien raíz a analizar. La aplicación estándar del método ocupa la siguiente ecuación de precio:

(1)

Donde P corresponde al precio del bien raíz, el cual será determinado por la función multivariada (1) $f(x)$, en la que:

I: Características inherentes al inmueble (superficie del terreno, superficie construida, arquitectura y diseño, calidad de materiales, etc.).

V: Características del vecindario (nivel socioeconómico, seguridad, tipo de residentes, etc.).

U: Características de ubicación del bien raíz (área residencial comercial o industrial, distancia geográfica y accesibilidad).

Z: Características determinadas por la ubicación del bien raíz en el plano regulador.

E: Externalidades presentes en el entorno (áreas verdes, contaminación, etc.).

La forma funcional f en (1) indica que a medida que aumenta la cantidad de un atributo, por ejemplo, la superficie, la magnitud del impacto sobre el precio final no se calcula como una razón constante ya que cada atributo cuenta con aportes marginales diferentes, como se observa en la forma funcional (2).

(2) Así, los factores denominados son los atributos de la i -ésima de la vivienda. Estos son los argumentos de la función por tanto conocidos y son los parámetros asociados al atributo x_i , estimados mediante el método; y_i , un error aleatorio que representa las variables no medidas. Cada uno de estos factores x_i , representaría el aporte marginal de cada uno de los atributos al precio de transacción.

El precio estimado a partir de la función de precios hedónicos permite prever las preferencias hacia los atributos, donde los coeficientes de la regresión β_i , se transforman en los precios marginales de cada atributo. A partir de una ecuación hedónica es posible elaborar un modelo de determinación y simulación de precios capaz de determinar cuánto valora el mercado el cambio en alguna característica del proyecto (por ejemplo, una nueva estación de metro). El proceso de venta de una vivienda comienza cuando un vendedor toma la decisión de vender, al tomar esta decisión busca opciones de venta como corredores de propiedades y se analizan los posibles compradores. Por su parte, el comprador compara los distintos precios y atributos de las viviendas para dar paso a la parte final del proceso, la negociación, donde ambas partes se ponen de acuerdo respecto al precio final del inmueble y concretan la transacción. Según Lazear (1986), cuando la demanda de un producto es incierta y los cambios de precios son permitidos a través del tiempo, el precio inicial y el tamaño de la reducción de precio incrementales estarían en función del número de periodos, y en este tiempo el vendedor puede aprender respecto de la valoración del comprador. Taylor (1999) proporciona otra teoría multi-periodo de la lista de precios basada en el aprendizaje del comprador (Li et al., 2015; Grimes, 2013). Mathur y Ferrell

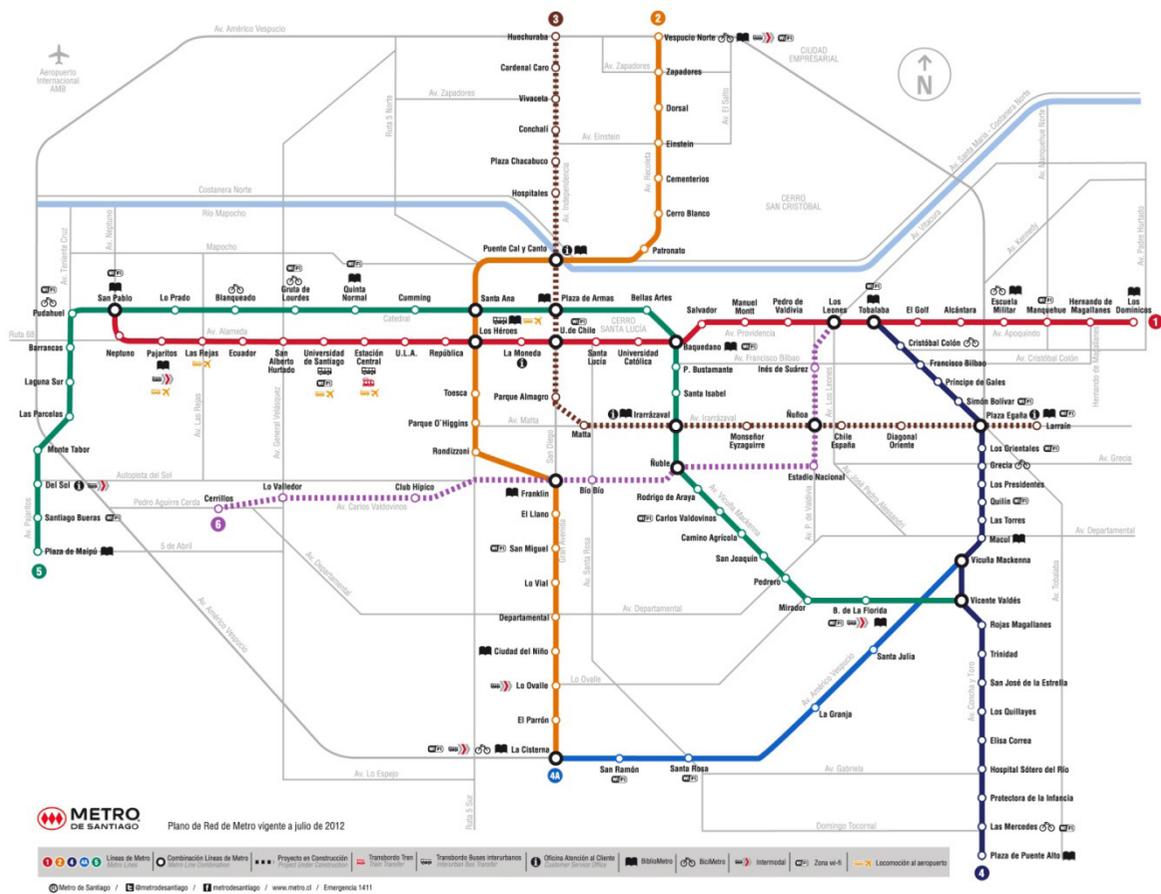


Figura 1. Mapa de las líneas de metro de Santiago de Chile. Fuente: www.metro.cl

(2013) y Mohammad et al. (2013), en tanto, establecen que estas características, los atributos inmobiliarios, cuentan con una valoración diferencial en el tiempo y con los rangos de accesibilidad.

