



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

ROL DEL ENTORNO CONSTRUIDO EN LA FRECUENCIA DEL USO DE LA BICICLETA COMO MODO DE TRANSPORTE

IGNACIO RAMÓN OLIVA PEIRANO

Tesis para optar al grado de
Magister en Ciencias de la Ingeniería

Profesores Supervisores:

PATRICIA GALILEA ARANDA

RICARDO HURTUBIA GONZÁLEZ

Santiago de Chile, junio, 2017

© 2017, Ignacio Ramón Oliva Peirano



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA

ROL DEL ENTORNO CONSTRUIDO EN LA FRECUENCIA DEL USO DE LA BICICLETA COMO MODO DE TRANSPORTE

IGNACIO RAMÓN OLIVA PEIRANO

Tesis presentada a la Comisión integrada por los profesores:

PATRICIA GALILEA ARANDA

RICARDO HURTUBIA GONZÁLEZ

SEBASTIÁN RAVEAU FELIÚ

RODRIGO MORA VEGA

EDUARDO AGOSÍN TRUMPER

Para completar las exigencias del grado de
Magister en Ciencias de la Ingeniería

Santiago de Chile, junio, 2017

A todos quienes a través del cariño,
la consecuencia, la humildad y los
ideales me enseñaron los valores de
la entrega al prójimo y la gratuidad.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer a Tomás Cox quien colaboró con este trabajo calculando las variables del entorno construido. Sin su excelente disposición y dedicación, esta tesis no habría sido posible.

Agradecer a mi todos y cada uno de los integrantes de mi familia y de mi familia extendida, que siempre me han apoyado de forma incondicional.

A Ricardo Hurtubia y Patricia Galilea, mis profesores guías, por su gran esfuerzo, apoyo y sabiduría. En este contexto, quiero agradecer también a Tomás Rossetti y Natan Waintrub, con quienes conformamos el equipo de trabajo para las encuestas y delineamos los principios de este gran trabajo.

Agradecimientos especiales a Colo-Colo, por ser la alegría y orgullo de todo un pueblo. En los momentos más difíciles, nos hace salir a ganar con empuje y coraje. Agradecimientos especiales a mis ídolos: Marcelo Espina, Matías Fernández, Luis Mena y Esteban Paredes. Cracks.

Quiero agradecer a todos los profesores, formadores y personas dispuestas a compartir su experiencia, con los que he compartido a lo largo de mi vida. La educación es uno de los actos de amor más importante.

Por último agradecer a Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS CONICYT/FONDAP 15110020), al Instituto de Sistemas Complejos de Ingeniería, ISCI (ICM-FIC: P05-004-F, CONICYT: FB0816) y al Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT) proyecto 11130637 “Understanding perception of qualitative attributes in urban space and its effects on user behavior: a mathematical modelling framework”, por su aporte para financiar el trabajo realizado durante la tesis.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Factores ambientales y sociales que motivan uso de la bicicleta	4
2.1.1 Caracterización de factores que inciden en el uso de la bicicleta.	4
2.2 Entorno construido y movilidad	6
2.2.1 Relación causal entre el Entorno Construido y el comportamiento de viaje	7
2.2.2 Entorno construido y su efecto en el uso de la bicicleta	10
2.2.3 Efectos del entorno construido y de atributos demográficos en el uso de la bicicleta	12
2.3 Caracterización cuantitativa del Entorno Construido.....	16
2.3.1 Densidad.....	17
2.3.2 Diversidad	17
2.3.3 Diseño	18
2.3.4 Accesibilidad del destino	20

2.3.5	Distancia al Transporte Público	20
2.3.6	Otras variables de control al analizar el efecto del entorno construido	21
3.	METODOLOGÍA	23
3.1	Modelación de frecuencia de uso de la bicicleta	23
3.2	Modelación de heterogeneidad del comportamiento.....	26
3.2.1	Entorno construido como variable explicativa de la heterogeneidad en el comportamiento.....	27
4.	CASO DE ESTUDIO Y CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	31
4.1	Caso de Estudio: Santiago de Chile	31
4.2	Encuesta.....	32
4.2.1	Diseño de encuesta.....	33
4.2.2	Lugares y mecanismos de trabajo de campo.....	33
4.2.3	Características socio-económicas de la muestra	37
4.3	Caracterización del Entorno Construido	40
4.3.1	Largos de viaje	44
4.3.2	Variables del Entorno Construido.....	51
5.	RESULTADOS.....	54
5.1	Estimación de frecuencia de uso de la bicicleta	54
5.1.1	Frecuencia en función de atributos de la persona	56
5.1.2	Frecuencia en función de atributos de la persona y viaje.....	59
5.1.3	Frecuencia en función de atributos de la persona, viaje y características del entorno construido en origen.....	61
5.1.4	Frecuencia estimada en función de atributos de la persona, viaje y características del entorno construido en origen y destino.....	64

5.1.5	Comparación entre modelos.....	67
5.2	Frecuencia semanal de uso de la bicicleta considerando heterogeneidad en el comportamiento.....	71
5.2.1	Clase Latente 1: “Barrio Sub-Urbano”	73
5.2.2	Clase Latente 2: “Barrio Urbano”	74
5.2.3	Segmentación de barrios a partir de Modelos de Clases Latentes	76
5.2.4	Aplicación de modelo de Clases Latentes a la ciudad de Santiago	77
6.	CONCLUSIONES	82
6.1	Implicancias.....	84
6.2	Limitaciones y futuras investigaciones	86
	BIBLIOGRAFÍA	90
	A N E X O S	107
	ANEXO A: ENCUESTA APLICADA.....	108
	ANEXO B: GEORREFERENCIACIÓN VIAJES PERSONAS QUE UTILIZAN AL MENOS UNA VEZ A LA SEMANA LA BICICLETA PARA MOVILIZARSE AL TRABAJO.....	119
	ANEXO C: GEORREFERENCIACIÓN VIAJES DE CICLISTAS QUE USAN BICICLETA 3 O MÁS VECES A LA SEMANA PARA TRANSPORTARSE AL TRABAJO.....	121
	ANEXO D: DESCRIPTIVOS DE VARIABLES QUE CARACTERIZAN ENTORNO CONSTRUIDO.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4-1: Lugares de interceptación a ciclistas y observaciones obtenidas. Fuente: Elaboración propia.	36
Tabla 4-2: Origen observaciones de la muestra. Fuente: Elaboración propia.....	37
Tabla 4-3: Características socio-económicas de la muestra. Fuente: Elaboración propia.	38
Tabla 4-4: Modos de transporte utilizados. Fuente: Elaboración propia.	40
Tabla 4-5: Largo promedio de viajes por modo. Fuente: Elaboración propia.	51
Tabla 4-6: Indicadores urbanos calculados. Fuente: Elaboración propia.	52
Tabla 5-1: Frecuencia semanal de uso de la bicicleta modelada en función de características socioeconómicas de la persona. Fuente: Elaboración propia.	58
Tabla 5-2: Frecuencia semanal de uso de la bicicleta estimada en función de características socioeconómicas de la persona y del viaje. Fuente: Elaboración propia.	60
Tabla 5-3: Frecuencia semanal de uso de la bicicleta estimada en función de características socioeconómicas de la persona y del viaje y características en el lugar de origen. Fuente: Elaboración propia.	63
Tabla 5-4: Frecuencia semanal de uso de la bicicleta estimada en función de características socioeconómicas de la persona y del viaje y características en el lugar de origen y destino. Fuente: Elaboración propia.	66
Tabla 5-5: Resultados de modelos elaborados. Frecuencia semanal de uso de la bicicleta en función de características de la persona y variables del entorno construido. Fuente: Elaboración propia.	69
Tabla 5-6: Resultados modelo clases latentes. Frecuencia semanal de uso de la bicicleta en función de atributos del entorno construido. Fuente: Elaboración propia.	72
Tabla 8-1 Descriptivos indicadores entorno construido en el origen. Fuente: Elaboración propia.....	122
Tabla 8-2: Descriptivos Entorno Construido Destino. Fuente: Elaboración propia.	123
Tabla 8-3 Descriptivos Indicadores Viaje. Fuente: Elaboración propia.	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4-1: Georreferenciación de puntos de interceptación a ciclistas. Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.....	35
Figura 4-2: Orígenes y destinos de la muestra. Fuente: Elaboración propia a través de QGIS	41
Figura 4-3: Visualización de buffer de 500 metros para una observación de la muestra correspondiente punto cercano a sector de Plaza Italia, en el centro de Santiago. Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.....	43
Figura 4-4: Superficie de Santiago cubierta por buffers para orígenes y destinos de viajes. Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.	44
Figura 4-5: Histograma largos de viaje de la muestra para todos los modos. Fuente: Elaboración propia	45
Figura 4-6 Histograma largos de viaje para todos los modos EOD. Fuente Elaboración propia a partir de EOD 2012	46
Figura 4-7: Histograma largos de viaje al trabajo hombres y mujeres, todos los modos. Fuente: Elaboración propia	46
Figura 4-8: Histograma de largos de viaje al trabajo hombres y mujeres, todos los modos EOD. Fuente: Elaboración propia a partir de EOD 2012.....	47
Figura 4-9: Histograma de largos de viaje para todos los usuarios de bicicleta. Fuente: Elaboración propia.	48
Figura 4-10: Histograma de largos de viaje para todos los usuarios de bicicleta EOD. Fuente: Elaboración propia a partir de datos EOD 2012	48
Figura 4-11: Histograma largos de viaje hombres y mujeres, modo bicicleta. Fuente: Elaboración propia.	49
Figura 4-12: Histograma de largos de viaje hombres y mujeres, modo bicicleta EOD. Fuente: Elaboración propia a partir de datos EOD 2012	49
Figura 5-1: Probabilidad de pertenencia a clase latente en la ciudad de Santiago. Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.....	78

Figura 5-2: Probabilidad de pertenencia a clase latente en Santiago y red de ciclovías. Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.....	79
Figura 5-3: Densidad habitacional en Santiago y Red de Ciclovías. Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.....	80
Figura 5-4: Generación de viajes per cápita a nivel de comunas en Snatiago. Fuente: Elaboración propia a partir de EOD 2012.....	81
Figura 8-1: Orígenes de viajes de personas que declaran utilizar la bicicleta. Fuente: Elaboración propia a partir de SIG.	119
Figura 8-2: Destinos de viajes de personas que declaran utilizar la bicicleta. Fuente: Elaboración propia a partir de SIG.	120
Figura 8-3: Orígenes de viajes de personas que declaran utilizar la bicicleta al menos 3 veces a la semana. Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.	121
Figura 8-4: Destinos de viajes de personas que declaran utilizar la bicicleta al menos 3 veces a la semana. Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.	121

RESUMEN

Este trabajo de investigación presenta un estudio empírico sobre la relación existente entre el uso de la bicicleta en la ciudad de Santiago de Chile y el entorno construido.

Con modelos Logit Ordinal, se relaciona la frecuencia semanal de uso de la bicicleta en función de variables socio-económicas y del entorno construido, en el lugar de origen y de destino del viaje. Además, se estimó un modelo de clases latentes para modelar la heterogeneidad en el comportamiento de las personas

La muestra fue construida a partir de una encuesta donde se obtuvo las características de la persona y lugares de residencia y de trabajo. Se utilizaron Sistemas de Información Geográfica para calcular variables del entorno construido en áreas de 500 metros de radio.

Como resultado, se comprueba la relación entre el entorno construido y la bicicleta. Tanto la existencia de ciclovías extensas, una mayor densidad habitacional en el origen, como la densidad de oficinas en el destino tienen un efecto positivo.

Por su parte, se encuentra una relación negativa con: la distancia al paradero más próximo en el lugar de residencia, la distancia a ciclovía más próxima, la presencia de estaciones de metro y la diversidad de usos de suelo en el lugar de trabajo.

El análisis de clases latentes fue elaborado a partir de las características del entorno construido de cada barrio, identificando dos tipos: “Barrio Sub-Urbano” y “Barrio Urbano”. En el segundo se detecta una mayor influencia de la forma urbana en la inducción al uso de la bicicleta.

Los resultados sugieren que las personas que viven en sectores céntricos de la ciudad que cuentan con buena conectividad, tienen una mayor propensión a utilizar la bicicleta.

Futuros trabajos podrían considerar incluir atributos del entorno construido a lo largo de la ruta que realiza cada persona, lo cual permitiría encontrar nuevas relaciones a las identificadas.

Palabras clave: Bicicleta, Transporte Sustentable, Entorno Construido, SIG, Logit Ordinal, Modelos de Clases Latentes.

ABSTRACT

In the following work, weekly cycling commuting frequency and bicycle usage relation is analyzed. A survey was conducted in order to gather socio-economical and travel behavior information from city of Santiago's commuters. In addition, respondents were asked to point the place where they lived and worked (or studied).

By using Geographic Information Systems, built environment variables were calculated for 500 meters radius buffers.

Commuting bicycle frequency was estimated as a function of socio-economical and built environment variables with Ordinal Logit models. In addition, Latent Class Models were estimated in order to model behavioral heterogeneity.

As a result, built environment's effect on bicycle usage was confirmed. At the origin, long bike lanes and higher residential density have a positive impact. Distance to the nearest bus stop has a negative one. At the destination, higher offices density has a positive impact, while distance to the closest bike lane, land-use diversity and the presence of metro stations has a negative impact.

The Latent Class Model analysis allowed to do a two class segmentation of neighborhoods. Classes "Sub-Urban Neighborhood" and "Urban Neighborhood" were identified by their built environment characteristics. In this context, people living in Urban Neighborhoods are more likely to be influenced by built environment at the moment of commuting by bike.

Results suggest that people living in well-connected centrally located zones are more likely to commute by bike. Future research works should analyze built environment's characteristics along the route followed by the commuter, finding correlations with new variables.

Key words: Bicycle, Sustainable Transport, Built Environment, GIS, Ordinal Logit, Latent Class Models.

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el área de transporte se ha tomado un rol importante en la agenda de las ciudades a lo largo del mundo. En esta área confluyen la necesidad de ahorro y eficiencia energética, la reducción de emisión de gases de efecto invernadero, los problemas de movilidad y la salud de la población, ora por la emisión de gases contaminantes, ora por problemas relacionados al sedentarismo.

En un contexto donde se espera que la población urbana aumente a nivel global, surge la necesidad de buscar soluciones integrales a los problemas señalados. Bajo esta lógica, la bicicleta ha surgido con fuerza como una alternativa de modo de transporte a promover entre la población. Entre sus ventajas, está el que no requiere de fuentes de energía externa para facilitar el desplazamiento de las personas, permite una reducción de la emisión de gases de efecto invernadero (Banister et al., 2007; Chapman, 2007; Winters et al., 2010; Zahabi et al., 2016), es una respuesta efectiva a problemas de congestión (Banister et al., 2007; Damant-Sirois et al., 2014) y permite combatir el sedentarismo y sus enfermedades asociadas, mejorando los indicadores de salud de la población (Pucher & Buehler, 2010; Pucher & Dijkstra, 2003; Winters et al., 2010).

Tomando en cuenta las ventajas que ofrece el uso de la bicicleta entre la población, surge la pregunta sobre cómo lograr que las personas cambien de modo de transporte y la utilicen.

Motivados por esta pregunta, existe una gran cantidad de estudios que investigan el uso de la bicicleta, encontrando notables hallazgos. Por ejemplo, existe concordancia en la literatura de que es un modo atractivo para las personas y más eficiente que el auto y el transporte público entre los 2,5 y 7,5 kilómetros, ya sea para realizar un viaje de forma directa (Garrard et al., 2008; Hydén et al., 1999; Polcar & Ausserer, 2013; Pucher & Dijkstra, 2003; Rietveld & Daniel, 2004) o para combinar con otro modo de transporte público, como el bus o el tren (Martens, 2004).

Además, se ha comprobado el efecto positivo de políticas como la instalación de sistemas de bicicletas públicas, campañas informativas, el uso de incentivos económicos, la educación vial y la construcción de ciclovías dentro de la ciudad en la promoción del uso de este modo de transporte (Pucher et al., 2011; Pucher & Dijkstra, 2003; Scheepers et al., 2014)

Motivados por la misma pregunta, muchos investigadores han analizado si el entorno construido, vale decir, el ambiente que ha sido construido por el ser humano (Gray et al., 2012), afecta la elección modal de las personas al momento de viajar y, por ende, guarda relación con el uso de la bicicleta. En este contexto, se han identificado características específicas de la ciudad que podrían afectar en la elección y uso de la bicicleta para viajes con diversos propósitos (Heinen et al., 2010; Saelens et al., 2003; Sallis et al., 2013).

En consecuencia, se infiere que según la forma en que se construyan o renueven las ciudades, se estará incentivando a las personas a utilizar un modo de transporte por sobre otro.

No obstante, entre la gran cantidad de trabajos que analizan la relación entre el entorno construido y el uso de la bicicleta, se identifica que sólo una pequeña cantidad de ellos han sido aplicados en ciudades latinoamericanas. Realizar este tipo de análisis en países en vías de desarrollo puede generar información importante de cara a cómo estos planifican, construyen y desarrollarán sus ciudades durante los próximos años. Además, abre la posibilidad de realizar nuevos hallazgos, que complementen a los estudios ya hechos en ciudades europeas y norteamericanas.

A su vez, se identifica que es escasa la literatura que investiga exclusivamente viajes con motivo de estudios o trabajo, los cuales representan cerca del 51 por ciento de los viajes que se realizan en la ciudad de Santiago según la encuesta origen destino (SECTRA, 2015). El analizar exclusivamente este tipo de viajes resulta interesante, ya que se trata de viajes de longitud más extensa que los realizados por otros motivos. Asimismo, brinda la posibilidad de estudiar no sólo el lugar de residencia de la persona, sino que

también el de destino del viaje. Así se obtiene una visión más depurada sobre la experiencia de viaje de quien se moviliza al trabajo.

Por otro lado, sólo se identificaron tres trabajos que estudian la relación existente entre el entorno construido y la frecuencia en el uso de la bicicleta (Noland et al., 2011; Sallis et al., 2013; Stinson & Bhat, 2004).

Analizar la frecuencia de uso permite, no solo saber si una persona es más o menos propensa a utilizar la bicicleta, sino que también permite al planificador cuantificar el efecto de la elección modal del usuario. De esta forma, se puede llegar a resultados que favorezcan un cambio modal consistente a lo largo del tiempo.

Tomando en cuenta lo anterior, el presente trabajo busca responder a las oportunidades de investigación identificadas. Se buscará responder qué factores del entorno construido afectan en el uso de la bicicleta en la ciudad de Santiago de Chile. En particular, se analizará cómo es que estas variables que representan la morfología urbana afectan la frecuencia semanal de uso de la bicicleta para viajes al lugar donde realiza su actividad principal, ya sea trabajo, estudios u otra que considere como equivalente. Además, tomando en cuenta la necesidad de modelar también la heterogeneidad del comportamiento de las personas, se incluirá un análisis de clases latentes que permita segmentar por tipo de barrio de residencia.

Esta investigación se estructura de la siguiente forma: En la sección 2 se presenta la revisión bibliográfica realizada. En la sección 3 se especifica la metodología que se utilizará para modelar la frecuencia semanal de uso de la bicicleta y la segmentación en torno a clases latentes. La sección 4 detalla la encuesta utilizada para levantar datos, los descriptivos socio-económicos de la muestra y las variables del entorno construido calculadas, mientras que en la sección 5 se detallan los resultados obtenidos y en la 6 se discuten las conclusiones, se precisan las implicancias y se detallan las limitaciones del estudio realizado. Por último, se señala la bibliografía utilizada, seguida de los anexos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En la siguiente sección se hace una revisión sobre la literatura existente acerca de uso de la bicicleta y su relación con el Entorno Construido. A continuación, se detallan diversos factores que inciden en el uso de la bicicleta, desde el efecto de condiciones climáticas hasta el uso de incentivos económicos. En segundo lugar, se da cuenta de cómo el entorno construido afecta las decisiones de movilidad de las personas y, en particular, en el uso de la bicicleta. Finalmente, se analiza cómo se puede caracterizar de forma cuantitativa el entorno construido.

2.1 Factores ambientales y sociales que motivan uso de la bicicleta

Antes de analizar la relación existente entre el entorno construido y el uso de la bicicleta, es necesario tomar en cuenta que la decisión de usar este modo de transporte está mediada también por factores diversos, que van desde las condiciones atmosféricas hasta las creencias de la persona y su contexto social.

2.1.1 Caracterización de factores que inciden en el uso de la bicicleta.

En la actualidad, se pueden identificar una batería de factores y contextos sociales que promueven el uso de la bicicleta. Es más, la decisión de un usuario por utilizar la bicicleta varía día a día y dependerá de las condiciones que se presenten para realizar el recorrido que se desea hacer (Heinen et al., 2011a). Dentro de este contexto, se puede afirmar que el entorno construido tiene la capacidad de proveer infraestructura que hace más atractivo transportarse sobre dos ruedas, haciendo a la persona resiliente frente a las condiciones climáticas y topográficas, las características del viaje y la existencia de incentivos socio-económicos. A continuación, se identificarán algunos de estos efectos.

Los estudios concuerdan en que las condiciones atmosféricas adversas desalientan el uso de la bicicleta, en especial entre aquellas personas que no la usan frecuentemente (Heinen et al., 2011a). Esto concuerda, por ejemplo, con el caso de Chile, donde los viajes a través de este modo disminuyen durante el invierno (revisar, por ejemplo, los

contadores de flujo de bicicletas de la Ilustre Municipalidad de Providencia¹). No obstante, es interesante notar que la percepción sobre una condición climática adversa cambia según cada sociedad y dependerá de las condiciones culturales y la infraestructura existente. Por ejemplo, en Copenhague, Dinamarca, una ciudad con menores temperaturas que las de Santiago, un 75 por ciento de los usuarios usa su bicicleta todos los días independiente de las condiciones climáticas existentes (City Of Copenhagen, 2015). Similar comparación es realizada entre Canadá y Estados Unidos, donde, pese a las menores temperaturas, se registra un mayor uso de la bicicleta por parte de los habitantes del primer país (Pucher & Buehler, 2006). Por lo tanto, el efecto de condiciones atmosféricas adversas estará mediado por la cultura de los habitantes de cada región y por la factibilidad de realizar el viaje bajo esas condiciones.

Junto con lo anterior, se ha identificado que cuando los usuarios deben ir a más de un destino de trabajo, es menos probable que usen la bicicleta. Similar efecto tiene el tener que usar ropa formal para el trabajo (Heinen et al., 2011a).