Otros estudios sobre precios hedónicos

Guo y Qu (2018) indican que el impacto de mejoras de transporte sobre el precio de viviendas es un tema controvertido y no tan evidente como se puede sospechar. Diferentes estudios difieren en el enfoque exacto con el que abordar el problema, pero la idea general es emplear información empírica para implementar un modelo que analice las variaciones de precios entre el antes y el después del fenómeno estudiado. Dentro de estas investigaciones, la variable dependiente es el precio de transacción o de arriendo de las propiedades observadas, mientras que las variables analíticas son los atributos propios de las viviendas, el entorno y la cercanía a la mejora en acceso. Esta última se mide según las posibilidades de cada autor, siendo

comúnmente utilizada la distancia en línea recta a la estación más cercana, y menos empleada el tiempo de desplazamiento hacia ella (Bajic, 1983) y el ahorro en tiempos de transporte. En esta línea, existen numerosos trabajos que han relacionado el valor de las propiedades con la cercanía a estaciones de metro u otro sistema de transporte en base a rieles (Aguirre y León, 2008; Agostini y Palmucci, 2005), estableciendo impactos positivos pero diferentes según el momento de la medición, el tipo de vía (viaducto, trinchera o subterráneo) y las diferencias por comuna.

En Estados Unidos, para distintos sistemas de trenes llegan a resultados mixtos, como es el caso del estudio de viviendas unifamiliares dentro de 21 millas alrededor de estaciones del sistema de Metrorail, en Miami-Dade Conty, Florida (Gatzlaff, 1993): las viviendas cercanas a las estaciones fueron transadas en un 5% más que aquellas ubicadas en otros lugares de Miami, pero también se encontraron diferencias en los precios al aproximarse a la línea y al estudiar el comportamiento de esos precios según los vecindarios, llegando a la conclusión

de que aquellas propiedades ubicadas en barrios en crecimiento presentaron incrementos mayores que aquellas propiedades ubicadas en barrios en decadencia. Pareciera contradictorio al compararlo con el estudio de Nelson (1992) del MARTA (Metropolitan Atlanta Rapid Transit Authority) en Atlanta, sin embargo, si se analiza la causa de dichas diferencias, no lo es, pues en ambas investigaciones se llega a la conclusión de que la relación positiva entre cercanía y precio de la propiedad depende del nivel de valoración entregado a la mejora en accesibilidad. Ahora bien, estudiando el mismo sistema MARTA, Bowes e Ihlanfeldt (2001) aplican un modelo hedónico bajo el cual concluye que las propiedades dentro de un cuarto de milla (400 metros aproximadamente) de la estación de trenes se venden en un 19% menos que propiedades situadas más allá de 3 millas de la estación. Los resultados de este estudio sugieren que las propiedades que están muy cerca de las estaciones son afectadas por las externalidades negativas, pero aquellas ubicadas en una distancia intermedia están por sobre éstas y el beneficio del acceso de transporte proporcionado por la estación.

Gibbons y Machin (2005) analizan los efectos sobre los precios de viviendas de la construcción de nuevas estaciones de metro en el sector sureste de Londres. Para cuantificar los beneficios económicos, se mide de dos formas: a través de la distancia a la estación y según la frecuencia del servicio de acercamiento hasta dicha estación. Con ese fin, se modifica el modelo hedónico tradicionalmente usado en evaluaciones de características urbanas, agregando variables que permiten observar qué ocurre antes y después de la innovación de transporte en áreas afectadas y áreas no afectadas, determinando un radio de 2 km para ello (distancia máxima que la gente está dispuesta a caminar para llegar a la estación: unos 20 a 30 minutos). Resulta así un modelo hedónico que refleja las diferencias en el tiempo (antes y después de la innovación). Hopkins (2018) establece elementos de distancia para el cálculo del impacto de los sistemas de transporte, estableciendo que el rango de media milla, unos 800 metros, logra captar los efectos en las viviendas de estos sistemas.

Para el Metro de Santiago, Anderson y Pérez (1997) cuantifican la capitalización en el precio de terrenos colindantes a las líneas 1 y 2 del metro de Santiago, pero sólo para estaciones de La Cisterna, San Miguel, Las Condes, Providencia, Santiago, Estación Central y Lo Prado, realizando un análisis ex-post del precio de terrenos. Toma como variables explicativas el acceso a comercio, la distancia a la estación de metro más cercana y a la avenida principal. Agostini y Palmucci (2008) estiman el precio de las viviendas cercanas a la línea 4, adaptando el modelo general de renta del suelo presentado por Alonso (1964) e identificando el cambio promedio en el precio de las viviendas. Los resultados de las estimaciones indicaron la existencia de un efecto de capitalización anticipada en el precio de los departamentos de entre 3,3% y 4,4% después del anuncio de la construcción de la línea 4 (mayo de 2001), y entre un 4,4% y 5,7% después del

proyecto de ingeniería básica (octubre 2001). La distribución de estos efectos no es homogénea, sino que varía con la distancia a la estación de metro más cercana. La tasa de apreciación media para un departamento localizado a una distancia de entre 0 y 200 metros de la estación es de 3,7% y 4,68%, después del anuncio y del proyecto de ingeniería básica, respectivamente; mientras que para una distancia entre 800 y 1000 metros es de 1,76% y 2,9%, en cada caso. El cambio medio en la recaudación de impuestos es de UF 5.440 anuales, esto es, un aumento medio de la recaudación de entre 6,29%, sólo para los departamentos que se encuentran dentro del área de influencia de las estaciones, de forma consistente con el estudio de Pan et al. (2014) y Sharma y Newman (2017; 2018).

Principalmente, los beneficios vienen dados por la disminución de los costos de transporte de los usuarios, en relación a la situación antes y después de la mejora en accesibilidad, pero no siempre se consideran todos los factores que de alguna manera influyen en el precio de transacción de las viviendas, siendo este uno de los motivos por lo que el enfoque con que se aborda la investigación y los resultados obtenidos no son uniformes, incluso en estudios de un mismo caso (como lo ocurrido con MARTA en Atlanta). Según Agostini y Palmucci (2008), las divergencias vienen dadas por diferencias metodológicas, capacidad de controlar factores relevantes, tipo de estudio (corte transversal, series temporales y antes y después), como también la imposibilidad de separar efectos. (Devaux, Dubé, y Aparicio, 2017), establecen en el caso de lavan en Canadá, que los valores de impactos son diversos y heterogéneos, tanto por el momento cuando se realizó la compra, como por cuándo se captó el precio y la cercanía a una u otra estación. Otras investigaciones (Dubé et al., 2014) han utilizado y combinado un modelo de diferencia en diferencia espacial (SDID) para tratar posibles variables omitidas espaciales y control de spillovers espaciales sobre precios de transacción. El mismo autor (Dubé, Thériault y Des Rosiers, 2013; 2011) plantea formas de solucionar esta heterogeneidad con distintos métodos, con distintos niveles de eficiencia. Kim and Lahr (2014), por su parte, tratan el mismo fenómeno, incorporando variables características de las viviendas o atributos inmobiliarios. Por otro lado, Lesage y Pace (2014) analizan la distancia comparándola con una regresión hedónica espacial e incorporando una matriz de pesos diferenciados. Por su lado, (Delgado y Florax, 2015) plantean una forma temporal de captar estos efectos, de la misma forma que Efthymiou y Antoniou (2015), quienes tratan estos efectos como un factor autoregresivo en la ecuación que capta los efectos temporales en el aumento diferencial de los factores.

Respecto al metro, (Comber y Arribas-Bell, 2017) presentan, en su estudio sobre Londres, cómo los dueños de viviendas se anticipan aumentando el precio de subasta de sus viviendas y, por ende, generando aumentos de precios especulativos. Malaiham et al. (2018) plantean un análisis asociado a una regresión geográficamente ponderada, donde se calculan tantos coeficientes como elementos existen en la muestra, para

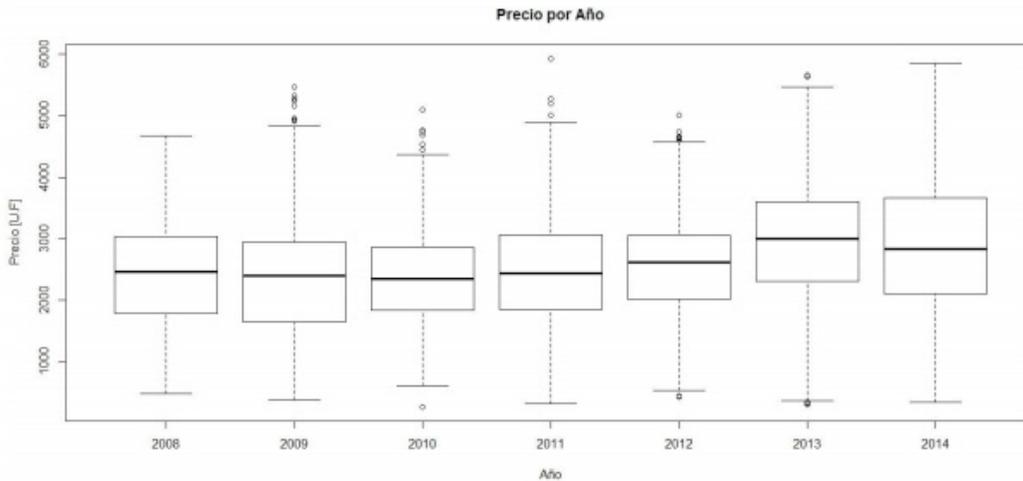


Figura 2. Precios de departamentos nuevos, por año en la zona de influencia de la línea 3 del metro, estación Irrazával. Fuente: Rivas Quesada, J. (2015).