A partir del estudio recién señalado, también se puede identificar que quienes usan la bicicleta con mayor frecuencia y con el fin de ir al trabajo son más propensos a seguir utilizándola, pese a un cambio en las condiciones atmosféricas o un aumento en las distancias de viaje. A su vez, quienes usan con mayor frecuencia la bicicleta, tienden a valorar atributos distintos a los que valoran usuarios ocasionales, como el evitar el tráfico por sobre el entretenimiento que brinda el pedalear (Gatersleben & Appleton, 2007). Por último, se identifica que los usuarios de bicicleta privilegian el tiempo de viaje y la ausencia de tráfico excesivo en la vía (Sener et al., 2009) y el que no haya intersecciones peligrosas (Tin Tin et al., 2010).

Por otro lado, se identifican incentivos sociales y motivaciones personales al momento de usar la bicicleta. Por un lado, un determinado contexto social puede favorecer el uso de la bicicleta si se muestra a favor de esta. Por contrapartida, disminuirá el uso de la

¹ Información disponible en: <http://datos.providencia.cl/dashboards/9169/contadores-de-bicicletas/>

bicicleta el estar en un ambiente que no la aprueba o no la considera apropiada para desplazarse (Handy & Xing, 2011). Junto con esto, se ha encontrado que personas que usan la bicicleta para ir al trabajo creen que esta acción conlleva beneficios ambientales, relaja tanto física como mentalmente y trae beneficios a la salud. Sin embargo, no se asocia el uso de este modo de transporte con la consecución de estatus (Heinen et al., 2011b).

Junto con lo anterior, se identifica que las actitudes y percepciones de los usuarios pueden predecir y explicar el comportamiento de una persona (Ajzen, 1991). Dentro de este contexto, se puede afirmar que la frecuencia de viajes de una persona aumentará si se cuenta con actitudes positivas frente a esta (Piatkowski & Marshall, 2015). Esto confirma la tesis planteada por Heinen, Maat y Van Wee (2011) quienes postulan que las motivaciones internas y consideraciones sociales son capaces de explicar el uso de la bicicleta.

Por último, se identifica que el poseer una bicicleta no implica un aumento de viajes, si no se cuenta con un abanico de medidas que favorezcan su uso (Handy et al., 2010).

2.2 Entorno construido y movilidad

En términos generales el entorno construido corresponde a todo el ambiente físico que ha sido construido o modificado por el ser humano (Gray et al., 2012; Papas et al., 2007; Saelens & Handy, 2008). En particular, Handy et al. (2002) especifican que “comprende diseño urbano, uso de suelo y sistema de transporte; y engloba patrones de la actividad humana dentro del ambiente físico”. De esta forma, para el presente trabajo, el entorno construido será definido como todo lo que rodea a las personas que ha sido construido o modificado por el ser humano, comprendiendo patrones de uso de suelo, diseño de barrios, la infraestructura existente (como calzadas, aceras y ciclovías), las actividades desarrolladas y el sistema de transporte existente, junto con los servicios que brinda.

Tomando en cuenta esta definición, en la siguiente sección se revisan los principales hallazgos al momento de explicar la relación existente entre las decisiones de movilidad

de las personas y el entorno construido y aquellos aspectos que son relevantes en el uso de la bicicleta. Para dicho fin, es importante saber que durante las últimas décadas, ha sido ampliamente estudiada la relación planteada, destacando el efecto que tiene en el modo de transporte elegido para realizar viajes con distintos propósitos.

2.2.1 Relación causal entre el Entorno Construido y el comportamiento de viaje

Bajo la hipótesis que la forma en que ha sido construida la ciudad incide en cómo las personas deciden transportarse, se han realizado cientos de estudios que buscan analizar el efecto que tienen las características físicas, de uso de suelo y de accesibilidad que presenta un área o zona. Estos análisis pueden servir distintos propósitos, como el conocer el largo y número de viajes que hacen las personas o el saber cómo se incentiva el uso de determinados modos de transporte.

A modo de ejemplo, la revisión hecha por Ewing y Cervero (2001) para distintas ciudades de Estados Unidos, identifica que la elección de modo para realizar un viaje depende de las características socio-económicas y del entorno construido en donde reside cada persona. A su vez, identifican un importante efecto del entorno construido en dos indicadores: “Millas viajadas por vehículo” y “Horas viajadas por vehículo”, estableciendo que el mayor o menor uso de un auto medido en millas y horas depende de características como densidad, diversidad de uso de suelo y accesibilidad general. Para analizar el cómo incentivar de forma específica la bicicleta, se puede revisar el análisis hecho por Pucher y Buehler (2008) donde se discuten las características que reúnen ciudades de Holanda, Alemania y Dinamarca para favorecer el uso de este modo de transporte por sobre otros, identificando como aspectos claves la densidad residencial, la existencia de ciclovías separadas del tráfico y la instalación de ciclo facilidades. Junto con lo anterior, identifican aspectos socio-económicos, como la educación vial y el costo de usar el automóvil. Cervero y Duncan (2003) también investigaron variables del entorno construido que promovieran el uso de la bicicleta. Analizando el área de San Francisco, Estados Unidos, identificaron que la densidad habitacional, la diversidad de

usos de suelo y el diseño de la red vial afectaban de igual forma positiva el uso de la bicicleta.

Junto con los estudios mencionados, se identifican investigaciones que buscan determinar cómo el entorno construido se relaciona con la realización de actividad física y el uso de modos de transporte activo por parte de la población (Brownson et al., 2009; Saelens et al., 2003).

No obstante, pese a la gran cantidad de literatura que analiza la relación entre el entorno construido y el comportamiento de las personas al momento de viajar, aún se cuestiona su efecto causal. Al ser las mismas personas quienes eligen un lugar para vivir (y eventualmente trabajar), se hace evidente el riesgo de contar con problemas de endogeneidad, ya que podrían escoger lugares que se acomoden a sus patrones y preferencias de viaje.

Esta interrogante ha sido revisada por distintos autores. En primera instancia, se pudo determinar que las actitudes de las personas (como el ser alguien que prefiere el uso transporte público o ser alguien que disfruta de conducir un auto) son fuertes predictores del comportamiento al momento de viajar. No obstante, al controlar por estos factores se verifica la significancia del entorno construido en los hábitos de viaje de los individuos, mas no siempre es posible establece un efecto de causalidad clara (Kitamura et al., 1997). Con estos antecedentes, Krizek (2003) propuso analizar cómo variaba el comportamiento de las personas cuando estas cambiaban de lugar de residencia. Para este fin, hizo un análisis longitudinal a hogares, revisando si variaba el número de viajes y la distancia recorrida por modo al haber cambios de vivienda. Como resultado, pudo establecer que una misma persona cambiaba su comportamiento de viaje al cambiar las características de su entorno.

Por otro lado, Schwanen y Mokhtarian (2005) corroboraron el efecto del entorno construido en la elección modal de personas para ir al trabajo, comparando el modo de transporte utilizado por cuatro tipos de usuarios: Personas que preferían vivir en zonas con características urbanas (caracterizadas por alta densidad habitacional, cercanía al

centro y alto número de líneas de buses, entre otras variables) y que vivían en ellas; personas que preferían vivir en zonas con características urbanas pero que vivían en zonas suburbanas (Caracterizadas por baja densidad habitacional, distancia al centro y un bajo número de líneas de buses, entre otras); personas que preferían vivir en zonas suburbanas pero vivían en zonas urbanas y personas que preferían zonas suburbanas y vivían en ellas. A partir de datos obtenidos en encuestas aplicadas en residentes de la bahía de San Francisco, Estados Unidos, concluyeron que el entorno construido tenía efectos en la elección del modo de transporte para ir al trabajo, en particular para aquellas personas que tenían preferencia por vivir en zonas urbanas, pero lo hacían en zonas suburbanas. La explicación a este fenómeno se puede encontrar en la variación existente en el grado de opciones de transporte disponible en cada tipo de barrio, para cada tipo de usuario.

Finalmente, quienes han hecho las contribuciones más interesantes para responder la pregunta sobre la endogeneidad en este tipo de análisis son Xinyu Cao, Patricia Mokhtarian y Susan Handy, quienes han analizado de forma sistemática este problema. A partir de analizar datos recolectados y resultados obtenidos en ciudades del norte de California (Cao et al., 2009b; Handy et al., 2005) y Austin (Cao et al., 2006) establecen que a pesar del fuerte efecto que tienen las creencias y preferencias de las personas, no es lo único que determina su comportamiento de viaje. Factores demográficos y del entorno construido también influyen, identificando la causalidad en el fenómeno estudiado. Junto con lo anterior, se puede concluir que al revisar datos empíricos de diversos estudios entre el fenómeno de auto selección residencial y comportamiento de viaje, es posible identificar una relación de causalidad con el entorno construido, aunque esta es menor que el efecto que tiene frente a aptitudes y creencias de la persona (Cao et al., 2009a).

Tomando en cuenta lo anterior, Bhat y Guo (2007) identifican tres formas de enfrentar el problema de la endogeneidad y medir el efecto del entorno construido en las decisiones de viaje de las personas: Controlar por los atributos del individuo, utilizar variables

instrumentales (VI) en los modelos econométricos y examinar los patrones de viaje de las personas inmediatamente antes y después de que cambien de lugar de residencia.

Luego de emplear los mecanismos de control pertinentes, se puede concluir que el entorno construido tiene un efecto causal en el comportamiento de viaje de las personas, es importante revisar los lineamientos propuestos por Handy (1996) para analizar dicho efecto. En primer lugar, propone utilizar indicadores que permitan identificar atributos específicos del barrio, en vez de analizar casos generales o “barrios tipo”. En segundo lugar, plantea el desafío de encontrar una forma efectiva de medir estos indicadores (hoy se utilizan, principalmente, Sistemas de Información Geográfica). Junto con esto, plantea la necesidad de diferenciar por propósito de viaje, estudiar si cambios en la forma urbana lleva a cambios de comportamiento, controlar por creencias y características de las personas, controlar endogeneidad, entender la percepción que tienen las personas del entorno y analizar cómo los resultados varían entre cada región debido a factores como la cultura, el clima y diferencias entre las distintas áreas metropolitanas.

En particular, este estudio controlará por características socio-económicas de la persona y empleará SIG para tener medidas precisas del entorno construido.

2.2.2 Entorno construido y su efecto en el uso de la bicicleta

Como fue mencionado, existen numerosos estudios que revisan la relación existente entre el entorno construido y las preferencias de transporte de las personas, estableciendo relaciones de correlación y causalidad. Dentro de este contexto, es posible identificar una gran cantidad de estudios que han tenido por objetivo analizar el efecto que tiene el entorno construido en la promoción de modos de transporte activo, vale decir, en el uso de la bicicleta, la caminata y, en algunos casos, del transporte público.

De esta forma, los estudios que analizan la relación existente entre el entorno construido y el uso de bicicleta pueden ser diferenciados según el modo de transporte estudiado y según el propósito del viaje. Al analizar por modo, existen estudios que analizan de forma exclusiva el uso de la bicicleta, mientras otros lo hacen de forma conjunta con la

caminata. En general, los estudios realizados por investigadores del área de la salud tienden a realizar el análisis conjunto, pues buscan incentivar la elección de modos de transporte activo como hábito que permita mejorar distintos indicadores de salud entre la población. Estudios de investigadores ligados a la ingeniería de transporte y la geografía tienden a distinguir entre ambos modos al momento de plantear sus análisis.

No obstante, es importante señalar que barrios más caminables favorecen el uso de la bicicleta (Owen et al., 2010), por lo que el investigador no debiera descartar a priori el incluir la caminata como objeto de estudio, ya que se tiende a encontrar resultados concordantes.

Al distinguir entre estudios según propósito de viaje, es posible identificar tres motivos distintos: i) viajes sin propósito (*strolling*), que corresponde a viajar o desplazarse por el gusto de pasear. ii) viajes utilitarios (*utilitarian*), que corresponden a aquellos viajes que se realizan para llevar a cabo alguna actividad que tenga algún propósito definido, como ir de compras, a comer y en algunos casos ir al trabajo. iii) Viajes que tienen como propósito exclusivo ir al trabajo o al lugar de estudios (*commuting*).

Gran parte de la literatura existente analiza viajes utilitarios, ya que permite a ver la incidencia del uso de la bicicleta para distintos propósitos, ya sea dentro de un barrio o entre distintas zonas de la ciudad (Basu & Vasudevan, 2013; Dill & Voros, 2008; Ewing & Cervero, 2010; Larsen & El-Geneidy, 2011; McNeil, 2011; Owen et al., 2010; Pucher & Buehler, 2006; Rajamani et al., 2003; Rybarczyk & Wu, 2010; Saelens et al., 2003; Titze et al., 2008; Winters et al., 2013). Como fue mencionado, no son muchos los estudios que también incluyen en sus análisis viajes por placer o por entretenimiento (Cervero & Kockelman, 1997; Litman, 2015; Moudon et al., 2005; Sallis et al., 2013; Scheepers et al., 2014; P. Smith et al., 2011). La realización de este tipo de estudios se debe, en muchos casos, por la forma en la cual se recogen los datos en Estados Unidos, donde las encuestas registran todos los viajes realizados, independientemente de su propósito (Pucher & Buehler, 2010).

Finalmente, existe un grupo reducido de estudios que analizan relación entre entorno construido y viajes al trabajo. Algunos investigan de forma conjunta la caminata y la bicicleta (Cervero, 1988; Plaut, 2005; Schwanen & Mokhtarian, 2005), mientras que otros analizan la bicicleta de forma exclusiva (Aultman-Hall et al., 1997; Buehler, 2012; Handy & Xing, 2011; Heinen et al., 2010; Hino et al., 2014; Nelson & Allen, 1997; Parkin et al., 2008; Piatkowski & Marshall, 2015; Rodríguez & Joo, 2004; Ross & Dunning, 1997; Sener et al., 2009; Vandenbulcke et al., 2011; Zahabi et al., 2016).

De los estudios señalados, es importante destacar que estos consisten principalmente en modelos logit que buscan predecir la partición modal, regresiones logísticas para relacionar uso de la bicicleta con distintos atributos y logits binomiales que tienen por objetivo determinar la probabilidad de utilizar la bicicleta como modo de transporte.

De forma complementaria, se identifican ciertos estudios que analizan viajes al trabajo en bicicleta en función de atributos distintos al entorno construido, como las aptitudes y creencias de las personas (Dill & Carr, 2003; Heinen et al., 2011a, 2011b; Stinson & Bhat, 2003). Además, como fue mencionado, solo se encontraron tres estudios que analizan la frecuencia en el uso de la bicicleta. De estos, dos corresponden a análisis para viajes utilitarios (Noland et al., 2011; Sallis et al., 2013) y solo uno para viajes al trabajo (Stinson & Bhat, 2004).

2.2.3 Efectos del entorno construido y de atributos demográficos en el uso de la bicicleta

A partir de estudios previos, es posible revisar el efecto del entorno construido en el uso de la bicicleta. En primer lugar, la distancia es uno de los factores más importantes. Esta variable de control es utilizada en prácticamente todos los estudios y, tanto análisis de preferencias declaradas (Ortúzar et al., 2000) como de preferencias reveladas (Cervero & Duncan, 2003; Cui et al., 2014; Handy & Xing, 2011), señalan el efecto negativo que tiene en el uso del transporte de dos ruedas. A su vez, la pendiente también emerge como una variable con impacto negativo. Se recoge que a mayor pendiente, menor es la partición modal de viajes al trabajo en bicicleta (Parkin et al., 2008). No obstante, es

interesante notar que la percepción de cuán empinada es una pendiente y, por consiguiente, su efecto, quedará sujeto a la percepción de cada persona en base a su contexto (Heinen et al., 2010).

Al analizar por distintos tipos de indicadores, se encuentran resultados interesantes. Lugares con mayor densidad habitacional y de plazas de trabajo presentan un mayor uso de la bicicleta, la cual se vuelve atractiva frente a la congestión generada por las mayores concentraciones de personas (Forsyth et al., 2007). Esto ha sido ampliamente corroborado (Buehler, 2012; Cui et al., 2014; Heinen et al., 2010; Larrañaga et al., 2014; Parkin et al., 2008; Pucher & Buehler, 2006; Rodríguez & Joo, 2004; Ross & Dunning, 1997; Saelens et al., 2003; Saelens & Handy, 2008; Sallis et al., 2013), aunque se identifican dos casos que escapan a la tendencia señalada. Para un análisis realizado en la ciudad brasileña de Curitiba (Hino et al., 2014) se determinó que zonas con mayor uso de suelo y mayor densidad residencial tenían menor propensión al uso de la bicicleta. Esto se explica porque se trata de barrios de sectores acomodados, donde las personas tienen mayor acceso al automóvil. A su vez, en un estudio conducido en el área metropolitana de Portland (Rajamani et al., 2003), se concluyó que la densidad habitacional no era estadísticamente significativa al controlar por otras variables del entorno construido.

La diversidad de usos de suelos también favorece el uso de la bicicleta. Al dar un contexto para realizar viajes más cortos, una mayor diversidad incide positivamente en viajes utilitarios, incluyendo a aquellos viajes en donde el lugar de trabajo quede cerca (Cervero & Duncan, 2003; Ewing & Cervero, 2010; Heinen et al., 2010; Moudon et al., 2005; Pucher & Buehler, 2006; Saelens et al., 2003; Saelens & Handy, 2008; Sallis et al., 2013). Cabe destacar algunos resultados particulares: Winters et al. (2010) afirman que la diversidad es relevante en el origen, mas no en el lugar de destino del viaje. Por otro lado, Titze et al.(2008) identifican que el efecto de la diversidad no es estadísticamente significativo. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta variable fue construida a partir de la percepción del usuario y no utilizando herramientas

SIG. Saelens y Handy (2008) señalan una conclusión similar en su revisión bibliográfica. Además, el efecto que tiene este indicador en la promoción de actividad física (viajes en bicicleta para hacer ejercicio) es poco clara (Brownson et al., 2009). Por último, para el caso de Curitiba este indicador fue asociado con un factor negativo por las razones antes expuestas (Hino et al., 2014).

El efecto del diseño del barrio es menos claro, como fue revisado por Heinen et al. (2010). Esto se puede deber a que variables como la densidad o los factores demográficos tienen un efecto más decisivo al momento de explicar el uso de la bicicleta por parte de las personas. Por ejemplo, se han encontrado resultados contradictorios para indicadores como la tasa entre arcos y nodos de un barrio. Mientras Piatkowski y Marshall (2015) ven en el aumento de este indicador un efecto negativo en el uso de la bicicleta, Zahabi et al. (2016) encuentran una relación positiva. Otros indicadores, como el tamaño de la cuadra, han resultado ser no estadísticamente significativos (Muñoz et al., 2016). Por otra parte, el número de intersecciones es el indicador más utilizado al momento de analizar el diseño de un barrio (Craig et al., 2002) y suele estar relacionado con la promoción de la bicicleta (Sallis et al., 2013; Winters et al., 2010; Zahabi et al., 2016), a pesar de que en ciertos estudios, los ciclistas las asocian con una peor experiencia de viaje (Snizek et al., 2013).

Diversos autores han analizado el efecto de la presencia de ciclovías, el cual es positivo en el uso de la bicicleta (Buehler & Dill, 2015; Heinen et al., 2010), en especial cuando se trata de redes de ciclovías interconectadas (Buehler, 2012; Titze et al., 2008). Además, se ha identificado que las ciclovías tienen la potencialidad de incentivar a que nuevas personas utilicen la bicicleta (Chatterjee et al., 2013; Handy et al., 2010) y suele ser de los aspectos señalados por las personas como prioridad al momento de invertir en la promoción del ciclismo (Basu & Vasudevan, 2013).

Zonas con mayor accesibilidad también presentan una relación positiva con el uso de la bicicleta (Cui et al., 2014; Kockelman, 1997; Rajamani et al., 2003). A su vez, otras proxys han demostrado tener cierta relevancia, como lo es el vivir en la zona céntrica de

la ciudad (Buehler, 2012; Plaut, 2005), la distancia a la alcaldía de la ciudad, ubicada en el centro histórico (Snizek et al., 2013) o la distancia a avenidas importantes (Heinen et al., 2010) Es importante destacar, que para el caso de las distancias, el parámetro tiene valor negativo, ya que a mayor distancia se registra un menor nivel de accesibilidad.

El analizar la distancia al transporte público suele estar relacionado con analizar la accesibilidad de un barrio. Cervero (1996) encuentra una relación positiva al considerar como variable explicativa la provisión adecuada de transporte público, mientras que Rajamani et al. (2003) no encuentran una relación estadísticamente significativa al utilizar como indicador el número de casas que están a una distancia caminable del bus. Por último, se establece que el usar rutas más alejadas de paraderos de buses brinda una experiencia más amena al utilizar la bicicleta (Snizek et al., 2013). Para el caso de las estaciones de metro, se establece una relación negativa cuando se identifican estaciones de metro cerca de donde se origina el viaje (Ortúzar et al., 2000).

Finalmente, las características socio-económicas y preferencias de los usuarios también afectan su propensión a utilizar la bicicleta. En primera instancia, está contundentemente registrado que hombres tienden a mostrar un mayor uso de la bicicleta que mujeres (Heinen et al., 2011a; Moudon et al., 2005; Rodríguez & Joo, 2004; Saelens et al., 2003; P. Smith et al., 2011; Vandenbulcke et al., 2011). A su vez, se identifica que la relación entre uso de la bicicleta y edad, nivel de ingresos y nivel de estudios es ambigua.

Para el caso de la edad se identifican resultados contradictorios (Heinen et al., 2010; Pucher & Buehler, 2010) y, en algunos casos, no significativos (Kitamura et al., 1997; Plaut, 2005). También se identifican resultados contradictorios al analizar el efecto que tiene el nivel de ingreso de las personas (Cui et al., 2014; Fernández-Heredia et al., 2016; Heinen et al., 2010; Kitamura et al., 1997; Kockelman, 1997). Este dato resulta interesante para la ciudad de Santiago, donde en la encuesta origen destino de viajes (SECTRA, 2015) se registra que el mayor aumento en el uso de este modo de transporte durante los últimos diez años fue en el sector de altos ingresos de la ciudad, igualando la partición modal que presentaban personas de ingresos medios y bajos. Por último,

también se identifican estudios con conclusiones discordantes entre sí con respecto a la relación existente con el nivel de estudios de la persona (Cervero et al., 2009; Handy et al., 2010; Kockelman, 1997; Ortúzar et al., 2000; Piatkowski & Marshall, 2015; Plaut, 2005). Las diferencias identificadas en términos de edad, ingresos y estudios pueden ser explicadas por las diferencias históricas y culturales que existe en cada barrio o ciudad donde fue conducido cada estudio. Además, no se puede descartar que estas variables estén correlacionadas entre sí.

Donde sí se encuentran concordancias es en el efecto que tiene la situación laboral de una persona. Personas con empleo y estudiantes tienden a usar más la bicicleta, en especial aquellos con trabajo *part-time* (Heinen et al., 2010; Kitamura et al., 1997; Parkin et al., 2008; Vandenbulcke et al., 2011; Zahabi et al., 2016).

Por último, también está ampliamente demostrado que la posesión o acceso a autos en el hogar disminuye el uso de la bicicleta (Buehler, 2012; Cervero et al., 2009; Cervero & Duncan, 2003; Cui et al., 2014; Heinen et al., 2011a; Rajamani et al., 2003). Por contrapartida, la posesión de bicicletas aumenta su uso (Buehler, 2012; Cervero & Duncan, 2003).

2.3 Caracterización cuantitativa del Entorno Construido

En línea con lo propuesto con Handy (1996), se han desarrollado distintos indicadores que permiten caracterizar el entorno construido de forma cuantitativa, utilizando tecnologías como SIG. Estos indicadores se agrupan en cinco tipos de variables conocidas como las “5 Ds” por sus nombres en inglés: “Densidad”, “Diversidad”, “Diseño”, “Accesibilidad en el Destino” y “Distancia al transporte público”. En un principio, Cervero y Kockelman (1997) plantearon los primeros tres tipos, 12 años más tarde fueron añadidos los de accesibilidad al lugar de destino y distancia al transporte público (Cervero et al., 2009).

La descripción de cada una de las familias de variables (que serán la base para las variables que se calcularán para el presente trabajo) y sus implicancias es revisada a continuación.

2.3.1 Densidad

Hace referencia a la “cantidad de una actividad en un área determinada” (Handy et al., 2002). Este tipo de variables permite analizar densidad poblacional, habitacional o de provisión de servicios. Ha sido de particular importancia para investigadores norteamericanos, ya que permite caracterizar barrios céntricos en contraposición con la actividad realizada en los suburbios, como proponen Oakes, Forsyth y Schmitz (2007). Además, resulta ser una variable relevante en diversos estudios cuyo propósito es analizar el efecto construido en el comportamiento de viaje de las personas (Badoe & Miller, 2000; Buehler, 2012; Cervero, 1996; Cervero & Gorham, 2009; Craig et al., 2002; Cui et al., 2014; Ewing & Cervero, 2010; Forsyth et al., 2007; Frank & Pivo, 1994; Hino et al., 2014; Larrañaga et al., 2014; Matley et al., 2000; Moudon et al., 2005; Parkin et al., 2008; Pucher & Buehler, 2006, 2008; Saelens et al., 2003; Winters et al., 2010).

La hipótesis existente es que al tener barrios más densos, una persona debe recorrer una menor distancia para llegar a algún lugar de interés (para hacer compras, ir al trabajo u otro), ya que existirán más servicios. Al ser corta la distancia a recorrer, se torna más atractivo el uso modos de transporte distintos al auto (Heinen et al., 2010; Pucher & Buehler, 2008). No obstante lo anterior, diversos autores sugieren que la densidad puede estar correlacionada con otro tipo de factores, como “barrios con bajos ingresos, baja presencia de estacionamientos, mayor servicio de provisión de buses y usos de suelo más diversos” (Cervero & Kockelman, 1997), así como también edificaciones más antiguas y barrios más caminables (Forsyth et al., 2007).

2.3.2 Diversidad

Corresponde al “número de usos de suelos diferentes en un área determinada” (Ewing & Cervero, 2010). Estos autores plantean que la entropía de uso de suelo es un indicador

capaz de medir esta diversidad en el entorno construido. Sin embargo, en la literatura existen muchas formas de construir este indicador.

En un principio, se estudió el efecto que tenía en la elección modal cada uso de suelo por separado (Cervero, 1988). Conforme los modelos se complejizaron, se empezó a calcular la entropía. Cervero y Kockelman (1997), calculan la entropía para áreas determinadas a partir del índice de Shannon, el cual se puede revisar a continuación:

$$\left\{ \sum_k \frac{[\sum_j P_{jk} \ln(p_{jk})]}{\ln(J)} \right\} / K \quad (2.1)$$

Donde p_{jk} es la proporción del uso de suelo destinado a la categoría j dentro del área k . J es el número de categorías de uso de suelo y K el número de áreas analizadas. Esta fórmula es utilizada también en otros estudios (Cervero, 2002; Cervero & Duncan, 2003; Hino et al., 2014; Kockelman, 1997; Kuzmyak et al., 2007; Leslie et al., 2007; Sehatzadeh et al., 2011; Winters et al., 2010; Zahabi et al., 2016).

Por otro lado, según la disponibilidad de datos, se han derivado fórmulas alternativas para construir este indicador. Bhat y Gossen (2004) proponen una de forma de promedio ponderado, la cual también es empleada por Rajamani et al. (2003) y similar a la utilizada por Zegras (2004, 2010). Otros autores, como Frank, Stone y Bachman (2000) y Matley et al. (2000) incluyen en el modelo la densidad de hogares y de puestos de trabajo, para evaluar la entropía. Por último, existen varios autores que proponen fórmulas alternativas para evaluar este índice. Por ejemplo, se utiliza la razón entre trabajos y hogares en una unidad de área determinada (Litman, 2015) o se caracterizan distintos tipos de barrios (McNally & Kulkarni, 1997).

2.3.3 Diseño

Se entiende como la forma que posee el barrio o área de análisis y las facilidades que provee a peatones, ciclistas y automovilistas para su desplazamiento. Esto considera ancho y forma de calles, tamaño de las cuadras, ángulo que forman las intersecciones

existentes, si estas son de tres o cuatro esquinas y la pendiente. Además, se considera también la presencia de aceras y ciclovías. La hipótesis que existe detrás de este indicador es que la forma del barrio puede hacer para una persona más o menos atractivo el utilizar el automóvil u optar por formas de transporte activo, en función de cuán caminable o pedaleable es y qué tan directo es el viaje que se puede realizar. Por ejemplo, un barrio con más intersecciones, permitiría realizar un viaje más corto a través de él, favoreciendo el uso de la bicicleta (Brownson et al., 2009).

En términos generales, la literatura no es concluyente al determinar el efecto del diseño del barrio en las formas de viaje de las personas (Ewing & Cervero, 2001; Heinen et al., 2010; Saelens & Handy, 2008). Por ejemplo, mientras diversos autores han comprobado el efecto que tienen factores del diseño del barrio, como la densidad (Cervero et al., 2009; Sehatzadeh et al., 2011) y largo promedio de calles (Piatkowski & Marshall, 2015; Zahabi et al., 2016) y la cantidad de intersecciones (Larrañaga et al., 2014; Sallis et al., 2013; Sehatzadeh et al., 2011; Winters et al., 2010; Zahabi et al., 2016), otros no han logrado encontrar relaciones estadísticamente significativas (Moudon et al., 2005; Muñoz et al., 2016; Oakes et al., 2007).

Por otro lado, la literatura es contundente al confirmar la relevancia de indicadores de diseño que dan cuenta de facilidades para la caminata y el uso de la bicicleta. Tanto la existencia de aceras como de ciclovías y la conectividad entre estas resulta importante al momento de analizar el efecto del entorno construido (Buehler, 2012; Buehler & Dill, 2015; Handy et al., 2010; Heinen et al., 2010; Hino et al., 2014; Litman, 2015; Pucher & Buehler, 2008; Sallis et al., 2013; Snizek et al., 2013; Vandenbulcke et al., 2011; Zahabi et al., 2016). De forma complementaria, se identifica que la presencia de ciclovías es de los factores más relevantes para explicar el uso de la bicicleta en estudios de preferencias reveladas aplicados a ciclistas, tanto activos como potenciales (Basu & Vasudevan, 2013; Chatterjee et al., 2013; Fernández-Heredia et al., 2016; Hunt & Abraham, 2007; Tin Tin et al., 2010).

2.3.4 Accesibilidad del destino

Indica cuán fácil es llegar a lugares atractivos en el lugar de destino. Por ejemplo, se puede medir el número de puestos de trabajo a los que se puede llegar en una determinada cantidad de tiempo (Ewing & Cervero, 2010). Bajo esta definición, lugares con mayor accesibilidad debieran atraer un mayor número de viajes.

Existen diversas formas de construir indicadores de esta naturaleza. Algunos autores proponen calcular la distancia al centro de negocios de una ciudad (lo que podría ser denominado como “accesibilidad a nivel regional”) (Ewing & Cervero, 2010; Zegras, 2004). Formas más complejas de determinar la accesibilidad son similares a las propuestas por Kockelman (1997), en donde propone un indicador que sirva como un “descriptor de la intensidad de oportunidades”, el cual construye a partir del modelo gravitacional:

$$\sum_j \frac{A_j}{f(t_{ij})} \quad (2.2)$$

Donde A_j es la atraktividad de la zona j , t_{ij} es el tiempo de viaje de la zona i a la j y $f()$ es una función que permite modelar el impacto de la variable tiempo. Esta fórmula ha sido replicada por otros autores (Cao et al., 2009a; Krizek, 2003; Kuzmyak et al., 2007).

Un indicador diferente sería la “accesibilidad local”, definida como la distancia desde el hogar a la tienda más cercana (Handy, 1993). Para esta categoría, se desarrollan indicadores como la cantidad de locales comerciales, restaurantes u otros servicios dentro de un radio determinado (Handy et al., 2005; Kitamura et al., 1997; McNeil, 2011). De forma análoga, Cervero et al. (2009) calculan este indicador en función del número de servicios ofrecidos en el lugar de destino.

2.3.5 Distancia al Transporte Público

Como su nombre lo dice, este tipo de indicadores corresponde a la distancia al servicio de transporte público más próximo o el número de servicios ofrecidos en un lugar. Esta

variable indica si la persona que realizará el viaje dispone de modos de transporte distintos al auto o la bicicleta. Al contar con alternativas de transporte público, puede ser más atractivo desplazarse a través de este modo de transporte en vez del auto (o la bicicleta, para el caso del presente estudio). Por lo general, este tipo de indicadores se mide como la distancia a la parada de bus o tren más cercana (Ewing & Cervero, 2010). En esta línea, diversos autores han corroborado el efecto de la presencia de servicios de transporte público en el comportamiento de viaje de las personas (Cervero, 1996; Larrañaga et al., 2014; Ortúzar et al., 2000; Rajamani et al., 2003; Zegras, 2010)

2.3.6 Otras variables de control al analizar el efecto del entorno construido

Como fue mencionado, existen múltiples factores que inciden en el comportamiento de viaje, más allá del entorno construido. Omitir estos factores en un modelo puede llevar a sobre estimar el efecto que tiene el entorno construido en el estudio realizado (Kitamura et al., 1997) o a problemas de endogeneidad (Cao et al., 2009a). Este aspecto resulta relevante para el estudio realizado, en especial al considerar que el entorno construido tiene un efecto más relevante en modos de transporte no motorizados que motorizados (Cao et al., 2009b).

Existen dos variables de tipo topográfico que determinan fuertemente el modo utilizado por una persona: la distancia recorrida y la pendiente. Como fue señalado, la distancia es identificada como un factor clave para decidir qué modo usar de forma consistente a lo largo de la literatura (Piatkowski & Marshall, 2015). Esta afecta de forma negativa el uso de modos de transporte activo y favorece el uso de modos motorizados. Esto se explica porque a mayor distancia, es mayor el tiempo necesario para hacer el recorrido y mayor también el esfuerzo físico requerido (Heinen et al., 2010).

Por otro lado, como también fue señalado, la pendiente es un factor analizado al ver el efecto del entorno construido para los modos de caminata y bicicleta (Brownson et al., 2009). Mayor pendiente también implica un mayor tiempo de viaje y un mayor esfuerzo físico. A pesar de no ser comúnmente analizado, varios estudios confirman su efecto en la elección de modo de transporte (Cervero et al., 2009; Cervero & Duncan, 2003;

Larrañaga et al., 2014; Parkin et al., 2008; Rodríguez & Joo, 2004; Sallis et al., 2013; Winters et al., 2010).

Finalmente, se propone controlar por características socio-económicas y creencias personales. Dentro de las características socio-económicas se encuentra el género del individuo, edad, nivel de ingresos, ocupación, nivel de estudios, composición del hogar, raza (principalmente en estudios realizados en Estados Unidos) y la posesión de auto, de licencia de conducir y de bicicletas. Junto con esto, se ha identificado que las actitudes cobran gran fuerza al explicar el comportamiento de viaje de las personas (Kitamura et al., 1997). Según los autores, si una persona es “pro medioambiente”, “pro transporte público” o “adicta al trabajo” presentará patrones de viaje característicos.

3. METODOLOGÍA

A continuación se detalla la metodología empleada para el desarrollo de la presente tesis de magister. La sección se divide en dos partes: En primera instancia, se detalla el modelo Logit Ordinal utilizado para modelar la frecuencia semanal de uso de la bicicleta en función de atributos de la persona, del viaje y del entorno construido. En segunda instancia, se señala el modelo de clases latentes elaborado con el fin de poder hacer un análisis que permita modelar la heterogeneidad del comportamiento de las personas.

3.1 Modelación de frecuencia de uso de la bicicleta

Las variables ordinales, dada su naturaleza discreta, no pueden ser modeladas de forma lineal. Por ejemplo, al analizar preferencias, grados de aceptación o frecuencia, no es coherente obtener un resultado que corresponda a un número no entero o asumir que a utilidad marginal asociada a una variable sea constante a lo largo de la curva de utilidad de un individuo. Como solución a este problema, McKelvey y Zavoina (1975) proponen las bases para elaborar modelos econométricos que se ajusten a la naturaleza ordinal de las variables dependientes. En este contexto, surgen los modelos Logit y Probit Ordinal, los cuales permiten modelar variables dependientes ordinales en función de diversas variables independientes. Los modelos Logit y Probit difieren entre sí según la distribución que asumen para el término de error. Para el primer modelo se asume una distribución logística y para el segundo una estándar normal.

Estos modelos han sido utilizados en la literatura con diversos fines. Para el caso del modelo logit ordinal, por ejemplo, se ha predicho la asistencia a servicios religiosos (Sawkins et al., 1997) y la intención de compra de consumidores en función de la calidad del servicio en la industria de transporte público de España (Pérez et al., 2007). Se identifican también modelaciones sobre seguridad percibida al acceder al transporte público en Suecia (Börjesson, 2012), frecuencia de caminata de las personas en función del entorno construido en Porto Alegre, Brasil (Larrañaga et al., 2014), modelar preferencias de inversión en ciclo facilidades para usuarios de bicicleta en India (Basu &

Vasudevan, 2013) y la frecuencia de uso de la bicicleta para ir al trabajo en Estados Unidos (Stinson & Bhat, 2004).

Junto con lo anterior, se identifica el uso de modelos probit ordinal para fines similares a los anteriores. Por ejemplo, se ha empleado para predecir frecuencia de caminata en función de atributos del entorno construido y atributos socio-económicos (Sehatazadeh et al., 2011) y para predecir la frecuencia en el uso de la bicicleta en el estado de New Jersey, Estados Unidos (Noland et al., 2011).

Para el presente trabajo de tesis, se empleará el modelo logit ordinal. En términos generales, se identifica que los modelos logit son ampliamente utilizados al ser más sencillos de modelar y de interpretar. A lo anterior, se suma el hecho de que al momento de modelar preferencias ordenadas, no existen grandes diferencias en los resultados al utilizar una distribución u otra (Ruud, 1983).

Tomando como referencia la notación propuesta por McFadden (1984), se define la variable latente no observada y^* de la siguiente forma:

$$y_n^* = x_n' \beta + \varepsilon_n \quad (3.1)$$

Donde x_n corresponde a un vector de variables independientes y exógenas, $n = 1, \dots, N$ corresponde a cada observación de la muestra, β corresponde a una serie de parámetros que deben ser estimados, ε corresponde a una variable estocástica de distribución desconocida que recoge errores, omisiones y variabilidad en el comportamiento que no puede ser explicado al momento de especificar el modelo.

Ahora bien, en lugar de y^* , lo que se observa es el comportamiento ordinal de la variable y , donde el valor adoptado variará en función de umbrales de utilidad μ_k que sean alcanzados. Lo cual puede ser escrito de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
y = 0 & \quad \text{si } y^* < \mu_0 \\
y = 1 & \quad \text{si } \mu_0 < y^* \leq \mu_1 \\
y = 2 & \quad \text{si } \mu_1 < y^* \leq \mu_2 \\
& \quad \cdot \\
& \quad \cdot \\
y = K & \quad \text{si } \mu_{K-1} \leq y^*
\end{aligned} \tag{3.2}$$

Tomando en cuenta lo anterior, si se asume que el error tiene una distribución estándar logística, la probabilidad de observar una cantidad de viajes k se puede escribir de la forma descrita en la ecuación 3.3. Para más detalles, se puede revisar la sección de datos ordinales del libro de Greene (2003) y el modelo especificado por Sawkins et al. (1997).

$$P(Y_i = k) = \frac{1}{1 + \exp(-\mu_k + \beta' x_n)} - \frac{1}{1 + \exp(-\mu_{k-1} + \beta' x_n)} \tag{3.3}$$

A partir de esta expresión, se puede derivar una función de máxima verosimilitud que, al ser maximizada, permita estimar el valor de β' y μ_k , estableciendo el valor de cada parámetro y el de los umbrales de utilidad que indican la preferencia de cada usuario.

Para dicho fin, se define:

$$\mathcal{L}(y_i | \beta, \mu_k) \tag{3.4}$$

Como la función verosimilitud de y_i en función de los parámetros β' y μ_k .

A partir de esta expresión, se puede estimar la verosimilitud de cada y_i en función de cualquier valor dado a los parámetros señalados.

Además, la función verosimilitud de la muestra puede ser escrita de la siguiente forma:

$$\mathcal{L}(y_0) * \mathcal{L}(y_1) * \dots * \mathcal{L}(y_K) = \prod_{i=0}^K \mathcal{L}(y_i) \tag{3.5}$$

De esta forma, la estimación de máxima verosimilitud encuentra los β y μ_k que maximizan la expresión 3.5, obteniendo el valor de los parámetros buscados.

3.2 Modelación de heterogeneidad del comportamiento

La diferencia en preferencias y comportamientos de los distintos tomadores de decisión puede ser modelada de diversas formas. Por ejemplo, puede serlo mediante la inclusión de interacciones de variables que capturen variación sistemática de gustos o mediante la segmentación ex-ante de los usuarios en distintos grupos. Otra forma de hacer esto es mediante el uso de modelos integrados de clases latentes y elección discreta, los cuales son señalados a continuación.

Los modelos de clases Latentes (LCM por sus siglas en inglés) permiten estimar la probabilidad de pertenencia de una persona a un segmento de la población a partir de sus características y comportamiento observado (Kamakura & Russell, 1989). De esta forma, permiten capturar heterogeneidad no observada (Walker & Ben-Akiva, 2002) o “abrir la caja negra” que impide al investigador conocer aquellas distorsiones entre el modelo predicho y la elección observada existentes en los modelos elaborados (Walker, 2006). Como resultado, se puede analizar de forma probabilística, cómo distintos segmentos de la población reaccionan frente a las variables analizadas, identificando parámetros de preferencia específicos para cada uno.

Debido a esta característica, los modelos de clases latentes han sido utilizados principalmente en las ciencias sociales y en estudios de marketing, facilitando la segmentación de clientes. Sin embargo, durante las últimas décadas, se ha extendido el uso de clases latentes al análisis del área de los modelos de elección discreta y, en particular, a la modelación de decisiones de movilidad. Por ejemplo, Ben-Akiva et al. (2002) destacan las oportunidades que presentan los modelos de elección híbridos² que emplean clases latentes. A su vez, se han utilizado estos modelos para ver cómo, características, estilos de vida y creencias de las personas inciden en su elección residencial (Walker & Li, 2007), posesión de auto (Bhat & Guo, 2007), elección de ruta

² Corresponde a modelos de elección que combinan el uso de preferencias reveladas y declaradas por el individuo.

(Greene & Hensher, 2003), demanda de uso de la bicicleta (Motoaki & Daziano, 2015) y elección de modo de transporte (Hurtubia et al., 2014).

Una propuesta interesante es la de Walker et al. (2010), donde proponen la segmentación de clases latentes en función de cómo cambian las preferencias de las personas ante el tiempo de viaje y su confiabilidad. Otro avance interesante es estructurar la segmentación de clase en función del excedente del consumidor (Vij & Walker, 2014). En este estudio, el modo elegido retroalimenta la pertenencia a una determinada clase, incluyendo el beneficio del consumidor medido en tiempo de viaje y costo de la tarifa. Una proposición parecida es la realizada por Wen, Wang y Fu (2012) donde, para su estudio sobre acceso a trenes, segmentan a partir de las preferencias declaradas de la muestra sobre costo, costo de estacionamiento, tiempo de acceso y tiempo de espera.

3.2.1 Entorno construido como variable explicativa de la heterogeneidad en el comportamiento

Al explorar el uso de variables descriptoras del entorno construido para explicar la heterogeneidad de las preferencias y el comportamiento de los individuos, se identifica una no extensa, pero emergente literatura. Se encontraron pocos trabajos que vinculen el entorno construido al momento de realizar una segmentación de la población. La forma de hacerlo es construyendo variables latentes en función de las preferencias del individuo.

El primer estudio identificado es el propuesto por Olaru, Smith y Taplin (2011), quienes construyen un modelo híbrido de clases latente a partir de variables latentes construidas en función de las preferencias declaradas de las personas sobre características del entorno construido. De esta forma, construyen cada clase latente con atributos como la edad y los ingresos y los relacionan en una variable latente que se construye a partir de la importancia que da la persona a la calidad de colegios o perspectivas de plusvalía del barrio donde vive. Un análisis similar es el que hacen Smith y Olaru (2013) quienes construyen una variable latente en función de cómo las personas describen su “etapa de vida”, para elaborar un modelo de clases latentes que permita explicar la selección

residencial. Finalmente, se encuentra el trabajo de Meng, Taylor y Scrafton (2016), quienes sostienen ser los primeros en emplear modelos de clases latentes y combinarlos con herramientas SIG. Tomando como referencia preferencias declaradas, elaboran clases latentes a partir de las características de las personas y ven cómo, al realizar esta segmentación, varía el efecto del entorno construido (medido con SIG) en modelos de viaje y de elección residencial.