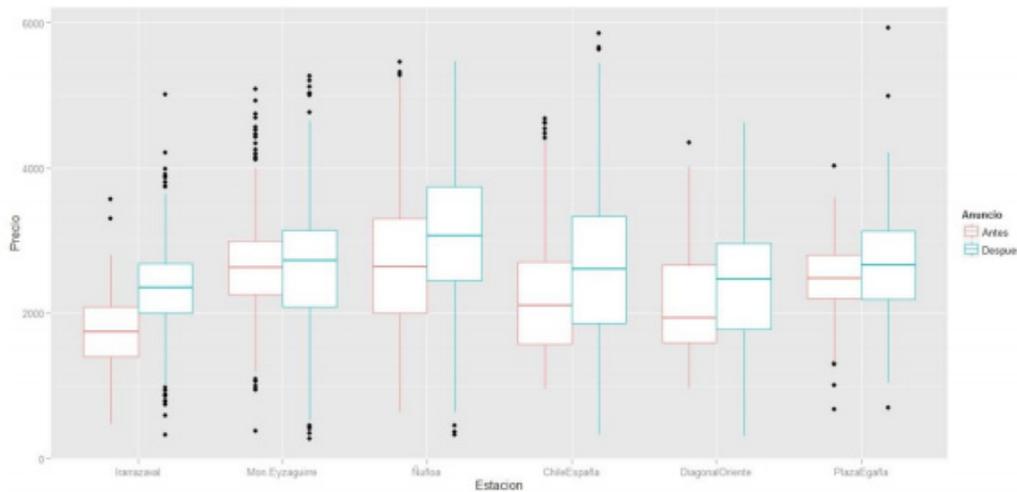


Figura 3. Precios de departamentos nuevos, según estación en la zona de influencia de la línea 3 del metro, estación Irrazával. Fuente: Rivas Quesada, J. (2015).

estaciones de trenes urbanos, en Bangkok, obteniendo mejores valores explicativos de los precios de suelo.

Para el caso específico de la línea 3 del metro, Rivas (2015) demostró un aumento evidente, pero no constante en el valor de los departamentos nuevos en el sector de Irrazával de esta línea (Figura 2), donde se demuestra un cambio significativo de este valor asociado a la estación. En ese sentido, ya en el análisis de la línea 4 (Aguirre y León 2008), dicho valor se había establecido con diferencias evidentes en el impacto según el sector y tipología del metro (subterráneo, en trinchera o en viaducto), con lo cual, para el caso del metro de Santiago, el análisis hedónico, se observa como el mejor método de

análisis para establecer este aumento de plusvalía. En síntesis, esta técnica, permitirá estimar el efecto del aumento del valor, expresado en precio, ante las mejoras de la accesibilidad producto del metro.

III. METODOLOGÍA

Para determinar el efecto de las nuevas estaciones de la línea 3 del metro del Área Metropolitana de Santiago sobre los departamentos nuevos en oferta, se estableció la construcción de una base de datos censal de departamentos vendidos