A partir de la revisión realizada, se identifica que no hay estudios previos que utilicen variables del entorno construido de forma directa en la ecuación de pertenencia de clase que permite segmentar a la población. Se propone esta innovación metodológica para segmentar el tipo de entorno que rodea al usuario, tipificando barrios a partir de variables medidas a través de SIG. Con esta propuesta, se espera analizar el efecto conjunto que tienen los atributos de un barrio en el comportamiento de las personas. Si bien se ha investigado previamente el efecto particular que tiene cada variable, en el presente trabajo se busca revisar si existe un efecto asociado a la presencia agrupada de estas en un barrio determinado. Con este análisis, se puede comprobar la existencia de sinergias entre las distintas variables del entorno construido, identificando que el efecto global de una determinada configuración urbana es diferente de la suma del efecto particular que tiene cada una de estas variables. Por consiguiente, existe la posibilidad de segmentar tipos de barrios a partir de un análisis de clases latentes elaborado a partir de atributos medidos. En la actualidad, la forma de hacer este tipo de análisis de variables conjuntas de barrio se basan preferencias reportadas por las personas o en características observadas por el investigador (Brownson et al., 2009).

No obstante las oportunidades y ventajas que posee la metodología propuesta, es importante señalar que esta puede presentar problemas de endogeneidad, ya que las preferencias individuales de cada persona pueden llevar a que viva en un determinado sector de la ciudad con una configuración urbana tal que favorezca sus hábitos de viaje. Para enfrentar este problema, se controlará la frecuencia de uso de bicicleta de las

personas pertenecientes a cada clase latente por sus características socio-económicas, como ha sido propuesto por diversos autores, según lo revisado en la sección 2.2.

Para elaborar los modelos de clases latentes, se puede plantear que la utilidad reportada para cada individuo n dependerá de un set de atributos del entorno construido y será única para cada clase:

$$Y_n^s = (x_n, E_n)' \beta^s + \varepsilon_n^s \quad (3.6)$$

Donde s corresponde a cada clase, E corresponde a un conjunto de variables observables del entorno construido del lugar donde vive y trabaja o estudia la persona n y ε_n^s el error de la persona n , para la clase s . A su vez, β^s corresponderá a una serie de parámetros que deberá ser calculado para cada clase s .

Si se asume que el error distribuye *i.i.d. Logística estándar*, se puede escribir la probabilidad P de que un individuo n pedalee una frecuencia k , condicional a la clase s , como un logit ordinal:

$$P(Y_n = k|s) = \frac{1}{1 + \exp(-\mu_k^s + \beta^{s'}(X_n, E_n))} - \frac{1}{1 + \exp(-\mu_{k-1}^s + \beta^{s'}(X_n, E_n))} \quad (3.7)$$

Una característica de las clases latentes es que no se pueden asignar de forma determinística a un individuo (o barrio, en este caso). No obstante, para la metodología propuesta, se asume que la pertenencia a cada clase depende de las características del entorno construido en el área de estudio y que esa relación puede ser escrita como una ecuación de pertenencia de clase f del tipo:

$$F_{ns} = f(\overline{E}_n, \gamma^s) + \varepsilon_{ns} \quad (3.8)$$

Donde F_{ns} es la variable latente continua que relaciona la probabilidad de pertenecer a la clase s y γ^s es un vector de parámetros a ser estimado. \overline{E}_n corresponde a un vector de variables del entorno construido en el lugar de origen. Estas variables son distintas de

E_n , ya que corresponderán a aquellas que son relevantes para segmentar de forma probabilística el tipo de zona en el cual vive una persona y no explicarán de forma directa la frecuencia en el uso de la bicicleta.

Si se asume que ε_{ns} distribuye *i.i.d. Extreme Value (0,1)*, la probabilidad de que el individuo n pertenezca a una determinada clase s queda dada por:

$$P_n(s) = \frac{\exp(f(\overline{E}_n, \gamma^s))}{\sum_{r \in S} \exp(f(\overline{E}_n, \gamma^r))} \quad (3.9)$$

Donde S es el conjunto de clases disponibles. Finalmente, si se combinan las ecuaciones (3.7) y (3.9), la probabilidad de que un individuo n escoja la alternativa i es:

$$P_n(Y_n = k) = \sum_{s \in S} P_n(Y_n = k|s)P_n(s) \quad (3.10)$$

Como resultado se obtiene un modelo de clase latentes que permite segmentar la población en función de las características del entorno construido del lugar de residencia del individuo. Con esto se espera segmentar a la población en dos clases, donde las variables independientes que permitirán predecir la frecuencia en el uso de la bicicleta serán las características socio-económicas, características del viaje e indicadores del entorno construido en el lugar de origen y de destino del viaje.

La metodología recién expuesta será la utilizada para estimar los modelos cuyos resultados son presentados en la sección 5.

4. CASO DE ESTUDIO Y CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

En la siguiente sección se detallan los datos obtenidos para la elaboración de los modelos propuestos, los cuales corresponden a las características socio-económicas de la persona y a variables del entorno construido.

En primera instancia, se presenta una caracterización del uso de la bicicleta en Santiago de Chile. Luego, se detalla la forma en que se elaboró la muestra consistente de 2605 observaciones obtenidas a partir de una encuesta aplicada a hombres y mujeres mayores de edad que habitan y se transportan dentro de la ciudad de Santiago. Para finalizar, se presentan las variables que permiten caracterizar el entorno construido del lugar de residencia y de trabajo de cada persona que contestó la encuesta. Esta información fue obtenida utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG).

4.1 Caso de Estudio: Santiago de Chile

Santiago es una ciudad de aproximadamente siete millones de habitantes, ubicada en la zona central de Chile. Posee un clima mediterráneo seco y concentra a aproximadamente la mitad de la población del país.

Según la Encuesta Origen Destino de Viajes (SECTRA, 2015) se realizan 17.543.901 viajes diarios dentro de la ciudad durante un día laboral. El 32 por ciento corresponde a viajes al trabajo, el 19 a viajes con motivos de estudios y el 49 por ciento restante es categorizado con el propósito “otros”. Resulta interesante notar que del total de viajes al trabajo, un 5,08 por ciento (286.957 viajes) son realizados en bicicleta. Para el propósito de estudios, esta cifra cae al 2,28 por ciento (77.064 viajes diarios). De esta forma, si se consideran los propósitos de trabajo y estudios en conjunto, se identifica que el 4,03 por ciento de los viajes de la ciudad son realizados en bicicleta. Partición que significa un aumento del 100 por ciento con respecto a la misma medición conducida el año 2012.

Resulta interesante analizar el comportamiento de los usuarios de bicicleta dentro de la ciudad. A partir de un estudio realizado en nueve ciclovías de la capital (SECTRA, 2013) se caracterizó la demanda de ciclistas por infraestructura especializada durante el

mes de noviembre. En dicho estudio, se identificó que durante días laborales, el 32 por ciento de los usuarios eran mujeres. A su vez, se identifican patrones de flujo claros a lo largo de la semana para todas las ciclovías analizadas. La mayor demanda por uso de estas se concentra entre los días martes y jueves, alcanzando un *peak* los días martes. Los días lunes y viernes la cantidad de ciclistas presenta bajas relativas, para alcanzar un mínimo los sábados. El flujo de ciclistas aumenta levemente los días domingos, producto de ser un día libre de trabajo y del efecto de iniciativas que incentivan el uso de la bicicleta, como la “ciclo-recreo-vía”.

El flujo de ciclistas va a variar según la ciclovía analizada. La ciclovía de avenida Andrés Bello alcanza flujos de hasta 5.000 personas diarias, mientras que otras como la de avenida Grecia y Antonio Varas presentan flujos cercanos a las 3.000. En términos generales, se puede afirmar que durante los fines de semana circula un 50 por ciento del flujo de ciclistas registrado durante la semana. Por último, el estudio muestra que el 43 por ciento de las personas encuestadas declara tener auto y que la distancia promedio de viaje de aquellas que utilizan la ciclovía de Andrés Bello es mayor a los 5 kilómetros, dato interesante si se considera que en gran parte de los estudios realizados en otros países consideran distancias hasta los 8 kilómetros (5 millas) (Cervero & Duncan, 2003; Garrard et al., 2008; Hydén et al., 1999; Polcar & Ausserer, 2013; Pucher & Dijkstra, 2003; Rietveld & Daniel, 2004).

A partir de estos antecedentes, se diseñó una encuesta capaz de capturar el comportamiento registrado por quienes utilizan la bicicleta para desplazarse dentro de la ciudad de Santiago, quienes se desplazan son una frecuencia que varía a lo largo de la semana.

4.2 Encuesta

A continuación se señala el diseño, aplicación y principales resultados de la encuesta.

4.2.1 Diseño de encuesta

Para conocer las características y hábitos de las personas que se transportan dentro de la ciudad de Santiago, se diseñó una encuesta *on-line* utilizando la plataforma Qualtrics®. El instrumento consta de cuatro partes: En primera instancia, se pregunta por las características que definen a cada clase de usuario identificando género, edad, nivel de estudio, de ingresos y lugar de residencia, entre otros. En segundo lugar, se pregunta por los hábitos de viaje de cada persona. Se identifica cuál es el modo de transporte que generalmente usa para desplazarse y cuántas veces utilizó la bicicleta durante la semana anterior para ir a realizar su actividad principal. En tercer lugar, se incluyó un experimento de preferencias declaradas, utilizado en Rossetti (2017). Finalmente, se elaboraron preguntas con escala Likert (Likert, 1932), para elaborar indicadores psicométricos que permitan conocer las actitudes y creencias de las personas.

Como resultado, se elaboró una encuesta consistente en 30 preguntas de una duración aproximada de diez minutos. La encuesta fue aplicada entre el 21 de marzo y el 26 de abril del año 2016. Estas fechas corresponden a la transición entre el verano y el otoño, propiciando condiciones climáticas amistosas con el uso de la bicicleta, como buen clima y temperaturas moderadas. El objetivo que persiguió el aplicar la encuesta bajo estas condiciones climáticas, fue el de capturar las impresiones de una amplia gama de ciclistas, incluyendo a aquellos usuarios “blandos” que prefieren no pedalear en contextos potencialmente desfavorable, como lo son las altas temperaturas o las lluvias. El no haber contado con su experiencia, habría sesgado la muestra a personas que probablemente usen la bicicleta en cualquier situación y contexto urbano. La encuesta puede ser revisada en detalle en el Anexo A.

4.2.2 Lugares y mecanismos de trabajo de campo

Para recolectar las observaciones se siguió una estrategia de muestreo consistente de tres ejes de acción, los cuales fueron diseñados en función de contar con información tanto de personas que usan la bicicleta con distintos niveles de frecuencia, como de quienes no la utilizan. El primer eje consistió en interceptar ciclistas en diversas comunas de la

capital. Para este fin, se definieron 11 puntos, seleccionados por ser vías que concentran una alta afluencia de usuarios de bicicleta. Vale recalcar que varios de estos puntos consisten en lugares en donde se han realizado conteos de ciclistas en estudios previos (SECTRA, 2013). La encuesta fue aplicada en tres horarios, punta-mañana (07:30 – 09:30 hrs.), valle-tarde (13:00 – 15:00 hrs.) y punta tarde (18:00 – 20:00 hrs.).

Durante esta fase de trabajo de campo, encuestadores provistos de tablets y de una polera que los distinguía como tales, invitaban a las ciclistas a responder la encuesta en el lugar que eran interceptadas. Al finalizar la encuesta, se ofrecía un pequeño obsequio consistente en una campana o una banda reflectante, de costo aproximado CLP 500. Junto con lo anterior, se sorteó una *gift card* de CLP 50.000 entre quienes completaron la encuesta.

Al momento de interceptar a la ciclista, el encuestador podía seguir dos cursos de acción. El primero consistía en invitar al usuario a responder la encuesta en el mismo lugar donde fue interceptada, registrando la información en la tablet. En caso de que la ciclista interceptada no quisiese responder en ese momento, se procedía al segundo curso de acción, consistente en invitarle a contestar la encuesta en otro momento. Para dicho fin, la persona interceptada debía dar su correo electrónico, medio a través del cual se le era enviada la encuesta para que fuese respondida en el lugar de donde desempeñaba su actividad principal o de residencia.

Como resultado de este eje de acción, se obtuvo 1.405 observaciones, de las cuales 1.050 fueron conseguidas en terreno y 355 por internet a partir del correo enviado. En la Figura 4-1 se puede identificar la ubicación espacial de los puntos de interceptación. A su vez, el detalle del punto de interceptación y de la cantidad de encuestas respondidas puede ser revisado en la Tabla 4-1.

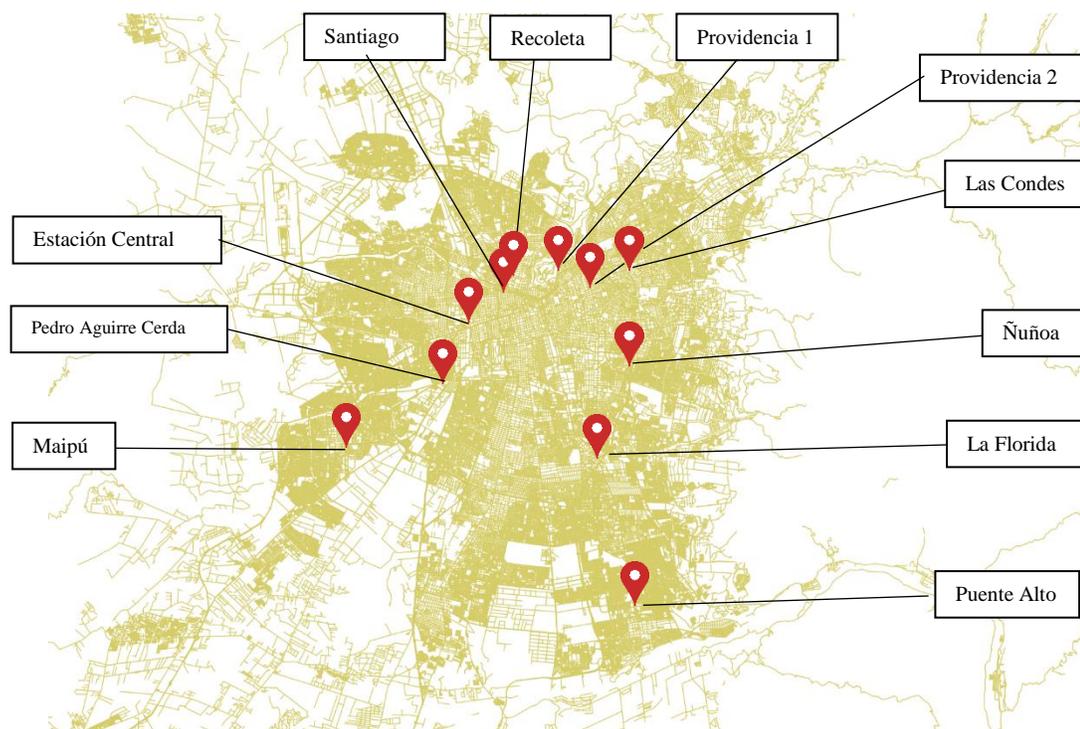


Figura 4-1: Georreferenciación de puntos de interceptación a ciclistas. Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.

Tabla 4-1: Lugares de interceptación a ciclistas y observaciones obtenidas. Fuente: Elaboración propia.

Zona	Lugar de interceptación	Total Observaciones	Observaciones obtenidas en terreno	Observaciones enviadas vía mail post interceptación
Las Condes	Intersección Américo Vespucio con Isabel La Católica	184	113	71
	Estación Central			
Ñuñoa	Intersección Av. Grecia con Juan Moya	39	31	8
Recoleta	Intersección Av. La Paz con General de la Lastra	38	30	8
Providencia 1	Intersección Av. Andrés Bello con La Concepción	167	131	36
Providencia 2	Intersección Av. Ricardo Lyon con Av. Pocuro	231	148	83
Maipú	Intersección Av. Pajaritos con 5 de Abril	124	120	4
Puente Alto	Intersección Av. Concha y Toro con San Carlos	95	83	12
Santiago	Intersección Teatinos con Rosas	170	106	64
La Florida	Intersección Av. Vicuña Mackenna con Av. Américo Vespucio	47	41	6
Pedro Aguirre Cerda	Intersección Pedro Aguirre Cerda con Av. Departamental	34	29	5

Para conocer la opinión y experiencia de aquellas personas que utilizaban poco o no utilizaban la bicicleta como modo de transporte, se definieron los dos ejes de acción restantes. El segundo eje consistió en repartir volantes en los cuales se invitaba a contestar la encuesta ingresando a una dirección de internet. Los volantes fueron repartidos en hogares, intersecciones semaforizadas y lugares de interés, como estacionamientos y talleres de bicicletas. Este proceso fue hecho de forma paralela a la encuesta por interceptación, consiguiendo 295 respuestas. Finalmente, el tercer eje de acción consistió en obtener respuestas a través del uso de redes sociales. Para dicho fin, se difundió el enlace a la encuesta a través de plataformas como Facebook, Twitter y vía correo electrónico. Como resultado se consiguieron 905 respuestas adicionales, totalizando las 2.605 observaciones que componen la muestra.

Tabla 4-2: Origen observaciones de la muestra. Fuente: Elaboración propia.

Origen Observación	Número Observaciones	Porcentaje
Intercepción de ciclistas	1050	40,31%
Mail post interceptación	355	13,63%
Volanteo	295	11,32%
Redes Sociales	905	34,74%
Total	2605	100,00%

4.2.3 Características socio-económicas de la muestra

Para analizar la muestra, se depuró la base de datos con el fin de descartar posibles errores cometidos al registrar los datos e inconsistencias. Como resultado de este ejercicio, se identificaron 1.487 observaciones válidas. Los principales descriptores de la muestra se detallan a lo largo de la siguiente sección y pueden ser revisados en la Tabla 4-3.

En términos generales, se identifica que un 62 por ciento de quienes respondieron corresponden a hombres, tasa que es similar a la identificada en el estudio de caracterización por demanda de ciclovías (SECTRA, 2013). A su vez, el promedio de edad de la muestra es de 32 años y un 86,98 por ciento de quienes respondieron declaran haber completado estudios universitarios o tiene estudios incompletos de post grado. A esta información se suma el hecho de que el 70,43 por ciento de la muestra trabaja en empleos formales o informales, mientras que el 25,07 por ciento corresponde a estudiantes. Finalmente, el 60,15 por ciento de quienes contestaron declaran ser de ingreso medio-alto o alto. Estos datos son relevantes, ya que dan cuenta de un sesgo que presenta la muestra a personas de altos ingresos con elevado nivel educacional. Sin embargo, esto resulta interesante, ya que corresponde al segmento de la población que ha registrado un mayor aumento en el uso de este modo de transporte en los últimos diez años (SECTRA, 2015).

Tabla 4-3: Características socio-económicas de la muestra. Fuente: Elaboración propia.

Atributo socio-económico	Cantidad	Porcentaje
Género		
Femenino	548	36,83%
Masculino	940	63,17%
Edad		
18 - 35	1004	67,47%
35 - 50	363	24,40%
50 - 65	101	6,79%
66 o más	20	1,34%
Educación		
Escolar	150	10,08%
Universitaria	1086	72,98%
Post grado	252	16,93%

Continuación Tabla 4-3.

Ocupación

Estudiante	373	25,07%
Trabajador	1048	70,43%
Cesante	25	1,68%
Dueño/a de casa	12	0,81%
Otro	30	2,02%

Ingreso

Bajo y medio-bajo	132	8,87%
Medio	461	30,98%
Medio-alto	659	44,29%
Alto	236	15,86%

Posesión autos por hogar

0 autos	535	35,95%
1 auto	651	43,75%
2 o más autos	302	20,30%

Posesión de bicicletas por hogar

0 bicicletas	91	6,12%
1 bicicleta	419	28,16%
2 bicicletas	470	31,59%
3 o más bicicletas	508	34,14%

Con respecto a los modos de transporte a los que tenían acceso las personas encuestadas, se identifica que un 43,75 por ciento de la muestra declara tener un auto por hogar, mientras que el 20,3 por ciento afirma poseer dos o más. Por otro lado, el 93,89 por ciento de las personas encuestadas declara tener al menos una bicicleta en el hogar.

Al revisar el modo declarado de transporte utilizado para ir “a la actividad principal” al menos una vez a la semana, cerca del 60 por ciento afirma utilizar la bicicleta. Esto es esperable dado la estrategia de recolección de datos y las características de la población alcanzada. En segundo lugar, un 21,98 por ciento de la muestra declara utilizar transporte público (ya sea metro y/o bus) y un 7,29 por ciento el automóvil.

Tabla 4-4: Modos de transporte utilizados. Fuente: Elaboración propia.

Modo utilizado	Cantidad	Porcentaje
Auto	129	7,29%
Metro	229	12,94%
Bus	160	9,04%
Bicicleta	1061	59,94%
Caminata	139	7,85%
Taxi/colectivo	32	1,81%
Otro	20	1,13%

4.3 Caracterización del Entorno Construido

Como fue mencionado anteriormente, se obtuvo un segundo tipo de datos que permite caracterizar el entorno construido del lugar en donde residen y donde trabajan o estudian las personas encuestadas. Para dicho fin se calcularon variables empleando Sistemas de Información Geográfica para áreas circulares de influencia (*buffers*) de 250, 500, 750 y 1000 metros de radio. Finalmente, se utilizaron las variables calculadas para el *buffer* de 500 metros en los modelos de frecuencia de viaje. El proceso de estimación de las variables y sus principales características son detallados a continuación.

Los Sistemas de Información Geográfica han sido ampliamente utilizados en la literatura (Forsyth et al., 2007; Ross & Dunning, 1997; Sallis et al., 2013; Sehatzadeh et al., 2011; Snizek et al., 2013; Stewart & Moudon, 2014; Winters et al., 2010, 2013; Zahabi et al., 2016; Zegras, 2010) debido a su confiabilidad y a que permiten identificar variables

claramente medibles del Entorno Construido (Brownson et al., 2009). Como fue mencionado en la sección 3.2.1, existen otras metodologías que permiten caracterizar el entorno construido las cuales fueron descartadas, ya que dependen de la percepción de las personas o de la categorización que haga el investigador. Estas formas de trabajo, a pesar de presentar ventajas metodológicas, pueden incurrir en análisis sesgados por parte de la persona encuestada o del investigador, por lo que se optó por una modelación cuantitativa del entorno construido.

Para el presente estudio, los lugares de residencia y de realización de la actividad principal fueron buscados utilizando *Google Maps* y georreferenciados (Ver Figura 4-2) en SIG. Una vez identificados estos puntos, se procedió a calcular distintos atributos para buffers de 250, 500, 750 y 1.000 metros de radio. Para dicha tarea se utilizaron las bases de datos disponibles del Servicio de Impuestos Internos (SII), del Gobierno Regional Metropolitano, del pre-censo realizado el año 2011 y de *Open Street Maps*.

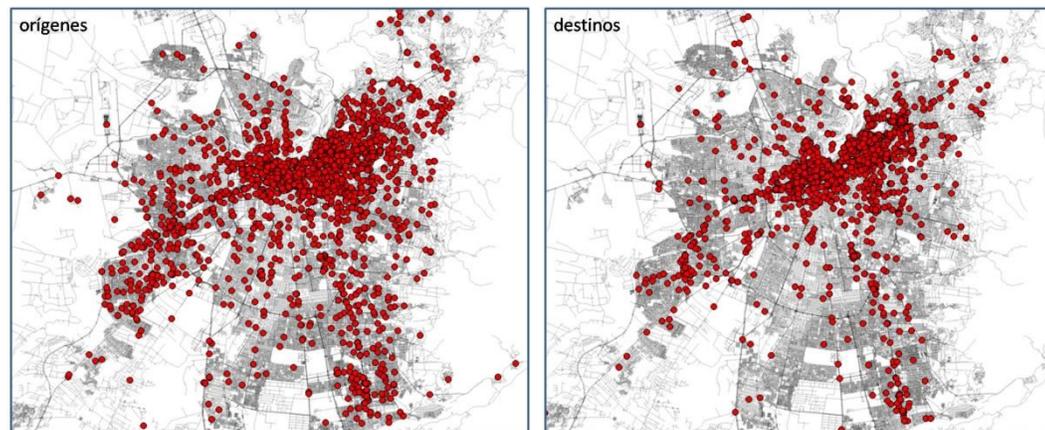


Figura 4-2: Orígenes y destinos de la muestra. Fuente: Elaboración propia a través de QGIS.

Después de analizar los resultados obtenidos para los distintos *buffers* y la experiencia identificada en la literatura, se optó por emplear el de 500 metros de radio por los siguientes motivos: En primer lugar, se trata de un área de influencia que ya ha sido utilizada para realizar análisis de frecuencia de viajes similares al propuesto, como lo es el caso de Winters et al. (2010), quienes emplean este radio para caracterizar el lugar de

origen y destino de ciclistas en la ciudad de Vancouver, Canadá. A su vez ya se han medido variables del entorno construido para la ciudad de Santiago utilizando buffers de esta medida, como se identifica en el estudio sobre posesión de vehículo realizado por Zegras (2010). Junto con lo anterior, se identifica que este buffer también ha sido utilizado para caracterizar entornos construidos en otras ciudades de Latinoamérica, como Bogotá, Colombia (Cervero et al., 2009) y Porto Alegre, Brasil (Larrañaga et al., 2014). Un cuarto motivo es el esgrimido por Hino et al. (2014), quienes identifican una fuerte correlación entre los indicadores calculados para buffers de entre 500 y 1.000 metros, en su estudio aplicado en la ciudad de Curitiba, Brasil. Además, advierten del riesgo de utilizar buffers más extensos, ya que “puede resultar en una reducción de la variabilidad de las características a nivel individual producto de un traslape de las áreas”.

Por último, cabe señalar que al revisar modelos preliminares elaborados con *buffers* de 750 y 1.000 metros, se obtuvieron resultados similares, pero con menor significancia estadística. A modo de ejemplo, en la Figura 4-3 se puede visualizar al área comprendida por un buffer de 500 metros de radio en la ciudad de Santiago. En ella, se puede ver la localización de una observación en el sector de Plaza Italia. Dentro del área comprendida por el buffer es posible identificar edificaciones con fines residenciales, de comercio y oficinas, áreas verdes, paraderos de buses, la estación de metro de Baquedano, el número de intersecciones existentes y los metros lineales de calles y ciclovías, entre otros.

Junto con esto, en la Figura 4-4 se puede visualizar la superficie de la ciudad de Santiago cubierta por los buffers de 500 metros de radio utilizados para calcular las variables del entorno construido, tanto en orígenes como en destinos.

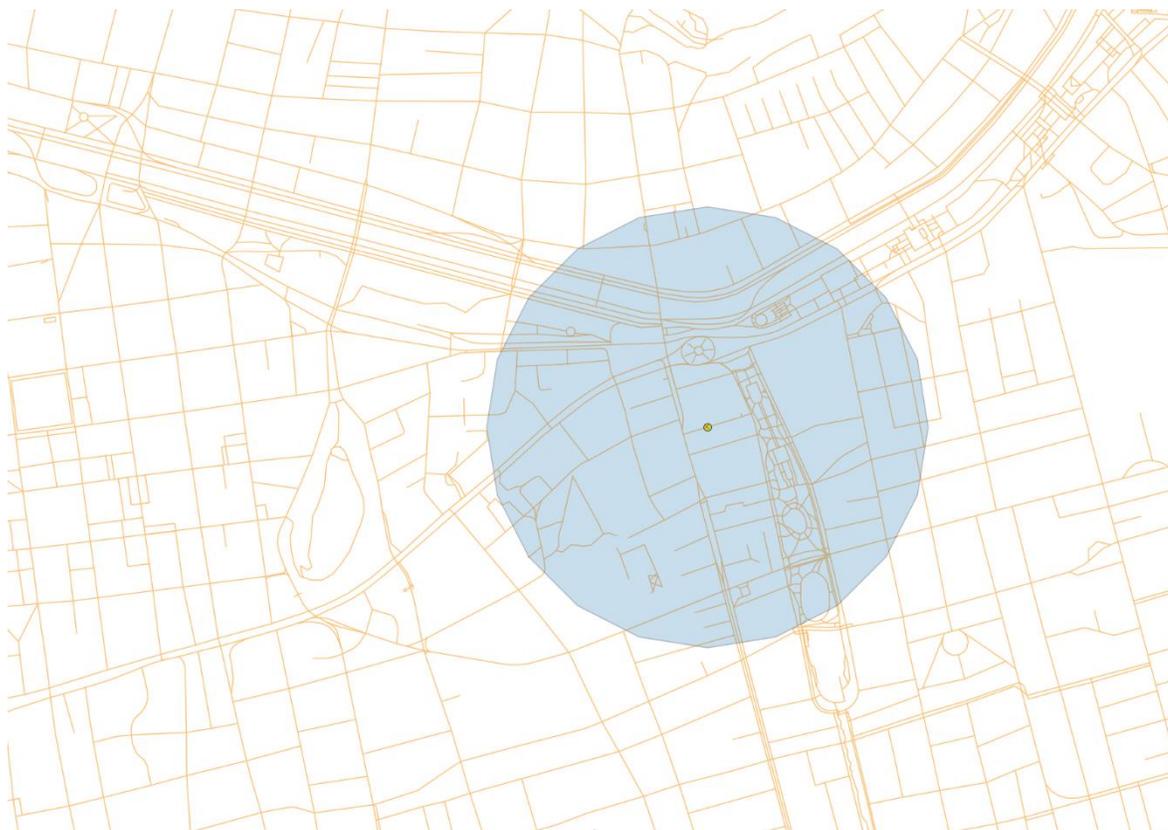


Figura 4-3: Visualización de buffer de 500 metros para una observación de la muestra correspondiente punto cercano a sector de Plaza Italia, en el centro de Santiago. Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.

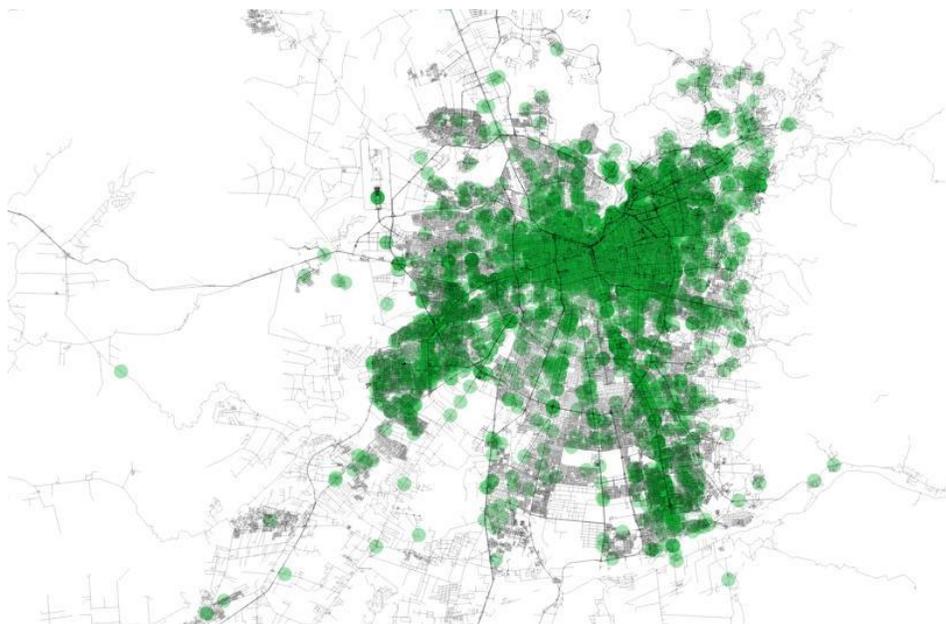


Figura 4-4: Superficie de Santiago cubierta por buffers para orígenes y destinos de viajes. Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.

A continuación, se presentan los principales valores descriptivos de las variables del entorno construido. En una primera instancia se detallan los largos de viaje de la muestra. En segunda instancia, se presentan las variables calculadas para describir el entorno construido en el lugar de origen y destino de los viajes, así como los descriptivos de las variables de largo y tiempo de viaje por modo, las cuales son sumamente relevantes en modelos de elección de modo que consideran horizontes de corto plazo (Ben-Akiva & Bierlaire, 2003).

4.3.1 Largos de viaje

Con la información obtenida, se calculó, en primer lugar, los largos y tiempos de viaje para cada observación según modo. Para dicho fin, se utilizó la herramienta *Google Maps*. Los resultados obtenidos serán comparados con los de la Encuesta Origen Destino (SECTRA, 2015), denominada como “EOD”, por sus iniciales.

En primera instancia, en la Figura 4-5, se presentan los largos de viaje de toda la muestra, para todo modo. Se puede apreciar que en términos generales, los viajes tienden a concentrarse entre los tres y siete kilómetros, con una media de 6,86

kilómetros. Estos concuerdan con lo esperado, ya que corresponde a distancias entre las que es más eficiente realizar un viaje en bicicleta, el cual corresponde al modo de transporte más utilizado. En la Figura 4-6 se muestran los largos de viaje con motivo de trabajo o estudios, para todo modo, de la Encuesta Origen Destino (EOD). Se identifica que los viajes registrados por la EOD tienden a ser más largos, con una media de 10 kilómetros. La diferencia entre ambas mediciones se puede explicar por la sobre representación de ciclistas existentes en la muestra, quienes tienden a recorrer distancias menores a 10 kilómetros.

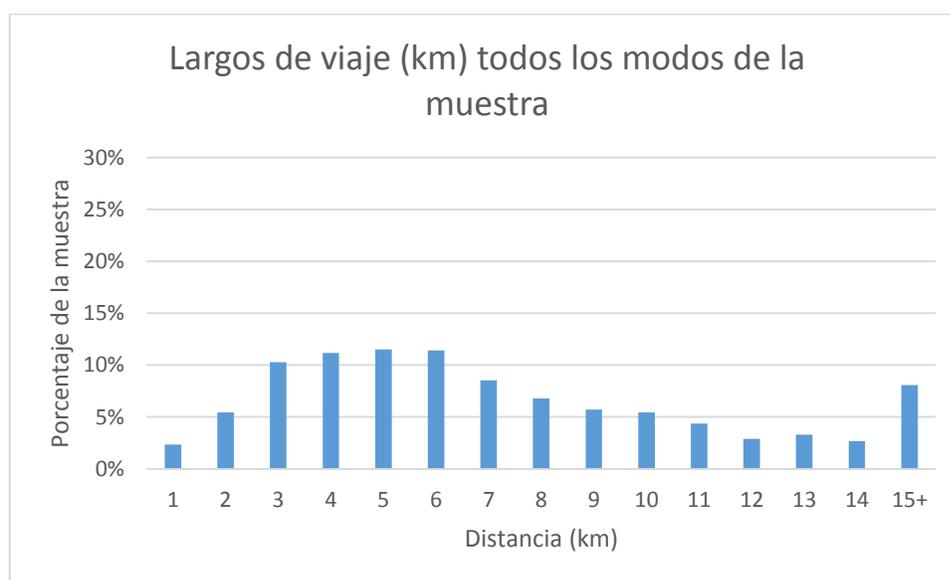


Figura 4-5: Histograma largos de viaje de la muestra para todos los modos. Fuente: Elaboración propia.



Figura 4-6 Histograma largos de viaje para todos los modos EOD. Fuente Elaboración propia a partir de EOD 2012.

Al desglosar por género, se aprecia que mujeres tienden a hacer viajes más cortos, promediando largo de 6,50 kilómetros, mientras que los hombres de 7,08. El histograma correspondiente puede ser revisado en la Figura 4-7. Una situación análoga se registra en la EOD (ver Figura 4-8), donde las mujeres también realizan viajes más cortos.

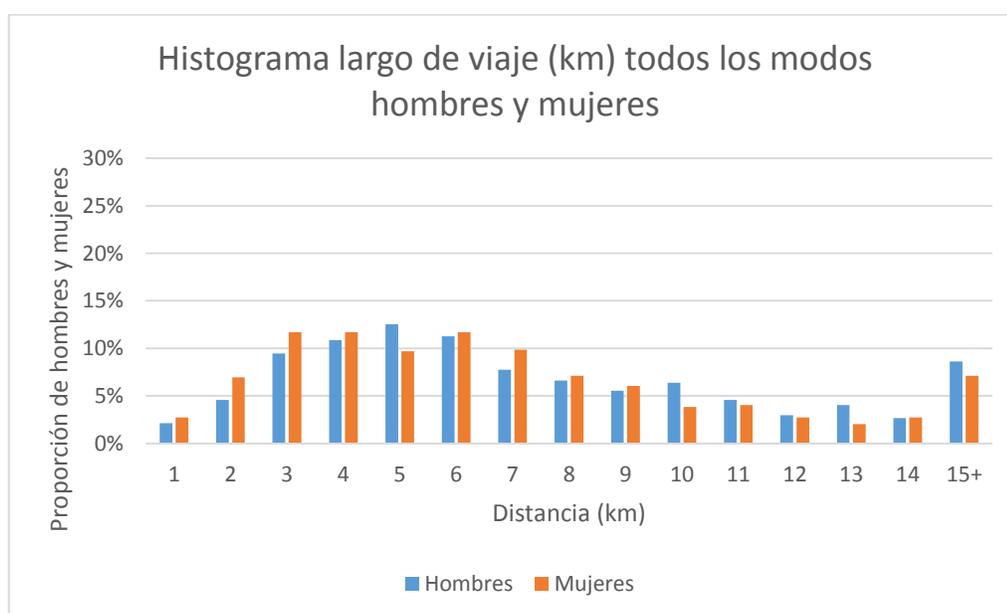


Figura 4-7: Histograma largos de viaje al trabajo hombres y mujeres, todos los modos. Fuente: Elaboración propia.

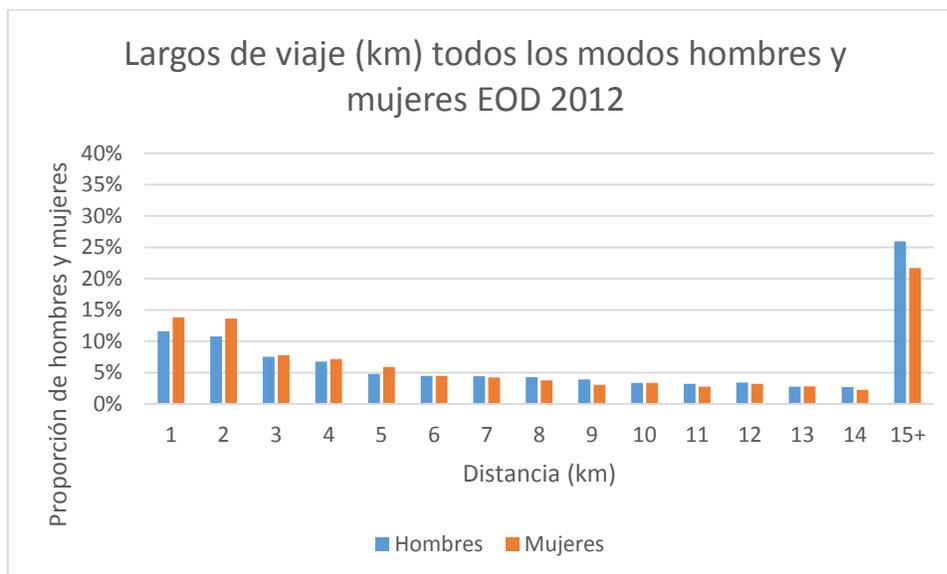


Figura 4-8: Histograma de largos de viaje al trabajo hombres y mujeres, todos los modos EOD. Fuente: Elaboración propia a partir de EOD 2012.

Al analizar entre las personas que declaran haber utilizado la bicicleta, al menos una vez durante la semana para realizar sus viajes, se registra que las distancias recorridas se encuentran entre los tres y siete kilómetros. En este caso, la distancia promedio recorrida es de 6,45 kilómetros. Al comparar con datos de la EOD, se registra que para ir al trabajo, la bicicleta es utilizada en distancias similares, siendo 4,6 kilómetros la distancia promedio recorrida (ver Figura 4-10).

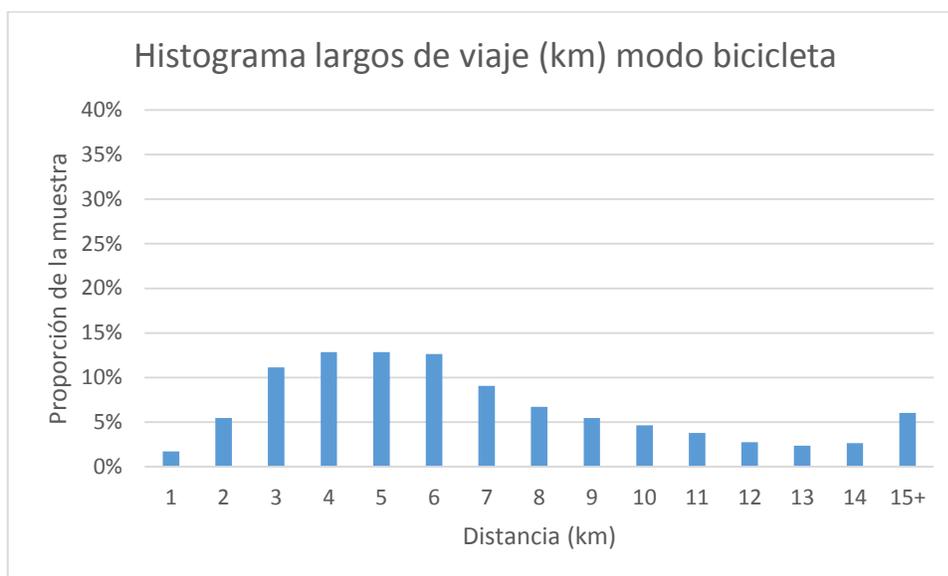


Figura 4-9: Histograma de largos de viaje para todos los usuarios de bicicleta. Fuente: Elaboración propia.

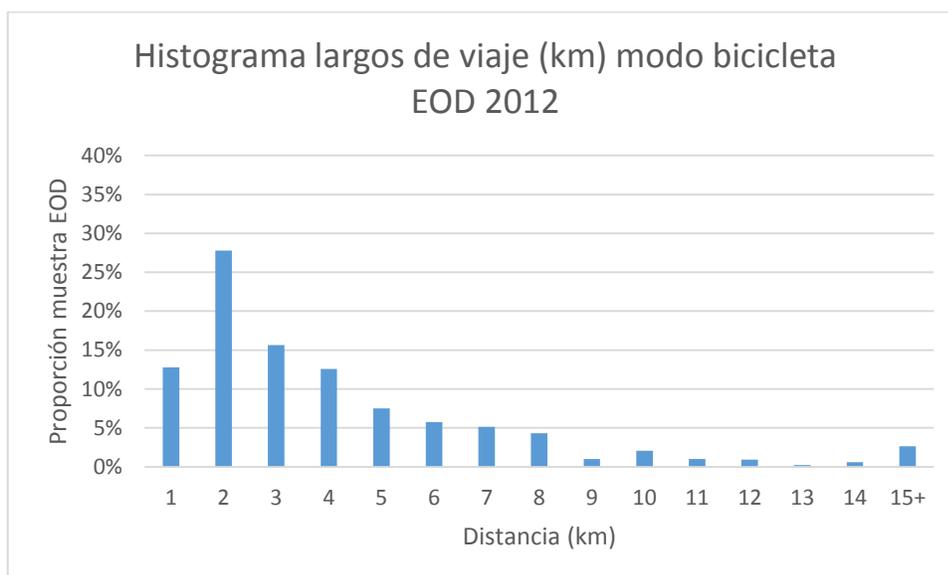


Figura 4-10: Histograma de largos de viaje para todos los usuarios de bicicleta EOD. Fuente: Elaboración propia a partir de datos EOD 2012.

Finalmente, al hacer una revisión del uso de la bicicleta por género se identifica que tanto la muestra, como los datos de la EOD concentran sus viajes entre los dos y los siete kilómetros. Sin embargo, los datos registrados en la EOD indican que tanto la mayoría de hombres como de mujeres prefieren usar la bicicleta para distancias menores

o iguales a cuatro kilómetros, mientras que personas de la muestra tienden a utilizarla incluso en longitudes mayores.