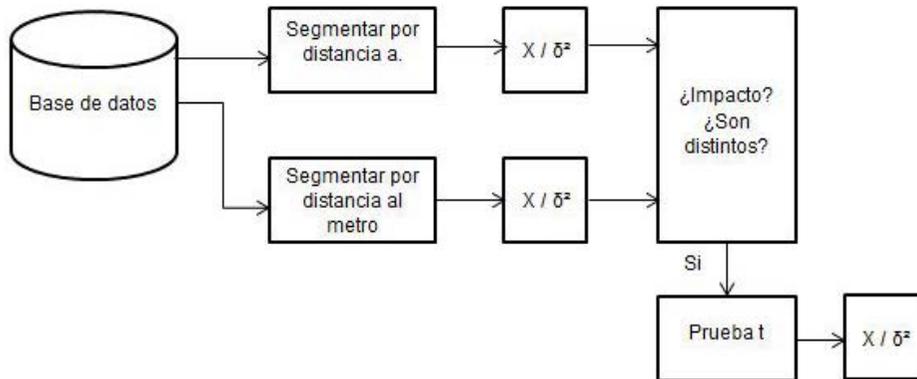


Figura 4. Esquema N°1. Análisis descriptivo. Fuente: Elaboración de los autores

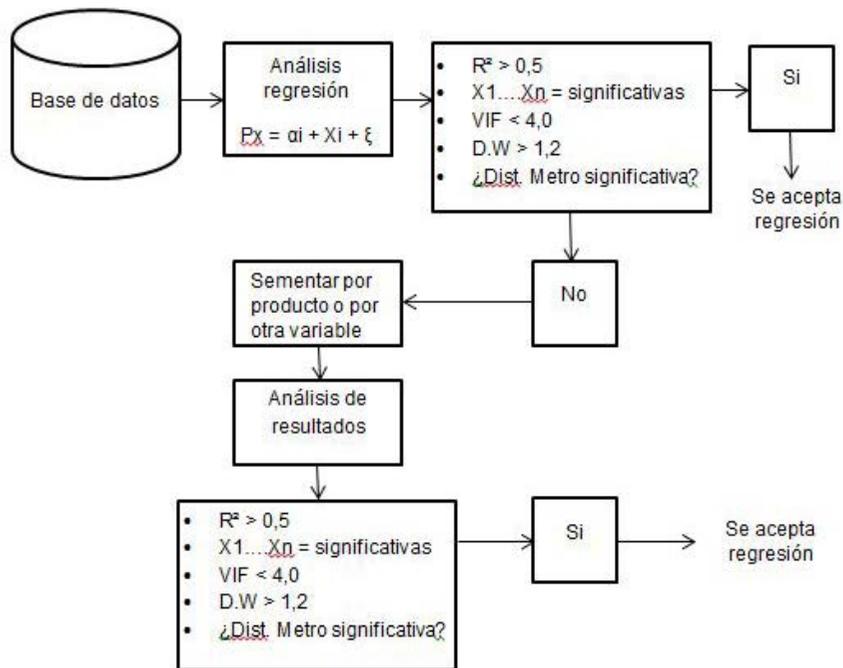


Figura 5. Esquema N°2. Análisis multivariado. Fuente: Elaboración de los autores

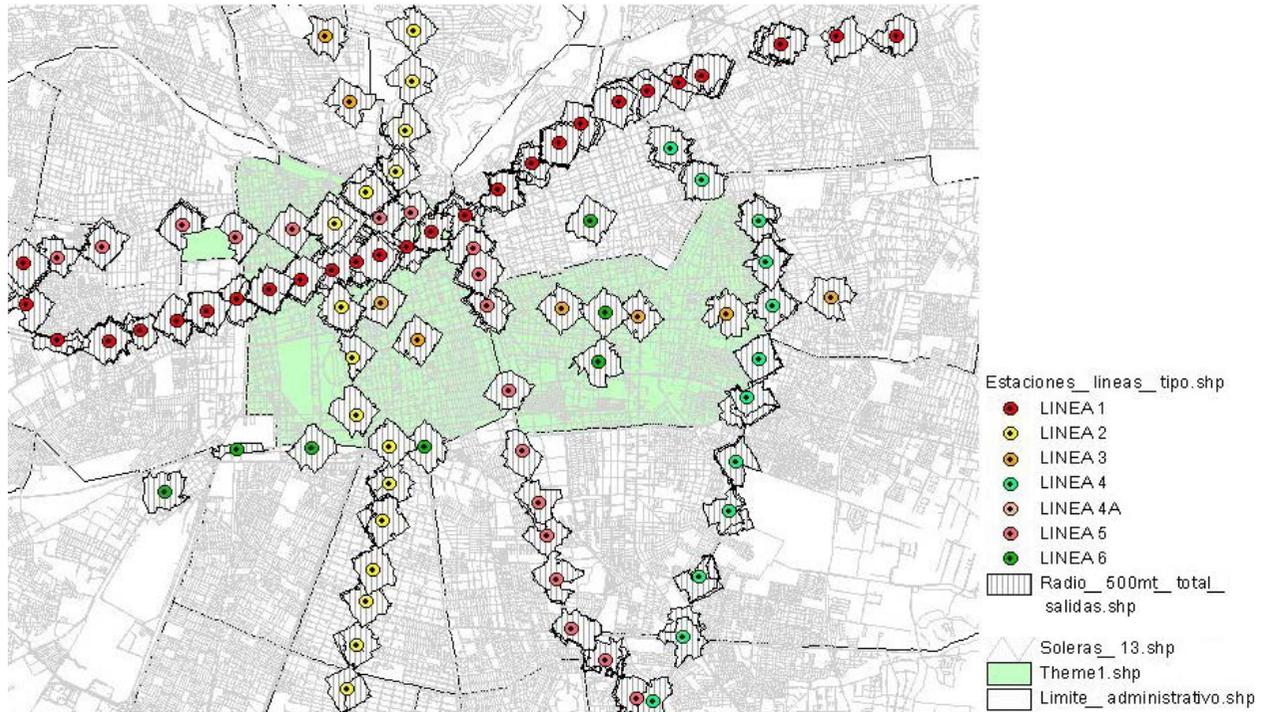


Figura 6. Áreas de influencia de las estaciones del metro. Fuente: Elaboración de los autores



Figura 7. Zonas y edificios analizados (base completa de 250 departamentos). Fuente: Elaboración de los autores.

Figura 8. Zonas y edificios analizados (base completa de 250 departamentos). Fuente: Elaboración de los autores.

(recolectados en Inciti y portalinmobiliario) en el periodo de (2014-2015), una vez que fue anunciada la ubicación de las estaciones. Posteriormente, se analizaron los datos en base a los esquemas expuestos a continuación, uno descriptivo y uno correlacional, donde se calcula el precio hedónico.

En el caso del análisis de precio hedónico, existe una clara autocorrelación entre los atributos de la vivienda -superficie, calidad de las terminaciones y del edificio-, con la distancia a las vías principales. Por esta razón, se deben sintetizar los atributos mediante el uso de un análisis de componentes principales. Los resultados se inscriben en el sector que se muestra en las Figuras 6 a 8. Con el propósito de calcular la distancia al metro, se busca la menor distancia de trayecto desde la ubicación de la vivienda a la estación de metro más cercana; cálculo para el cual se utilizó la plataforma de Google Maps y Arcgis 9.5. Los análisis de distancias versus precios en UF y precios por metro cuadrado se realizaron con el software SPSS 20.

Cabe destacar que los modelos se estimaron sobre una muestra representativa de 250 propiedades inmersas en las áreas de influencia de un número limitado de estaciones, con la finalidad de establecer los impactos diferenciales y estimar un modelo espacial en una futura investigación.

IV RESULTADOS

Cálculo de precios hedónicos

El comportamiento de los precios en UF con respecto a la distancia al metro se observa algo confuso con precios que crecen y decrecen, sin embargo, se puede identificar claramente que las viviendas ubicadas de forma más cercana a las estaciones de metro tienen precios más altos. Al analizar el precio por metro cuadrado se ve que estos aumentan conforme se acerca a la estación de metro más cercana, dado que el tramo que comprende las viviendas ubicadas entre 200 y 300 metros tiene los precios más altos y que estos decrecen en los tramos siguientes. En el Figura 9, se puede observar la tendencia de los precios con respecto a la distancia del metro.

Se encontraron dos grandes grupos de datos y se hizo necesario comparar las medias de cada uno de estos grupos que representan cada uno un proyecto urbano, mediante la prueba de la t de Student. Lo que se busca al realizar esta prueba es que las dos variables no representen lo mismo dentro de la variable dependiente (Precio). En las siguientes tablas se muestran los resultados de la prueba t: la Tabla 2 ilustra la prueba t con respecto al precio en UF y la Tabla 3, la prueba t con respecto a precio por metro cuadrado. Así, se concluye que los proyectos son estadísticamente distintos, ya que los índice t de ambos casos son diferentes para la distancia al metro en relación al precio en UF y al precio en UF por metro cuadrado. Esto evidencia un efecto espacial del precio ante la cercanía al metro.