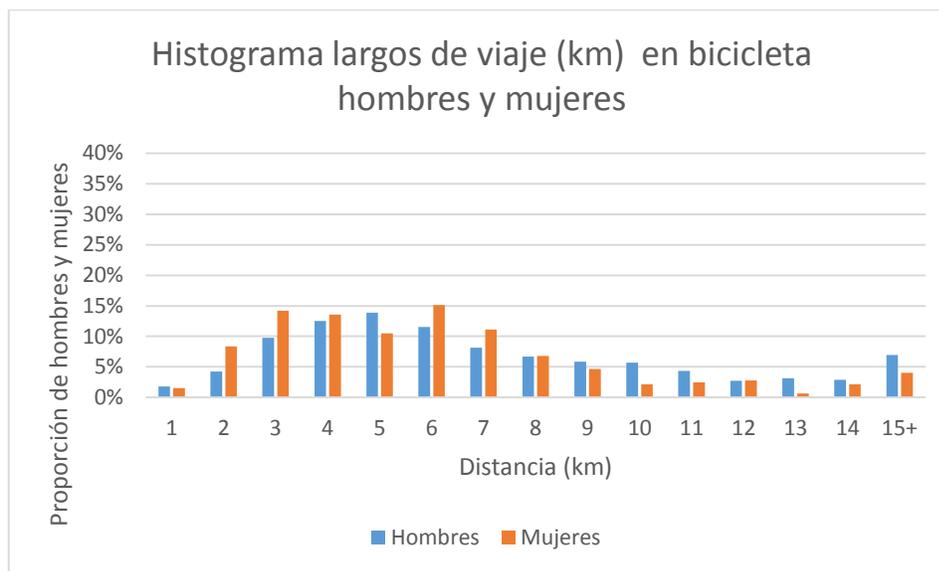


Figura 4-11: Histograma largos de viaje hombres y mujeres, modo bicicleta. Fuente: Elaboración propia.

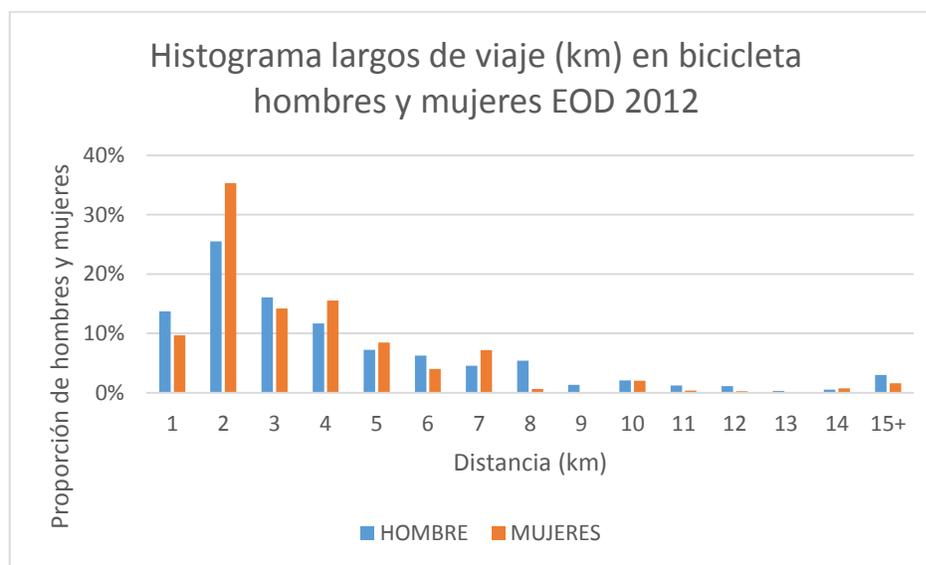


Figura 4-12: Histograma de largos de viaje hombres y mujeres, modo bicicleta EOD. Fuente: Elaboración propia a partir de datos EOD 2012.

La comparación de los largos de viaje entre los datos de la muestra y la Encuesta Origen Destino arroja datos interesantes. Para viajes por motivo de estudios o trabajo, la EOD registra viajes de mayor longitud cuando se consideran todos los modos y de menor longitud al analizar de forma específica la bicicleta, con respecto a los observados en la muestra. Esto era esperable, ya que al analizar todos los modos, se incluyen viajes en transporte público y transporte privado motorizado, los cuales tienden a ser más largos. Por otra parte, a los usuarios de bicicleta se les interceptó en ciclovías que permiten la realización de viajes de mayor longitud debido a su calidad y a que están interconectadas entre sí. De esta forma, se puede esperar que los usuarios encuestados presenten un patrón de viajes de mayor longitud que los de la EOD, donde se registran viajes en toda la ciudad, incluso en lugares que no cuentan con infraestructura adecuada para favorecer el uso de la bicicleta.

Sin embargo, la muestra presenta patrones de viaje similares en términos de comportamiento entre hombres y mujeres. Para ambos, los viajes en bicicleta son más cortos que para otros modos y se registra que, en promedio, las mujeres hacen viajes en bicicleta de menor distancia que los hombres.

Para mayor información, en el Anexo B se presenta la georreferenciación de orígenes y destinos de personas que usan la bicicleta para ir a trabajar o estudiar. A su vez, en el Anexo C se puede revisar la georreferenciación de orígenes y destinos de aquellas personas que declaran utilizar la bicicleta tres o más veces a la semana para realizar este tipo de viajes.

Finalmente, los largos de viaje por modo de la muestra pueden ser revisados en la Tabla 4-5, donde destaca que los viajes realizados en modo caminata y bicicleta son los más cortos.

Tabla 4-5: Largo promedio de viajes por modo. Fuente: Elaboración propia.

Modo	Largo promedio de viaje (km)
Auto	8,47
Bicicleta	6,45
Bus	8,86
Metro	9,55
Caminata	3,24
Taxi	8,22
Otro	8,24

4.3.2 Variables del Entorno Construido

Los indicadores que permiten caracterizar el entorno construido fueron calculados tanto para orígenes como para destinos. Éstos se agrupan, según lo propuesto por Ewing y Cervero (2010) en cinco categorías: Diseño de Barrio, Distancia a Transporte Público, Densidad, Diversidad de Uso de Suelo y Accesibilidad. Junto con esto, se incluyen los atributos que definen los largos y tiempos de viaje según modo. El detalle de cada indicador calculado se encuentra a continuación en la Tabla 4-6. A su vez, los descriptivos de cada atributo pueden ser revisados en la sección Anexos, en las Tablas 8-1, 8-2 y 8-3.

Tabla 4-6: Indicadores urbanos calculados. Fuente: Elaboración propia.

Tipo de Variable	Tipo de Variable		
Diseño de barrio Largo promedio de ciclovía Suma de largos de ciclovía Metros lineales de ciclovía en buffer Cantidad de ciclovías en buffer Distancia a ciclovía más próxima	Distancia a Transporte Público Núm estaciones de metro Distancia a metro más cercano Núm paraderos bus Núm recorridos bus Distancia a paradero más cercano		
		Largo promedio de calle Metros lineales de calle en buffer Número de intersecciones en buffer Desviación estándar de ángulos que forman intersecciones en buffer Desviación estándar largo de calle Tamaño de manzana	Diversidad Uso de suelo Entropía Uso de Suelos Superficie parques
			Accesibilidad Distancia a eje Alameda Distancia a Plaza de armas
		Densidad Núm Viviendas en buffer Núm Comercio en buffer Núm oficinas en buffer	Viaje Diferencia de altura entre origen y destino Distancia modo auto Distancia modo bus Distancia modo caminata Tiempo modo auto Tiempo modo bus Tiempo modo caminata

Cabe señalar dos observaciones con respecto a los atributos calculados. Para el número de intersecciones dentro del *buffer* y el cálculo de la desviación estándar del ángulo que formaban estas, se emplearon datos del *buffer* de 250 metros de radio, producto de limitaciones en la capacidad de procesamiento de los datos. En segundo lugar, para calcular la diversidad de uso de suelo, se utilizó un indicador de entropía basado en el

desarrollado por Zegras (2010) para su estudio aplicado en la ciudad de Santiago. En la sección 2.3.2 se puede revisar el efecto esperado de este indicador.

En este caso, el índice de entropía s es un indicador de la diversidad de usos de suelos registrados dentro del buffer. Su valor variará entre 0 y 1, donde el valor mínimo corresponde a un único uso de suelo y el máximo a una mezcla perfecta. La forma de cálculo del indicador puede ser revisado en la ecuación 4.1, donde v a los metros cuadrados de vivienda, c a los de comercio, t a los de oficinas, i a los de industria, e a los de educación y o a la superficie de terreno destinada a otros usos, como deportes, culto, salud, estacionamiento y sitios eriazos. T corresponde a la suma total de superficie. Cabe destacar que se eligieron los usos de suelo señalados en función de su relevancia en el estudio. Se trata de usos para los cuales se ha estudiado su efecto, lo cual permite el análisis e interpretación del resultado obtenido. Se incluyó el uso de suelo de industria porque se trata de lugares generadores de empleo y, por lo tanto, constituye un uso de suelo atractor de viajes al trabajo.

$$s = \left[\frac{\left[\frac{v}{T} - \frac{1}{6} \right] + \left[\frac{c}{T} - \frac{1}{6} \right] + \left[\frac{t}{T} - \frac{1}{6} \right] + \left[\frac{i}{T} - \frac{1}{6} \right] + \left[\frac{e}{T} - \frac{1}{6} \right] + \left[\frac{o}{T} - \frac{1}{6} \right]}{\frac{5}{3}} \right] \quad (4.1)$$

5. RESULTADOS

Para modelar la frecuencia semanal de uso de la bicicleta para ir al trabajo, se estimaron cuatro modelos del tipo Logit Ordinal. Además, se elaboró un quinto modelo que considera la heterogeneidad del comportamiento incorporando un análisis de clases latentes. Para cada caso, la variable dependiente fue la frecuencia semanal de uso de la bicicleta con motivo de trabajo o estudios y las variables independientes fueron atributos socio-económicos y/o del entorno construido. Los cinco modelos fueron estimados utilizando el software “Biogeme” (Bierlaire, 2003).

Es importante para señalar que por efectos de modelación, los umbrales de utilidad que indican el cambio de frecuencia son especificados de la siguiente forma: $\mu_k = \mu_{k-1} + \delta_k$.

5.1 Estimación de frecuencia de uso de la bicicleta

Los cuatro primeros modelos buscan predecir la frecuencia de uso de la bicicleta en función de las características socio-económicas del usuario, las características que posee el viaje al trabajo o lugar de estudios, las características del lugar de residencia, que es donde se origina el viaje y las características del lugar de estudios, trabajo u otro. Para llevar a cabo este análisis, se emplearon modelos del tipo logit ordinal, explicados en la sección 3.1. Es importante señalar que se excluyó del análisis a variables que podrían presentar problemas de endogeneidad al momento de predecir el uso de la bicicleta, como la experiencia andando en bicicleta y el grado de aceptación entre pares el uso de este modo de transporte.

El primer modelo “Frecuencia en función de atributos de la persona” consiste en predecir la frecuencia semanal de uso de la bicicleta en función de las características socio-económicas del individuo. A este modelo se suma el segundo, “Frecuencia en función de atributos de la persona y viaje”, el cual incorpora las características del viaje que realiza la persona. Es importante tener estos dos modelos como base, ya que permiten caracterizar al usuario y modelar en función de uno de los atributos más

importantes al momento de elegir modo de transporte como lo es el largo de viaje (Ben-Akiva & Bierlaire, 2003; Majumdar & Mitra, 2013; Plaut, 2005; Pucher & Buehler, 2010). Además, como fue señalado en la sección 2, la inclusión de estas variables es una de las formas de controlar posibles problemas de endogeneidad en el modelo.

El tercer modelo considera atributos del usuario, características del viaje y características del entorno construido. Se denomina “Frecuencia en función de atributos de la persona, viaje y características del entorno construido en origen”. Los modelos que incorporan estos tres tipos de variables son los más utilizados en la literatura, ya que generalmente se analiza el cómo las características socio-económicas y las características del entorno construido en el barrio donde vive una persona afectan en el comportamiento de viaje. En particular, se analiza el efecto en el uso de la bicicleta para todo propósito o para viajes utilitarios. No obstante lo anterior, este modelo difiere de aquellos que incorporan variables como la experiencia andando en bicicleta o creencias y percepciones del usuario (Cervero et al., 2009; Handy & Xing, 2011). El motivo de esto radica, como fue señalado, en que se optó por evitar la inclusión de variables que pudieran presentar endogeneidad.

Finalmente, se presenta el modelo “Frecuencia estimada en función de atributos de la persona, viaje y características del entorno construido en origen y destino”, el cual incorpora variables del entorno construido que caracterizan el lugar de destino del viaje. Al revisar la literatura existente, se encontró pocos estudios que hicieran este ejercicio, siendo un ejemplo el de Winters, Brauer, Setton, & Teschke (2010). Como fue señalado, esto se debe a que generalmente se investigan las características del barrio donde vive una persona y porque para el lugar de destino se suele analizar la existencia de servicios o infraestructura que favorezca el uso de la bicicleta, como lo es la existencia de estacionamientos de bicicleta, de lugares para guardar la ropa o de duchas (Buehler, 2012; Heinen et al., 2010).

A continuación se detallan los resultados encontrados para cada uno de los modelos. En la sección 5.1.5 se comparan los cuatro modelos entre sí. La Tabla 5-5 presenta los resultados agregados.

5.1.1 Frecuencia en función de atributos de la persona

Al analizar este primer modelo, se revisa el efecto que tienen las características socio-económicas de una persona al momento de definir la frecuencia semanal de uso de la bicicleta. La posesión de automóvil en el hogar aparece como un factor importante para no utilizar el modo de transporte analizado. Esto da a entender que personas con posesión de auto probablemente lo utilizarán para transportarse. Sin embargo, el valor de esta variable es relativamente bajo, lo cual puede ser explicado porque al tratarse de un único auto en el hogar, la probabilidad de que esté disponible para ser utilizado puede ser baja.

Sumado a lo anterior, se identifica que el efecto es mayor si es que se posee un segundo o más autos. En este caso, se puede afirmar que una familia no invertiría en un segundo vehículo para no utilizarlo. Además, aumenta la probabilidad de contar con un auto disponible que pueda ser utilizado. Efecto análogo, pero contrario tiene el número de bicicletas disponibles en el hogar. A mayor número de bicicletas, es más probable que el usuario disponga de una para utilizarla, aumentando la frecuencia de uso estimada. A su vez, puede ocurrir que una persona que sea más propensa a utilizar este modo de transporte decida invertir más dinero en él, contando con más de una bicicleta.

Junto con lo recientemente expuesto, el nivel de ingresos de la persona también juega un rol importante. Se identifica que personas de ingreso familiar alto, tienen una menor predisposición a utilizar la bicicleta. Como fue mencionado en la revisión bibliográfica, la relación entre ingresos y uso de la bicicleta es poco clara, sin embargo, para el caso de Santiago, se puede sostener que personas de altos ingresos pueden pagar el costo asociado a tener, conducir y manejar un auto. En la literatura, el costo que implica el uso del auto ha sido registrado como un aliciente al uso de la bicicleta (Pucher & Buehler, 2006). Tampoco se puede descartar que las personas de altos ingresos que componen la

muestra viven en suburbios alejados de los principales lugares de trabajo o estudio, haciendo inviable el uso de la bicicleta como modo de transporte debido a la distancia que debe ser recorrida. Es necesario recordar que, a pesar de que cerca del 60 por ciento de la muestra corresponda a personas de estrato alto, este resultado es coherente, ya que también se está considerando a usuarios de otros modos de transporte.

Con respecto a la ocupación, estudiantes y personas con empleo tienden a utilizar con mayor frecuencia la bicicleta. Esto se explica principalmente, porque el caso base se trata de personas sin empleo o jubiladas. A su vez, la bicicleta posee características que hacen más atractivo su uso, como el evitar la congestión vehicular y su alta confiabilidad en los tiempos de traslado.

Para finalizar, se analizan las dos variables restantes: la cantidad de personas en el hogar y el género de la persona. El número de personas en el hogar tiene un efecto negativo en el uso de la bicicleta. El motivo detrás de esto puede tener origen en el hecho de que familias más numerosas, requieren de la realización de viajes más complejos, como el ir a dejar a hijos al colegio o trasladar a integrantes del hogar por diversos motivos. Para este tipo de viajes, puede resultar engorroso utilizar la bicicleta si no se cuenta con la infraestructura adecuada, como la existencia ciclovías por la calzada de un ancho que permita el uso de acoplados en la bicicleta. Además, a mayor número de personas en el hogar, disminuye la cantidad de bicicletas disponibles.

Por otro lado, se identifica que el ser mujer tiene un efecto negativo en el modelo. Como ya fue señalado, ha sido ampliamente documentado el que las mujeres tienen una menor tendencia a utilizar la bicicleta. Esto se puede deber principalmente a que presentan una mayor aversión al riesgo que representa utilizar este modo de transporte (Baker, 2009) o a que en sociedades como las latinoamericanas, tienden a realizar tareas que pueden ser poco compatibles con el uso de la bicicleta si no se cuenta con la infraestructura adecuada, como realizar compras del hogar u ocuparse y transportar a hijos e hijas.

Tabla 5-1: Frecuencia semanal de uso de la bicicleta modelada en función de características socioeconómicas de la persona. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Frecuencia en función de atributos de la persona	
	Valor	test-t
Atributos Socioeconómicos		
1 auto	-0.350	-2.900
2 o más autos	-0.910	-5.580
N bicicletas	0.527	10.830
Estudiante	0.882	3.070
Ingreso alto	-0.681	-4.480
Ingreso medio-alto	-	-
Mujer	-0.400	-3.680
N personas en el hogar	-0.107	-2.950
Tiene trabajo	1.750	6.260
Indicadores Entorno Construido en el Destino		
N oficinas (/1000)	-	-
Distancia ciclovía más cercana (km)	-	-
Factor entropía	-	-
N estaciones de metro dentro de buffer	-	-
Indicadores Entorno Construido en el Origen		
N viviendas (/1000)	-	-
Distancia a paradero más próximo (m)	-	-
Largo promedio ciclovías (km)	-	-
Indicadores Características del Viaje		
Diferencia de altura (km)	-	-
Distancia (km)	-	-
Tiempo de viaje Transporte Público (min)	-	-
Umbrales		
μ_0 (1 viaje)	0.330	2.230
δ_1 (2 viajes)	0.113	5.150
δ_2 (3 viajes)	0.178	6.660
δ_3 (4 viajes)	0.391	10.440
δ_4 (5 o más viajes)	0.461	11.920
Log-verosimilitud final	-1742.208	
ρ^2	0.158	
ρ^2 ajustado	0.151	

* No significativo al 95%

** No significativo al 90%

5.1.2 Frecuencia en función de atributos de la persona y viaje

Al analizar este modelo, se verifica el efecto que tienen las características del viaje al momento de predecir la frecuencia de uso de la bicicleta por parte del usuario. En primer lugar, se identifica que, si bien ninguna variable relacionada a los atributos de la persona cambia de signo, estas tienden a disminuir de magnitud. Posesión de bicicletas e ingreso alto aumentan levemente, mientras que el ser mujer y el ser estudiante lo hace de forma más significativa. Esto da cuenta de que al controlar por distancias y tiempos de viajes, para mujeres y para estudiantes es menos atractivo el uso de la bicicleta. Una última característica a considerar es el hecho de que la variable categórica relacionada a pertenecer a un segmento de ingresos medio-alto se vuelve significativa. Esta también posee un valor negativo, lo cual se puede explicar por los mismos motivos que explican el valor menor que cero para aquellas personas de ingresos altos.

Resulta interesante analizar el efecto que tienen las características del viaje en el modelo. En primer lugar se identifica un valor negativo para la diferencia de altura neta existente entre el lugar de origen y el lugar de destino del viaje. Este dato es relevante para una ciudad con diferencias de altura importantes, como lo es Santiago. El que tenga un valor menor que cero puede ser explicado porque las personas prefieren hacer un viaje que sea en descenso en la ida. De esta forma, realizar el viaje es menos exigente físicamente, es más rápido y es más cómodo, ya que al llegar sería menor la necesidad de ducharse o descansar. No obstante lo anterior, no se puede descartar que el motivo del signo de este estimador se deba al sesgo que tiene la muestra al sobre representar a personas de altos ingresos. Este segmento de la población tiende a vivir en el sector oriente de la ciudad, correspondiente a los faldeos cordilleranos, residiendo en un lugar de mayor altura que los puestos de trabajo.

Tabla 5-2: Frecuencia semanal de uso de la bicicleta estimada en función de características socioeconómicas de la persona y del viaje. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Frecuencia en función de atributos de la persona y viaje	
	Valor	test-t
Atributos Socioeconómicos		
1 auto	-0.303	-2.390
2 o más autos	-0.677	-3.880
N bicicletas	0.531	10.580
Estudiante	1.160	3.890
Ingreso alto	-0.724	-4.040
Ingreso medio-alto	-0.230	-1.88*
Mujer	-0.500	-4.490
N personas en el hogar	-0.084	-2.210
Tiene trabajo	1.870	6.500
Indicadores Entorno Construido en el Destino		
N oficinas (/1000)	-	-
Distancia ciclovía más cercana (km)	-	-
Factor entropía	-	-
N estaciones de metro dentro de buffer	-	-
Indicadores Entorno Construido en el Origen		
N viviendas (/1000)	-	-
Distancia a paradero más próximo (m)	-	-
Largo promedio ciclovías (km)	-	-
Indicadores Características del Viaje		
Diferencia de altura (km)	-3.990	-5.440
Distancia (km)	-0.141	-7.010
Tiempo de viaje Transporte Público (min)	0.021	3.940
Umbrales		
μ_0 (1 viaje)	0.587	1.760*
δ_1 (2 viajes)	0.107	5.150
δ_2 (3 viajes)	0.168	6.660
δ_3 (4 viajes)	0.370	10.440
δ_4 (5 o más viajes)	0.441	11.930
Log-verosimilitud final	-1697.257	
ρ^2	0.179	
ρ^2 ajustado	0.171	

* No significativo al 95%

** No significativo al 90%

Para finalizar, se puede concluir que mientras mayor sea la distancia al lugar de destino, es menos probable que se utilice la bicicleta, lo cual es esperable, ya que implica que se debe recorrer un mayor trayecto para completar el viaje. Junto con lo anterior, mientras mayor sea el tiempo que tome realizar el viaje en transporte público, más frecuente será el uso de la bicicleta. Esto se explica porque el tiempo de viaje del transporte público no es constante y dependerá de las condiciones del tráfico. De esta forma, mientras mayor sea el tiempo que tome realizar el viaje en este modo, más atractivo se tornará el utilizar una alternativa.