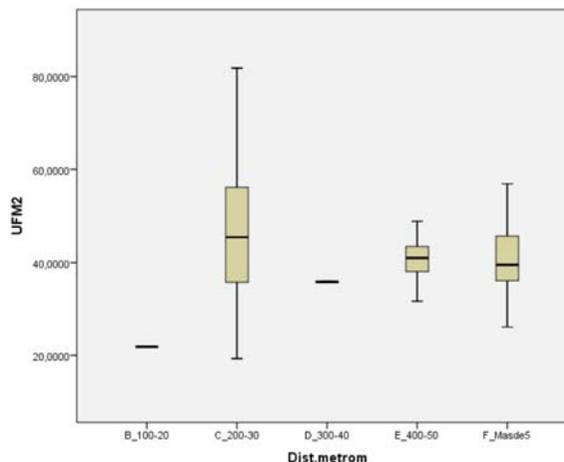


Figura 9. UF/M2 vs. Distancia al Metro. Fuente: Elaboración de los autores en base a datos de Inciti y Google Maps.

Para identificar la correlación existente entre las variables del estudio, se lleva a cabo un análisis de componentes principales, que revela la distribución de los atributos, donde cada uno de ellos se sedimenta en alguno de los componentes identificados. El componente 1: atributos de ubicación; componente 2: precio en UF; componente 3: tamaños. En el componente 1, se agrupan todas las distancias (a banco, colegio, supermercado, farmacia y metro) y los atributos del proyecto, como quincho, piscina, lavandería y gimnasio. Es aquí donde se comprueba estadísticamente que una mala ubicación es suplida con más atributos de proyecto para la zona en cuestión.

Se advierte, asimismo, que el precio de venta tiene una correlación negativa con respecto a las distancias a banco, colegio, supermercado, farmacia y metro. En la componente 2 de la Tabla 4, se evidencia la correlación antes mencionada, donde solo los precios tienen signo positivo y las otras variables presentan signo negativo.

La Figura 10 expone la relación entre el precio y los atributos de las componentes 1 y 3: en ambas comunes se puede apreciar que mientras más alto es el precio, la ubicación es peor, ya que correlaciona positivamente con las distancias, y las debilidades en ubicación son compensadas con atributos de proyecto.

Análisis precio hedónico

Para la realización de esta regresión múltiple, se utilizaron los valores de puntuación factorial que resumen los efectos de distintas variables autocorrelacionadas, como por ejemplo las variaciones del producto ante cambios de locación. Esta técnica es pertinente ya que, al evitar la multicolinealidad de las variables explicativas y, por ende, al trabajar sobre vectores ortogonales, deja más limpios los efectos de las variables, expresados en los coeficientes.

		Diferencias			t	df	Sig. (2-tailed)
		Media	95% Confianza				
			Mínima	Máxima			
Eco-urbe Metro	Precio UF - Metrom	1723,174	1635	1810,983	38,899	108	,000

Tabla 1. Prueba t de variables emparejadas. Fuente: Elaboración de los autores en base a datos de Inciti.

		Diferencias			t	df	Sig. (2-tailed)
		Media	95% Confianza				
			Mínima	Máxima			
Eco-urbe Metro	UFM2 - Metrom	-253	-256,167	-250	-169,273	108	,000
Alto San Francisco Metro	UFM2 A - MetromA	-509	-510,822	-508	-691,033	70	,000

Tabla 2. Prueba t de variables emparejadas. Fuente: Elaboración de los autores en base a datos de Inciti.

Variable	Componente		
	1	2	3
Precio UF	-,269	,822	,497
UF M²	-,147	,928	-,336
Colegio	,969	-,157	-,172
Banco	,968	-,158	-,175
Farmacia	,976	-,149	-,157
Supermercado	,977	-,142	-,144
Metrom	,972	-,133	-,128
M² construidos	-,265	-,072	,960
Quincho	,951	-,165	-,190
Lavandería	,975	-,137	-,136

Tabla 3. Matriz de componentes. Fuente: Elaboración de los autores en base a datos de Inciti y Portal Inmobiliario.

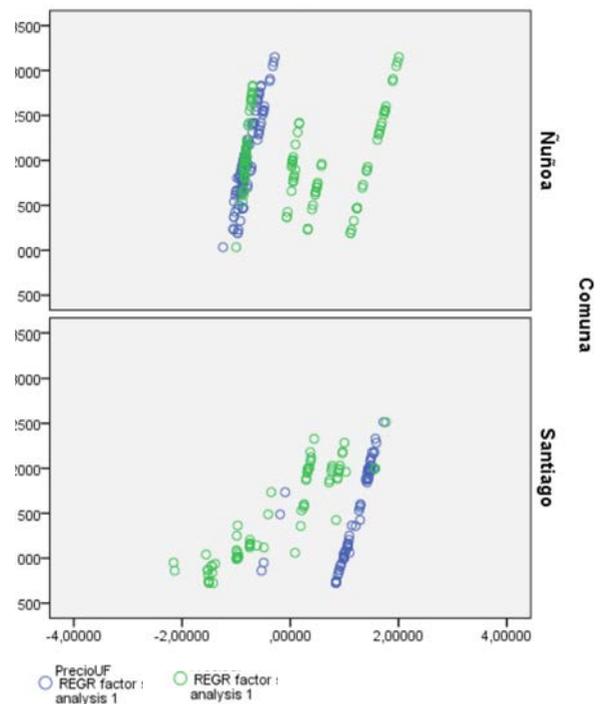


Figura 10. Precio en UF por comuna. Fuente: Elaboración de los autores en base a datos de Inciti y Portal Inmobiliario.

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típico de la estimación	Durbin-Watson
1	,526a	,276	,272	,2913091	
2	,656b	,430	,424	,2592770	1,110
a. Variables predictoras: (Constante), REGR factor score 3 for analysis 1					
b. Variables predictoras: (Constante), REGR factor score 3 for analysis 1, Metrom					
d. Variable dependiente: LN_PX					

Tabla 4. Resumen del modelo. Fuente: Elaboración de los autores en base a datos de Inciti y Portal Inmobiliario.

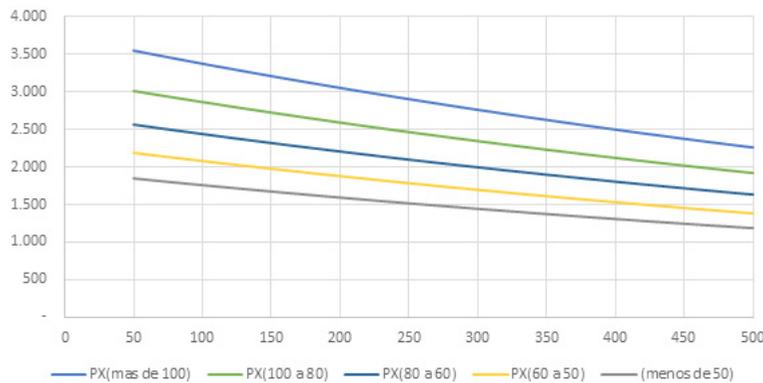


Figura 11. Precio en UF según rango de tamaño. Fuente: Elaboración de los autores.

Los componentes principales, obtenidos en el análisis anterior y utilizados en la regresión múltiple, son los siguientes:

- (1) Componente principal 1: altamente correlacionada con la ubicación;
- (2) Componente principal 2: altamente correlacionada con los precios; y
- (3) Componente principal 3: altamente correlacionada con los tamaños.

La hipótesis de la regresión es que el precio está dado por la siguiente fórmula:

$$\text{Precio} = F(\text{Componentes Principales, Distancia al metro}) = F(\text{CP3, CP2, Dist. Metro})$$

A continuación, se presenta el resumen de la regresión múltiple efectuada donde se ingresó el logaritmo natural del precio en UF como variable dependiente y, como variables explicativas, la componente principal 3, la componente principal 2 y la distancia al metro.

De las regresiones múltiples realizadas, la opción que mejor representa la zona es la 2, puesto que cumple con los requisitos estadísticos que permiten aceptar sus estadígrafos. De esta regresión se desprende la siguiente función del cuadro de coeficientes:

$$\ln Px = 7,9 + 0,162 \times \text{CP3} - 0,001 \times \text{Dist. Metro}$$

Donde $\ln Px$ representa el logaritmo natural del precio en UF y CP3, las variables de la componente principal 3, la que tiene relación con los tamaños y la distancia en metros a la estación de metro más cercana. Con esta ecuación simplificada, se ejecuta un análisis que se muestra en la Figura 11.

V. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES

A partir del estudio expuesto se puede concluir, desde el punto de vista del análisis descriptivo, que las estaciones de metro influyen en el nivel de precios de manera inversamente proporcional en relación a la distancia, lo que significa que el precio del bien inmueble aumenta en función a su proximidad a la estación. Esto también se confirma mediante el análisis multivariado, donde se observa que el precio en UF tiene signo positivo mientras que la distancia al metro, signo negativo. Tal como se sostuvo en la hipótesis de esta investigación, el signo negativo implica que el precio del bien inmueble aumenta en función a la cercanía de las estaciones. En el análisis de conglomerados se conformaron 2 grupos de variables, lo que indica que la variable con más influencia dentro de los conjuntos es la distancia al ferrocarril metropolitano de Santiago, en metros.

Los bienes inmuebles son bienes complejos, contemplan muchas variables, y las estrategias de precio tienden a compensar las malas ubicaciones con atributos propios del edificio. Ello genera

una correlación entre estos atributos y los atributos de ubicación que vuelve complejo el análisis econométrico a través de una regresión lineal simple. Por tanto, y puesto que el objetivo final de esta investigación consiste en demostrar el impacto del metro en la diferencia del precio de los bienes inmuebles, se considera que la forma más razonable y matemáticamente correcta de llevarlo a cabo es establecer las diferencias entre los precios, según la distancia al metro, considerándolos como conjuntos similares. Esta situación es confirmada por la prueba t realizada.

En futuras investigaciones, se espera ahondar en un modelo que incorpore la correlación espacial, segmentando los datos iniciales por tipo de producto (tamaño, programa, etc.) e incorporando el retardo espacial en el modelo de regresión.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINI, Claudio y PALMUCCI, Gastón. The anticipated capitalisation effect of a new metro line on housing prices, *Fiscal Studies*, 2008, vol 29, n° 2, pp. 233-256.

AGUIRRE, Carlos y LEÓN, Daniela. Aspectos causales del precio de departamentos nuevos en la comuna de Ñuñoa, Santiago de Chile, *Urbano*, 2008, vol. 10, n° 16, pp. 60-72.