Por último, se ve una mejora en los tests del modelo. La log verosimilitud final disminuyó y tanto el test ρ^2 , como el ρ^2 ajustado, presentan mejoras significativas, dando cuenta de la relevancia que tienen las variables que caracterizan el viaje al momento de predecir la frecuencia en el uso de la bicicleta.

5.1.3 Frecuencia en función de atributos de la persona, viaje y características del entorno construido en origen

Como fue señalado, este modelo incorpora las variables del entorno construido en el origen y se asemeja a la gran mayoría de los estudios revisados. Al revisar el efecto que tienen los atributos socio-económicos de las personas en este modelo, se ven leves variaciones con respecto al anterior. El único cambio relevante es el efecto que tiene el número de personas que componen el hogar. Esta variable tiende a disminuir en magnitud y deja de ser estadísticamente significativa al 95 por ciento. Al analizar las variables que caracterizan el viaje, tampoco se identifican variaciones importantes.

Al analizar el efecto que tienen atributos del entorno construido, se identifica que a mayor densidad habitacional dentro del buffer, mayor es la frecuencia esperada en el uso de la bicicleta. Este resultado es coherente con la literatura revisada. También es positivo el efecto que tiene el largo promedio de las ciclovías. Este dato resulta interesante, ya que esta variable mide el largo promedio (en metros) de las ciclovías que cruzan el buffer, lo cual quiere decir que mientras más larga sea una ciclovía, mayor es la

probabilidad de que las personas utilicen la bicicleta, dando justificación a la continuidad de estas.

Por último, se registra que a mayor distancia del paradero de bus más próximo, es menos probable que se utilice la bicicleta. Este hecho no era esperado si se toman en cuenta los antecedentes recabados al realizar esta investigación, ya que al estar más cerca de un paradero de bus podría resultar más atractivo utilizar este modo de transporte. Una hipótesis para explicar esto fenómeno puede ser que en ciertas ciudades, como Santiago, la proximidad a un paradero esté correlacionado con el nivel de centralidad de un barrio, debido a que se trata de lugares que por diversos motivos atraen o generan más viajes y son de más fácil acceso. Esta hipótesis es coherente con el hecho de que lugares con mayor accesibilidad son más atractivos para el uso de la bicicleta (Cui et al., 2014). A su vez, el vivir lejos de paraderos puede dar cuenta de que la residencia se encuentra en un suburbio alejado del centro de la ciudad, en los cuales se identifica un mayor uso del automóvil particular (Cao et al., 2009a).

Vale la pena mencionar la magnitud de las variables analizadas para el origen, las cuales son hasta dos órdenes de magnitud menores que las anteriormente analizadas. Esto es coherente con la literatura, donde se ha confirmado que el efecto de entorno construido es estadísticamente significativo, pero menor en magnitud si se compara con el efecto que tienen las características y creencias de una persona (Cao et al., 2009a).

Por último se evidencia una mejora en los distintos tests que miden el desempeño del modelo, dando cuenta del aporte existente al incluir variables del entorno construido en el origen de los viajes.

Tabla 5-3: Frecuencia semanal de uso de la bicicleta estimada en función de características socioeconómicas de la persona y del viaje y características en el lugar de origen. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Frecuencia en función de atributos de la persona, viaje y origen	
	Valor	test-t
Atributos Socioeconómicos		
1 auto	-0.276	-2.170
2 o más autos	-0.632	-3.610
N bicicletas	0.532	10.560
Estudiante	1.140	3.820
Ingreso alto	-0.746	-4.140
Ingreso medio-alto	-0.260	-2.090
Mujer	-0.520	-4.650
N personas en el hogar	-0.065	-1.68*
Tiene trabajo	1.860	6.380
Indicadores Entorno Construido en el Destino		
N oficinas (/1000)	-	-
Distancia ciclovía más cercana (km)	-	-
Factor entropía	-	-
N estaciones de metro dentro de buffer	-	-
Indicadores Entorno Construido en el Origen		
N viviendas (/1000)	0.037	2.020
Distancia a paradero más próximo (m)	-0.001	-2.120
Largo promedio ciclovías (km)	0.109	2.310
Indicadores Características del Viaje		
Diferencia de altura (km)	-3.330	-4.360
Distancia (km)	-0.145	-7.090
Tiempo de viaje Transporte Público (min)	0.026	4.750
Umbrales		
μ_0 (1 viaje)	0.371	2.740
δ_1 (2 viajes)	0.021	5.150
δ_2 (3 viajes)	0.026	6.660
δ_3 (4 viajes)	0.036	10.440
δ_4 (5 o más viajes)	0.037	11.930
Log-verosimilitud final	-1688.579	
ρ^2	0.183	
ρ^2 ajustado	0.173	

* No significativo al 95%

** No significativo al 90%

5.1.4 Frecuencia estimada en función de atributos de la persona, viaje y características del entorno construido en origen y destino

El último modelo incorpora atributos del entorno construido en el lugar de destino del viaje. Si se compara con el anterior, el valor de las variables correspondientes a las características socio-económicas de la persona, las características del viaje y del lugar de residencia no presentan mayores variaciones, con la excepción del número de personas en el hogar, la cual deja de ser estadísticamente significativa. En estudios previos esta variable también ha resultado ser no estadísticamente significativa (Plaut, 2005).

Al analizar el efecto de las variables del lugar de destino, se verifica el valor positivo que tiene la densidad de lugares de trabajo en el modelo. Esto puede ser explicado porque lugares con estas características concentran un mayor número de viajes y, por ende, son lugares de mayor congestión. Ante este contexto, el uso de la bicicleta es una opción eficiente para evitar este tipo de problemas.

La distancia (medida en kilómetros) a la ciclovía más próxima tiene un efecto negativo al momento de utilizar la bicicleta. Este resultado es interesante, ya que indica que la accesibilidad en bicicleta del lugar de destino es relevante al momento de elegir el modo de transporte para desplazarse. Que el lugar de donde se realiza la actividad principal esté más alejado de una ciclovía, implica que el usuario deberá desplazarse por la calzada junto con los autos. Esto puede incurrir en situaciones riesgo y molestia a menos que decida usar su bicicleta en la acera, aumentando su tiempo de viaje e interacciones conflictivas con peatones. Por consiguiente, mientras mayor sea la distancia a la ciclovía, mayor será el trayecto que deberá recorrer el usuario en las condiciones señaladas y será menor la frecuencia esperada de uso de la bicicleta.

La presencia de estaciones de metro dentro del *buffer* también tiene un efecto negativo en el uso de la bicicleta. A mayor cantidad de estaciones de metro dentro del *buffer*, menor es la frecuencia de uso de bicicleta esperada para cada persona. Este efecto es interesante, ya que sugiere que para los usuarios de la ciudad de Santiago, la presencia de estaciones de metro en el lugar de destino es relevante al momento de definir el modo

de transporte que utilizarán, optando –probablemente- por el servicio de transporte público. Este comportamiento no se registra al analizar las estaciones de metro existentes en el origen. Cabe recordar que políticas como la integración tarifaria, la alta confiabilidad en los tiempos de viaje y la buena opinión general existente entre la ciudadanía sobre el metro, incentivan a que la gente lo prefiera para desplazarse.

Finalmente, se encuentra que el factor de entropía calculado para el lugar de destino tiene un efecto negativo en la frecuencia esperada de uso de la bicicleta. Este valor no era el esperado, ya que la literatura es contundente al registrar una relación positiva. Frente a este hecho, surgen dos posibles explicaciones, detalladas a continuación.

En primer lugar, los estudios revisados tienden a analizar todo tipo de viajes utilitarios dentro del barrio de residencia. En este contexto, resulta coherente el que la diversidad de suelo favorezca un mayor uso de la bicicleta, ya que dentro de distancias cortas, se pueden hacer las compras, trámites, salir a comer o acceder a otro tipo de servicios.

Sin embargo, al analizar viajes exclusivamente al trabajo y otros, donde la media del trayecto es de 6 kilómetros, el transportarse en bicicleta puede resultar engorroso en caso de que el usuario quiera acceder a los diversos servicios que se ofrecen. Por ejemplo, si se quiere dejar a los hijos en el colegio, aprovechar de hacer compras o salir a comer, la bicicleta puede resultar incómoda o poco práctica. De hecho, está demostrado que el tener que ir a más de un lugar cuando se utiliza la bicicleta al ir al trabajo, desalienta su uso (Heinen et al., 2013).

Tabla 5-4: Frecuencia semanal de uso de la bicicleta estimada en función de características socioeconómicas de la persona y del viaje y características en el lugar de origen y destino. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Frecuencia atributos de la persona, viaje origen y destino	
	Valor	test-t
Atributos Socioeconómicos		
1 auto	-0.293	-2.290
2 o más autos	-0.718	-4.210
N bicicletas	0.503	10.690
Estudiante	1.370	4.540
Ingreso alto	-0.732	-4.020
Ingreso medio-alto	-0.270	-2.150
Mujer	-0.513	-4.520
N personas en el hogar	-	-
Tiene trabajo	1.880	6.490
Indicadores Entorno Construido en el Destino		
N oficinas (/1000)	1.480	2.610
Distancia ciclovía más cercana (km)	-0.795	-6.170
Factor entropía	-1.590	-3.280
N estaciones de metro dentro de buffer	-0.174	-1.990
Indicadores Entorno Construido en el Origen		
N viviendas (/1000)	0.044	2.400
Distancia a paradero más próximo (m)	-0.001	-2.000
Largo promedio ciclovías (km)	0.119	2.500
Indicadores Características del Viaje		
Diferencia de altura (km)	-3.280	-4.230
Distancia (km)	-0.128	-6.070
Tiempo de viaje Transporte Público (min)	0.028	4.740
Umbrales		
μ_0 (1 viaje)	0.330	0.770**
δ_1 (2 viajes)	0.113	5.150
δ_2 (3 viajes)	0.178	6.660
δ_3 (4 viajes)	0.391	10.450
δ_4 (5 o más viajes)	0.461	11.940
Log-verosimilitud final	-1658.152	
ρ^2	0.198	
ρ^2 ajustado	0.186	

* No significativo al 95%

** No significativo al 90%

Una segunda razón puede radicar en las características que reúnen aquellos barrios con una mayor diversidad en el uso de suelo. Para el caso de Curitiba (Hino et al., 2014), por ejemplo, los barrios que presentan una mayor diversidad son aquellos de altos ingresos, donde una mayor cantidad de la población dispone de acceso a auto, explicando un menor uso de la bicicleta. Para el caso del presente estudio, los *buffers* en el destino con mayor diversidad en el uso de suelo son aquellos ubicados en torno a ejes viales importantes dentro de la ciudad, como lo son la avenida Alameda, en Santiago Centro y la avenida Concha y Toro, en Puente Alto. Estos lugares están en sectores que son provistos con servicios de transporte público a nivel de metro y de corredores de buses y que concentran un alto flujo vehicular, ofreciendo alternativas al uso de la bicicleta. Junto con esto, no se puede descartar que estos sectores presenten factores de que desincentiven uso de la bicicleta que no estén siendo controlados, como falta de estacionamientos o altas tasas de robos.

Por último, cabe destacar que en este modelo μ_0 no es estadísticamente significativo al 90 por ciento de confianza, lo cual quiere decir que no hay diferencia entre quienes no pedalean durante la semana y quienes usan la bicicleta una sola vez.

5.1.5 Comparación entre modelos

De la comparación de los cuatro modelos, se verifica que los distintos atributos del entorno construido tienen un efecto en las decisiones de transporte de las personas, en particular en el uso de la bicicleta. La lógica incremental seguida, permite verificar que origen y destino afectan de forma distinta en el comportamiento de las personas y que los atributos estadísticamente significativos varían según el lugar que se analice. El que los atributos relevantes del modelo en el origen no varíen al incorporar variables relacionadas con el lugar de destino, da cuenta de este hecho.

Al analizar el efecto de las distintas variables, se evidencia que el impacto de aquellas que caracterizan los atributos de la persona no presentan grandes cambios una vez que se controla por distancia recorrida. Los cambios más importantes se identifican en el hecho de que la variable categórica mujer aumenta de valor al incluir variables relacionadas a

las características del viaje, la inclusión de la variable que distingue a personas de ingresos medios-altos y el que el número de personas en el hogar deje de ser estadísticamente significativo al incorporar las variables del entorno construido.

Al comparar entre atributos del entorno construido, resulta interesante notar que las variables asociadas al lugar de destino presentan un mayor valor que aquellas que caracterizan el origen. Una hipótesis para explicar este hallazgo puede ser que, al analizar únicamente viajes al lugar donde la persona realiza su actividad principal, la disponibilidad de las alternativas de transporte para llegar al destino resulta crucial al momento de la elección modal. Además, se debe considerar el hecho de que en la ciudad de Santiago, gran parte de los lugares de trabajo están concentrados en una misma área, correspondiente al eje Alameda. De esta forma, la magnitud de estas variables puede verse amplificadas debido a que presentarían una menor dispersión en comparación con los indicadores asociados al origen.

Al comparar los tests de hipótesis, se verifica que cada modelo presenta un mejor desempeño que el anterior, lo cual confirma el aporte de los distintos indicadores del entorno construido al momento de explicar el fenómeno analizado. Además, después de aplicar el test *loglikelihood-ratio* se descarta la hipótesis nula de que modelos son equivalentes con un intervalo de confianza del 95 por ciento.

Salvo un par de excepciones, existe diferencia estadísticamente significativa entre no usar la bicicleta y utilizarla una, dos, tres, cuatro o cinco veces a la semana. Este es un hallazgo interesante si se considera que en estudios previos se ha analizado la frecuencia de uso de la bicicleta de forma distinta. Se suelen agregar las frecuencias de uso, estableciendo categorías que distinguen entre cero, uno a dos días y tres y más días (Sallis et al., 2013; Stinson & Bhat, 2004).

Tabla 5-5: Resultados de modelos elaborados. Frecuencia semanal de uso de la bicicleta en función de características de la persona y variables del entorno construido. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Frecuencia en función de atributos de la persona		Frecuencia en función de atributos de la persona y viaje		Frecuencia en función de atributos de la persona, viaje y entorno construido en origen		Frecuencia en función de atributos de la persona, viaje y entorno construido en origen y destino	
	Valor	test-t	Valor	test-t	Valor	test-t	Valor	test-t
Atributos Socioeconómicos								
1 auto	-0.350	-2.900	-0.303	-2.390	-0.276	-2.170	-0.293	-2.290
2 o más autos	-0.910	-5.580	-0.677	-3.880	-0.632	-3.610	-0.718	-4.210
N bicicletas	0.527	10.830	0.531	10.580	0.532	10.560	0.503	10.690
Estudiante	0.882	3.070	1.160	3.890	1.140	3.820	1.370	4.540
Ingreso alto	-0.681	-4.480	-0.724	-4.040	-0.746	-4.140	-0.732	-4.020
Ingreso medio-alto	-	-	-0.230	-1.88*	-0.260	-2.090	-0.270	-2.150
Mujer	-0.400	-3.680	-0.500	-4.490	-0.520	-4.650	-0.513	-4.520
N personas en el hogar	-0.107	-2.950	-0.084	-2.210	-0.065	-1.68*	-	-
Tiene trabajo	1.750	6.260	1.870	6.500	1.860	6.380	1.880	6.490
Indicadores Entorno Construido en el Destino								
N oficinas (/1000)	-	-	-	-	-	-	1.480	2.610
Distancia ciclovía más cercana (km)	-	-	-	-	-	-	-0.795	-6.170
Factor entropía	-	-	-	-	-	-	-1.590	-3.280
N estaciones de metro dentro de buffer	-	-	-	-	-	-	-0.174	-1.990
Indicadores Entorno Construido en el Origen								
N viviendas (/1000)	-	-	-	-	0.037	2.020	0.044	2.400
Distancia a paradero más próximo (m)	-	-	-	-	-0.001	-2.120	-0.001	-2.000
Largo promedio ciclovías (km)	-	-	-	-	0.109	2.310	0.119	2.500

Indicadores Características del Viaje

Diferencia de altura (km)	-	-	-3.990	-5.440	-3.330	-4.360	-3.280	-4.230
Distancia (km)	-	-	-0.141	-7.010	-0.145	-7.090	-0.128	-6.070
Tiempo de viaje Transporte Público (min)	-	-	0.021	3.940	0.026	4.750	0.028	4.740
Umbrales								
μ_0 (1 viaje)	0.330	2.230	0.587	1.76*	0.371	2.740	0.330	0.77**
δ_1 (2 viajes)	0.113	5.150	0.107	5.150	0.021	5.150	0.113	5.150
δ_2 (3 viajes)	0.178	6.660	0.168	6.660	0.026	6.660	0.178	6.660
δ_3 (4 viajes)	0.391	10.440	0.370	10.440	0.036	10.440	0.391	10.450
δ_4 (5 o más viajes)	0.461	11.920	0.441	11.930	0.037	11.930	0.461	11.940
Log-verosimilitud final	-1742.208		-1697.257		-1688.579		-1658.152	
ρ^2	0.158		0.179		0.183		0.198	
ρ^2 ajustado	0.151		0.171		0.173		0.186	

* No significativo al 95%

** No significativo al 90%

5.2 Frecuencia semanal de uso de la bicicleta considerando heterogeneidad en el comportamiento

Para realizar una mejor caracterización del efecto que puede tener el entorno construido en el comportamiento de viaje de las personas, se elaboró un modelo de clase latentes que permitiese segmentar a la población en función de su lugar de residencia. Como fue mencionado, este modelo innova al construir las clases en función de las variables del entorno construido del lugar de residencia.

De esta forma, se construyó una ecuación de pertenencia de clase consistente el número de viviendas existente en el *buffer* de origen (N viviendas) y el logaritmo natural de la suma de largo de las ciclovías que pasan por el área delimitada por el buffer (Suma largos de ciclovía). En conjunto con esto, se calculó una constante para esta ecuación, denominada ASC_1. La ecuación se señala a continuación:

$$U_{class_1} = (ASC_1 + \beta_{ODENSVIV} * \frac{N \text{ viviendas}}{1000} + \beta_{LOGKMCICLOVIA} * \ln(\text{Suma largos de ciclovía} + 1)) \quad (5.1)$$

En la Tabla 5-6 se pueden revisar los resultados para el modelo elaborado, en el cual se segmentaron dos clases de barrio. En primera instancia, se identifican barrios de baja densidad habitacional que cuentan con ciclovías de largo reducido (o inexistente). Esta primera clase será denominada como “Barrio Sub-Urbano”. Su caracterización corresponde a barrios alejados del centro de la ciudad de baja densidad habitacional, identificables como suburbios o sectores industriales. La segunda clase, denominada “Barrio Urbano”, corresponde a zonas de alta densidad habitacional, con presencia de ciclovías extensas. Estos barrios son fácilmente identificables como barrios cercanos al centro de actividades de la ciudad, donde la densificación se ve impulsada por la construcción de edificios y se ha registrado una fuerte inversión en ciclovías e infraestructura especializada durante los últimos años.

Tabla 5-6: Resultados modelo clases latentes. Frecuencia semanal de uso de la bicicleta en función de atributos del entorno construido. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Barrio Sub-Urbano		Barrio Urbano	
	Valor	Test-t	Valor	Test-t
Atributos Socioeconómicos				
1 o más autos	-1.040	-2.450	-	-
2 o más autos	-	-	-0.658	-2.920
N bicicletas	0.952	5.100	0.793	7.430
Estudiante	-	-	2.150	4.460
Ingreso alto	-	-	-1.340	-4.490
Ingreso medio-alto	-	-	-0.615	-2.980
Mujer	-0.838	-2.100	-0.669	-3.590
N personas en el hogar	-0.665	-4.420	-	-
Tiene empleo	-	-	2.950	6.120
Indicadores Entorno Construido en el Destino				
Distancia a ciclovía más cercana (km)	-1.610	-3.670	-1.110	-5.270
Factor entropía	-	-	-2.610	-3.340
Indicadores Entorno Construido en el Origen				
Distancia paradero de bus más cercano (m)	-	-	-0.00236	-2.800
N recorridos bus	0.0126	1.960*	-	-
Indicadores Características del Viaje				
Diferencia de altura (km)	-	-	-5.260	-4.230
Distancia (km)	-	-	-0.211	-5.890
Tiempo viaje Transporte Público (min)	0.0386	3.130	0.0389	4.060
Umbrales				
μ_0 (1 viaje a la semana)	0.385	0.540**	-0.272	-0.43**
δ_1 (2 viajes a la semana)	0.324	2.650	0.0625	1.44**
δ_2 (3 viajes a la semana)	0.317	2.410	0.190	3.340
δ_3 (4 viajes a la semana)	1.23	4.240	0.290	2.930
δ_4 (5 o más viajes a la semana)	2.55	2.990	0.429	6.020
Ecuación Estructural Clase Latente				
ASC_1	-0.545	-2.220		
N viviendas	-0.0803	-1.960		
Ln(suma largos de ciclovía)	-0.0497	-1.830*		
Log-verosimilitud final			-1630.203	
ρ^2			0.211	
ρ^2 ajustado			0.195	

* No significativo al 95%

** No significativo al 90%

A partir del modelo de clases latentes estimado, se verifica que las características socio-económicas y del entorno construido afectarán de forma distinta la frecuencia estimada de viajes, según la clase que se esté revisando.

5.2.1 Clase Latente 1: “Barrio Sub-Urbano”

Esta clase latente presenta diferencias con los cuatro modelos analizados anteriormente. En primera instancia, son menos las características socio-económicas de la persona que tienen significancia en el modelo. La posesión de bicicletas tiene un efecto positivo en el uso de este modo de transporte. Por ello, el contar con la disponibilidad de bicicletas, facilita su uso. Además, el ser mujer y el número de personas en el hogar tienen un efecto negativo en la frecuencia esperada de uso de bicicleta. Por último, el poseer uno o más autos también tiene un efecto negativo. Al tratarse de suburbios o lugares alejados del centro de la ciudad, el uso del auto se torna más importante para una persona al momento de desplazarse (Cervero, 1988).