ALONSO, William. *Location and land use: toward a general theory of land rent*. Cambridge, MA : Harvard University Press, 1964.

ANDERSON, Alberto y PÉREZ, J. Influencia de la existencia de la línea 2 del metro en la plusvalía de los terrenos colindantes. Santiago: Universidad de Chile Santiago, 1997.

BAJIC, Vladimir. The effects of a new subway line on housing prices in Metropolitan Toronto, *Urban Studies*, 1983, vol. 20, n° 2, pp. 147-158.

BOWES, Daniel e IHLANFELDT, Keith. Identifying the impacts of rail transit stations on residential property value, *Journal of Urban Economics*, 2001, n° 35, pp. 57-82.

COMBER, Samuel y ARRIBAS-BELL, Dani. Waiting on the train: The anticipatory (causal) effects of Crossrail in Ealing, *Journal of Transport Geography*, 2017, n° 64, pp. 13-22.

DELGADO, Mario y FLORAX, Raymond. Difference-in-difference techniques for spatial data: local autocorrelation and spatial interaction, *Economics Letters*, 2015, n° 137, pp. 123-126.

DEVAUX, Nicolas; DUBÉ, Jean y APPARICIO, Philippe. Anticipation and post-construction impact of a metro extension on residential values: The case of Laval (Canada), 1995-2013. *Journal of Transport Geography*, 2017, n° 62, pp. 8-19.

DUBÉ, Thomas; THÉRIAULT, Marius y DES ROSIERS, François. Economic impact of a supply change in mass transit in urban areas: a Canadian example, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2011, n° 45, pp. 46-62.

DUBÉ, Thomas; THÉRIAULT, Marius y DES ROSIERS, François. Commuter rail accessibility and house values: the case of the Montreal South Shore, Canada, 1992-2009, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2013, n° 54, pp. 49-66.

DUBÉ, Thomas; LEGROS, Diègo; THÉRIAULT, Marius y DES ROSIERS, François. A spatial difference-indifferences estimator to evaluate the effect of change in public mass transit systems on house prices, *Transportation Research Part B: Methodological*, 2014, vol. 64, pp. 64-69.

EFTHYMIU, Dimitrios y ANTONIOU, Constantinos. Investigating the impact of recession on transportation cost capitalization: a spatial analysis, *Journal of Transport Geography*, 2015, n° 42, pp. 1-9.

GATZLAFF, Dean. The impact of the Miami Metrorail on the value of residences near station locations, *Land economics*, 1993, vol. 69, n° 1, pp. 54-66.

GIBBONS, Stephen y MACHIN, Stephen. Valuing rail access using transport innovations. *Journal of urban Economics*, 2005, vol. 57, n° 1, p. 148-169.

GRIMES Arthur y YOUNG, Chris. Spatial effects of urban rail upgrades. *Journal of Transport Geography*, 2013, vol. 30, p. 1-6.

GUO, Jon y QU, Xi. Spatial interactive effects on housing prices in Shanghai and Beijing, *Regional Science and Urban Economics*, 2018 [en prensa].

KIM, Kyeongsu y LAHR, Michael. The impact of Hudson-Bergen Light Rail on residential property appreciation, *Papers in Regional Science*, 2014, vol. 93, pp. S79-S97.

LESAGE, James y PACE, R. Kelley. The Biggest Myth in Spatial Econometrics, *Econometrics*, 2014, vol. 2, n° 4, pp. 217-249.

LI, Wu. Assessing benefits of neighborhood walkability to single-family property values: A spatial hedonic study in Austin, Texas, *Journal of Planning Education and Research*, 2015, n° 35, pp. 1-18.

MALAITHAM, Sathita; FUKUDA, Atsushi; VICHIANAN, Varameth y WASUNTARASOOK, Vasinee. Hedonic pricing model of assessed and market land values: A case study in Bangkok metropolitan area, Thailand, *Case Studies on Transport Policy* [en prensa] [en línea], 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2018.09.008>

MATHUR, Shishir y FERRELL, Christopher. Measuring the impact of sub-urban transit-oriented developments on single-family home values, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2013, vol. 47, pp. 42-55.

MOHAMMAD, Sara; GRAHAM, Daniel; MELO, Patricia y ANDERSON, Richard. A meta-analysis of the impact of rail projects on land and property values, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2013, vol. 50, pp. 158-170

NELSON, Arthur. Effects of elevated heavy-rail transit stations on house prices with respect to neighborhood income. Transportation research board, National Research Council. Washington DC: National Academy Press, 1992.

ROSEN, Sherwin. Hedonic prices and implicit markets: Product differentiation in perfect competition, *Journal of political economy*, 1974, vol. 8, n° 2, pp. 34-55.

RIVAS, Javier. Uso del método de precios hedónicos, para estimar variación en precios de viviendas producto de nuevas líneas de Metro [en línea]. Tesis de pregrado, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Santiago: Universidad de Chile, 2015. [Consultado 30 octubre 2018]. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/135053>

SHARMA, Rohit y NEWMAN, Peter. Does urban rail increase land value in emerging cities? Value uplift from Bangalore Metro, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2018, vol. 117 pp. 70-86.

SHARMA, Rohit y NEWMAN, Peter. Urban rail and sustainable development key lessons from Hong Kong, New York, London and India for emerging cities, *Transportation Research Procedia*, 2017, vol. 26, pp. 92-105.

PAN, Qisheng; PAN, Haixiao; ZHANG, Ming y ZHONG, Baohua. Effects of rail transit on residential property values comparison study on the rail transit lines in Houston, Texas, and Shanghai, China, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2014, n° 2453, pp. 118-127.