Entre las características del viaje, la única variable que es estadísticamente significativa es el tiempo de viaje en transporte público. Al igual que en los modelos anteriores, tiene un valor positivo, ya que mientras más largo es el viaje en transporte público, más atractivo se torna el desplazarse a través de otros modos. Por otro lado, la distancia de caminata no es estadísticamente significativa. Esto se puede explicar porque los barrios que reúnen las características de pertenencia a esta clase se encuentran alejados de los lugares de trabajo en la ciudad, por lo que la pertenencia a esta clase ya controlaría la distancia de viaje. Por último, la diferencia de altura tampoco es estadísticamente significativa, lo cual se puede deber a las mismas razones recién expuestas.

Al momento de analizar los atributos en el origen, la única variable estadísticamente significativa es el número de recorridos de buses que pasa dentro del buffer. Sorprendentemente, tiene un valor positivo, cuando se podría esperar que el contar con más recorridos de bus hace menos atractivo el usar este modo por sobre la bicicleta. La razón del signo positivo de esta variable se puede encontrar en que al analizar suburbios, aquellos con mayor conectividad son los que presentan una mayor densidad de

recorridos de bus. Por lo tanto, esta variable constituiría un *proxy* del nivel de accesibilidad del barrio en donde vive la persona y, como ya fue mencionado, barrios más accesibles presentan un mayor uso de la bicicleta (Cui et al., 2014).

En el destino, también es relevante la distancia a la ciclovía más próxima, dando cuenta de la importancia que tiene para el usuario el contar con infraestructura adecuada en el lugar de destino. El valor de esta variable aumentó en cerca de un cien por ciento si se compara con el modelo 3. Esto da cuenta de que para personas que viven en barrios alejados, la infraestructura especializada se torna más importante al momento de decidir cómo realizar el viaje.

Por último, es importante destacar que no se descarta la hipótesis nula para μ_0 , lo cual quiere decir que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las personas que realizan cero o un viaje a la semana en bicicleta.

5.2.2 Clase Latente 2: “Barrio Urbano”

Al analizar la Clase Latente 2, se identifica que las variables que son estadísticamente significativas, no son similares a las de la clase 1 y existen ciertas variaciones con respecto a los cuatro modelos revisados anteriormente en la sección 5.1.

En primera instancia, se ve que la posesión de un auto no es relevante para explicar el comportamiento de las personas pertenecientes a esta clase. Esto se puede deber a que, al vivir dentro de contextos cercanos a centros urbanos, con alternativas de modos de transporte, no se depende del uso de este modo de transporte motorizado. En este contexto, una persona podría dejarlo en casa y dirigirse en otro modo al lugar de destino. Además, el poseer un solo auto en el hogar implica que este puede no estar siempre disponible, incentivando a la persona a utilizar el transporte público o la bicicleta (Heinen et al., 2013). No obstante, el contar con dos o más autos sí es estadísticamente significativo, lo cual es esperable si se toma en cuenta que una familia no va a invertir en un segundo auto para no usarlo, debido a su alto costo. Además, es más probable que la persona tenga un auto disponible al momento de viajar.

De manera similar a los modelos anteriores, la posesión de bicicletas, el ser estudiante o ser una persona con empleo tiene un efecto positivo en el fenómeno estudiado. De forma similar también, el pertenecer a estratos sociales medios altos o altos y el ser mujer, tiene un efecto negativo. Lo interesante de esta clase, es que el valor asociado a ser estudiante o una persona empleada es mayor que en los modelos analizados anteriormente. A su vez, el número de personas en el hogar resulta ser no relevante, lo cual puede tener como razón el que al vivir en barrios más cercanos al centro de actividades y contar con más alternativas para desplazarse, cada integrante de la familia tiene mayores posibilidades de viajar de forma conjunta o independiente a su lugar de destino.

Por otro lado, las características del viaje inciden de forma similar a la analizada en los modelos anteriores, presentando órdenes de magnitud similares.

En el destino, la variable estadísticamente significativa es la distancia al paradero más cercano. El efecto registrado es similar al que se presenta en los modelos anteriores, donde a mayor distancia es menor la frecuencia esperada de uso de la bicicleta.

Por último, al analizar las variables del entorno construido en el lugar de destino, se identifica la distancia a la ciclovía más cercana y la entropía como factores que afectan de forma negativa el uso de la bicicleta. Nuevamente, los órdenes de magnitud son similares a los identificados en los modelos anteriores.

Finalmente, cabe consignar que esta clase tiene como característica el que ni para μ_0 ni para δ_1 se descarta la hipótesis nula, lo cual quiere decir que no habría diferencia entre quienes usan ninguna, una o dos veces a la semana la bicicleta. Este resultado es coherente con el encontrado en el estudio encargado por SECTRA para analizar ciclovías de Santiago, donde en días laborales se podía segmentar claramente entre quienes usaban la bicicleta más de dos veces a la semana y aquellos que la usaban menos (SECTRA, 2013). También es similar con la forma de agregar la frecuencia semanal de uso de la bicicleta señalada anteriormente (Sallis et al., 2013; Stinson & Bhat, 2004).

5.2.3 Segmentación de barrios a partir de Modelos de Clases Latentes

Se identifica una segmentación exitosa de barrios a partir de la elaboración de modelos de clases latentes. Se caracterizan de forma clara dos barrios en los que mismas variables tienen un impacto diferente en la frecuencia de viaje de bicicleta esperada. A su vez, se identifica que las variables del entorno construido estadísticamente significativas en el modelo variarán según el tipo de barrio que se trate.

A partir de los resultados obtenidos, se predice una menor frecuencia de uso de la bicicleta en aquellas personas que residan en los barrios pertenecientes a la clase latente 1. Por el contrario, se espera una mayor frecuencia de uso de la bicicleta en aquellas personas que residen en barrios pertenecientes a la clase latente número 2.

A partir de estos antecedentes, se puede afirmar que la utilización de modelos de clases latentes como el propuesto permite una nueva forma de analizar el efecto del entorno construido en el comportamiento de viaje de las personas. A partir de la segmentación de clases latentes a partir de atributos medibles del entorno construido, se cuenta con una herramienta para comprender el efecto conjunto que tienen las distintas características de un barrio. Por ejemplo, a partir de los resultados identificados, el tomador de decisión debería desarrollar barrios que se asemejen a las características de los de la clase latente 2 (con presencia de ciclovías y densidad habitacional) si se busca favorecer el uso de la bicicleta.

Además, es importante señalar que este modelo presenta una bondad de ajuste mejor que la de los cuatro modelos anteriores, lo cual quiere decir que no sólo permite al investigador una mejor interpretación de los datos, sino que también permite hacer una mejor predicción del uso de la bicicleta.

Por último, es importante recalcar que los nombres elegidos para cada clase cumplen un fin de facilitar el análisis realizado por parte del investigador. No obstante, se trata de nombres referenciales y no pretenden suponer una definición de tipos de barrios para la ciudad de Santiago. Un barrio está definido por una gran cantidad de variables a partir

de relaciones complejas y no se pretende establecer que la densidad habitacional y la extensión de ciclovías son las únicas dos variables que lo definen.

5.2.4 Aplicación de modelo de Clases Latentes a la ciudad de Santiago

A partir de los resultados encontrados, se calculó la probabilidad de pertenencia a cada clase para la ciudad de Santiago, la cual puede ser revisada en la Figura 5-1. Para dicho fin, se elaboró una grilla conformada por áreas cuadradas de 500 metros de arista, para las que se calculó la probabilidad de pertenencia de clase a partir de las variables señaladas en la ecuación 5.1.

En este mapa, el color blanco corresponde a una probabilidad 1 de pertenencia a la clase “Barrio Sub-Urbano”. Por contrapartida, el color naranja indica la mayor probabilidad de pertenencia a la clase 2, “Barrio Urbano”. De este análisis espacial, se confirma que los sectores con mayor probabilidad de pertenecer a la clase 2 son aquellos cercanos al centro histórico de la ciudad, aquellos que se ubican al sur del eje Providencia-Apoquindo y ciertos centroides urbanos en sectores de Maipú, Quilicura y Puente Alto. Estas zonas de la ciudad se caracterizan por una alta presencia de ciclovías y por haber sido fuertemente densificadas durante las últimas décadas.

Por contrapartida, los sectores periféricos de la ciudad registran una mayor probabilidad de pertenencia a la clase Barrio Sub-Urbano y, con ello, una menor probabilidad de ser influenciado por el entorno construido al momento de utilizar la bicicleta.

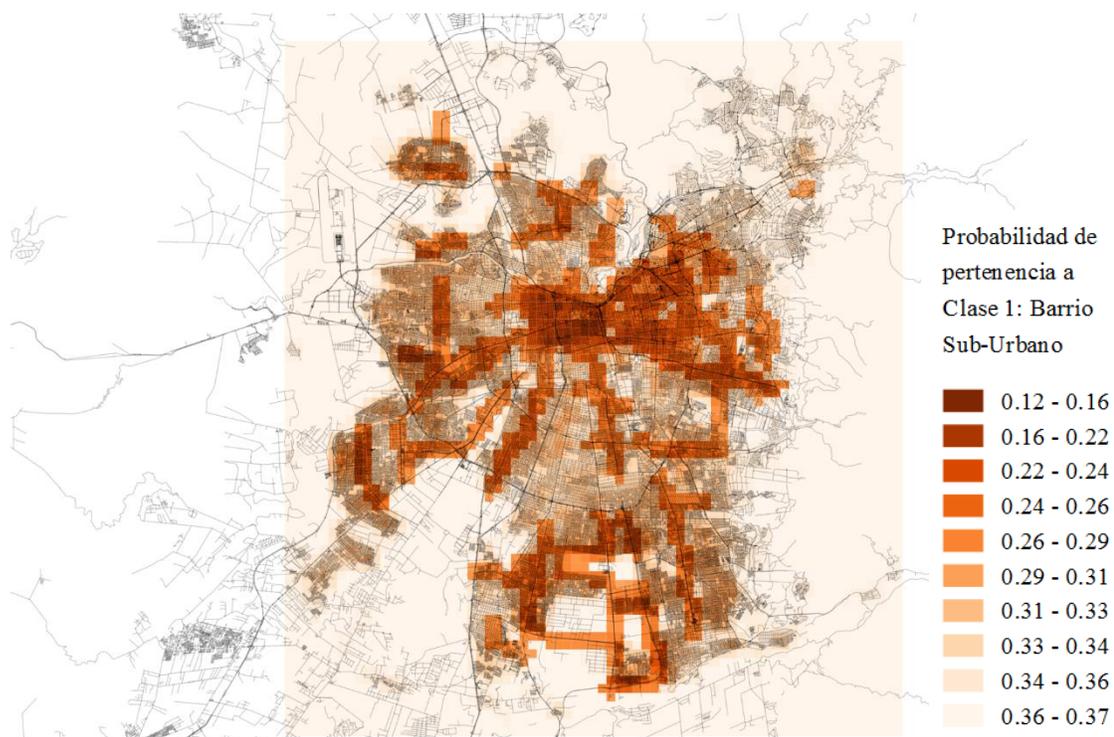


Figura 5-1: Probabilidad de pertenencia a clase latente en la ciudad de Santiago. Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.

Como se puede apreciar, la probabilidad de pertenencia a la clase 2 se ve fuertemente influenciada por la existencia de ciclovías. Esto se puede apreciar claramente en la Figura 5-2, donde se presenta el mapa con la probabilidad de pertenencia a cada clase y la red de ciclovías existente al momento de realizar esta investigación.

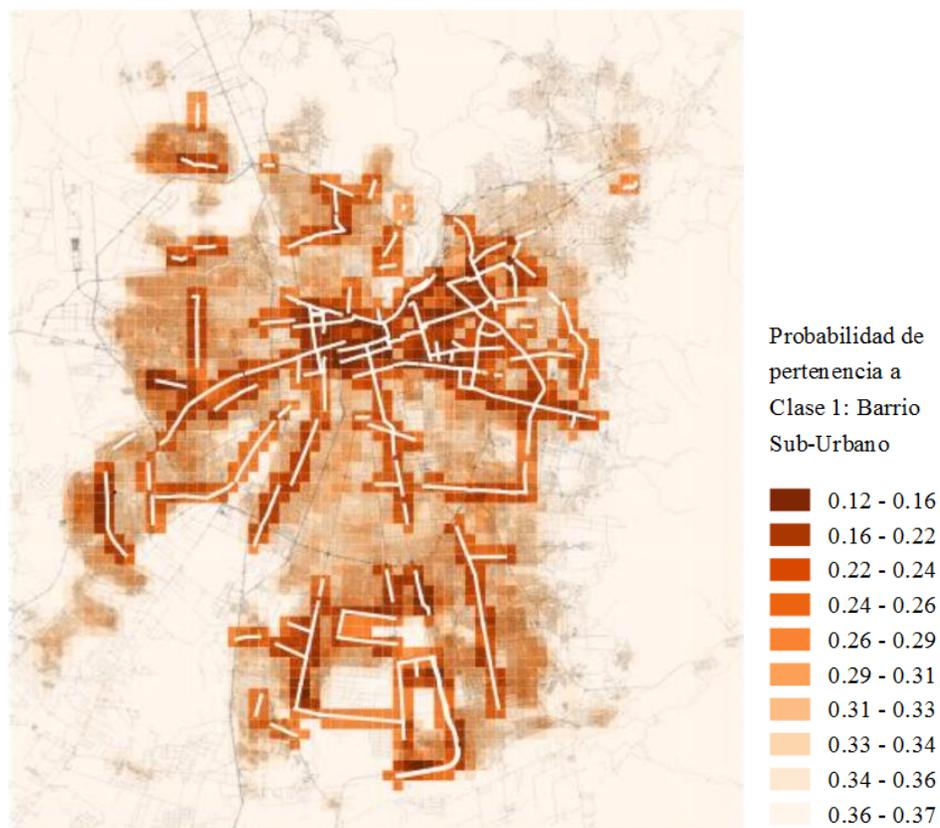


Figura 5-2: Probabilidad de pertenencia a clase latente en Santiago y red de ciclovías. Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.

No obstante el gran peso que tiene la existencia de ciclovías extensas en el modelo, se detecta el rol que juega la densidad. Las ciclovías están emplazadas en zonas que presentan mayor concentración de viviendas. Además, se identifican cuadrantes dentro de la ciudad que, estando alejados de ciclovías, presentan una probabilidad relativamente alta de pertenencia a la clase 2. Estos casos se ubican preferentemente en el sector céntrico de la ciudad, sus alrededores y en torno al eje Alameda – Providencia. En la Figura 5-3 se puede ver la densidad para cada cuadrante (color azul) y las ciclovías existentes.

De esta forma, se corrobora el efecto conjunto que tiene la densificación de barrios con una adecuada provisión de infraestructura adecuada, permitiendo desplazamientos a través de modos de transporte sustentable, como lo es el caso de las ciclovías para la bicicleta.

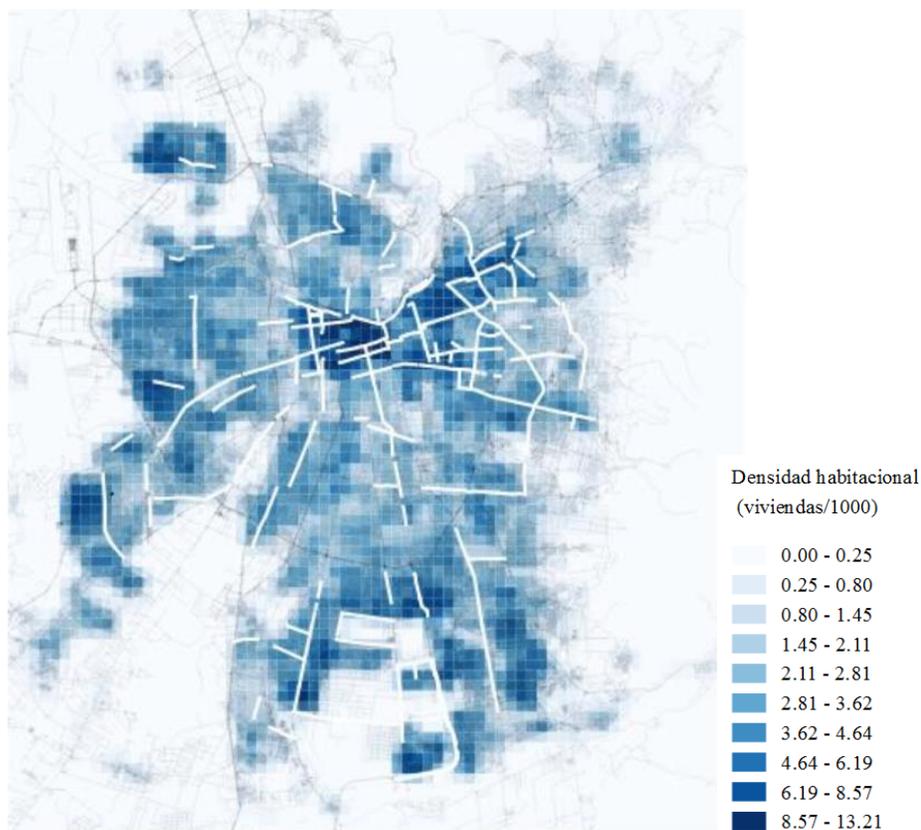


Figura 5-3: Densidad habitacional en Santiago y Red de Ciclovías. Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.

Finalmente, al revisar la Figura 5-4, correspondiente a la generación de viajes en bicicleta per cápita por comuna registrados en la Encuesta Origen Destino (SECTRA, 2015), se puede comprobar que el modelo propuesto corresponde con lo observado en la ciudad de Santiago.

El modelo de clases latentes planteado identifica una mayor probabilidad de pertenecer a la clase 2 a sectores pertenecientes a las comunas de Santiago, Providencia y Las Condes, las cuales generan una mayor cantidad de viajes en bicicleta per cápita. En base al análisis planteado, esto quiere decir que residentes de estas comunas se ven más influenciados por el efecto del entorno construido. Además, el entorno construido en estas comunas posee características que favorecen el uso de la bicicleta.

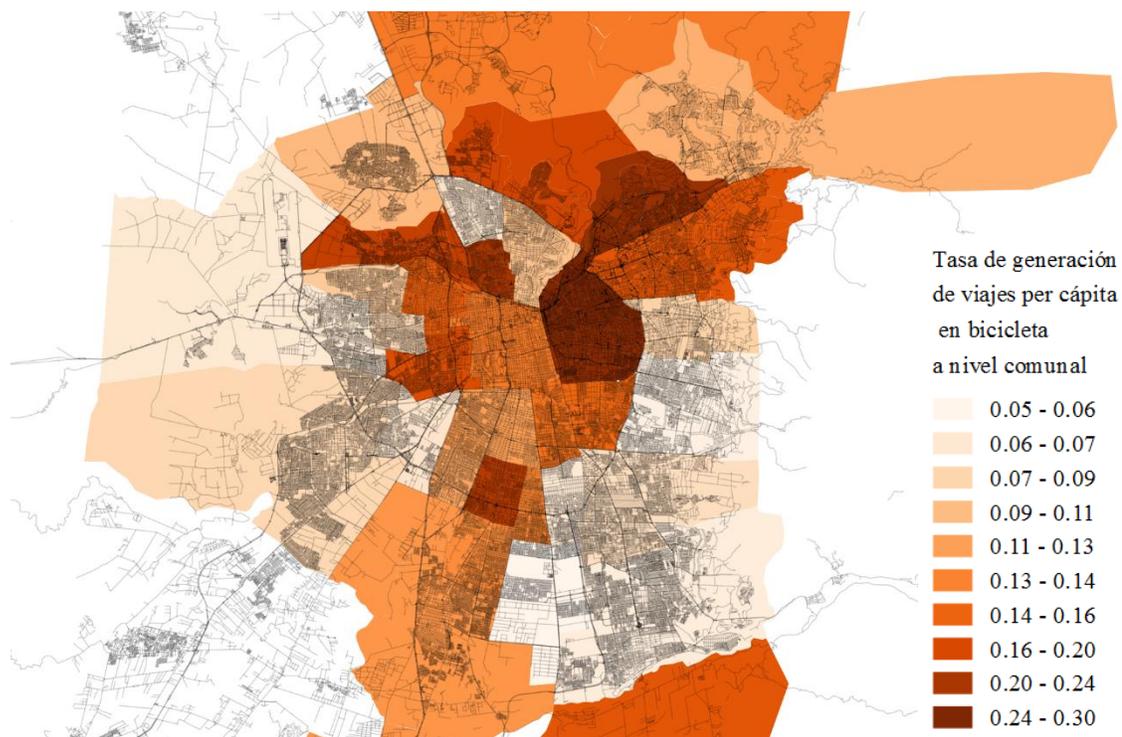


Figura 5-4: Generación de viajes en bicicleta per cápita a nivel de comunas en Santiago. Fuente: Elaboración propia a partir de EOD 2012.

6. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se elaboran modelos para predecir la frecuencia semanal de uso de la bicicleta para ir al trabajo, lugar de estudios u otro para el caso de una capital metropolitana, como lo es la ciudad de Santiago de Chile. Las variables independientes fueron las características socio-económicas de la persona, las características del viaje y del entorno construido en el lugar de residencia y de donde cada individuo realiza su actividad principal. Para dicho fin, se elaboró una caracterización de características morfológicas de la ciudad utilizando Sistemas de Información Geográfica en áreas de influencia circulares de 500 metros de radio. Junto con lo anterior, se realizó un análisis de Clases Latentes en donde se segmentan los sectores donde residen las personas que componen la muestra a partir de variables del entorno construido. Previo a esta investigación, no se encuentran trabajos que realicen un ejercicio similar, combinando análisis de clases latentes y características del entorno construido medidas con SIG.

Al analizar el efecto de las características socio-económicas de la persona en la frecuencia de uso de la bicicleta, se identifican resultados similares a los encontrados en la literatura. Mientras variables como el número de personas en el hogar y la edad resultan no ser significativas, la posesión de automóvil, un mayor nivel de ingresos y el que la persona sea de género femenino tienen un efecto estadísticamente significativo de signo negativo en el uso esperado de la bicicleta entre la población. El número de bicicletas existente en el hogar y la situación laboral y académica están relacionados de forma estadísticamente significativa con un mayor uso esperado de la bicicleta.

Al revisar las características del viaje, se identifica que mayores distancias de viaje repercuten en un menor uso de la bicicleta, lo cual es concordante con la literatura señalada en la sección 2.2.3. Por el contrario, un mayor tiempo de viaje en transporte público tiene como consecuencia un mayor uso esperado de la bicicleta. Este dato daría cuenta de cómo ambos modos compiten, siendo el tiempo de viaje uno de los factores a ponderar por parte del usuario.

Siguiendo la literatura revisada (Bhat & Guo, 2007), se controló por las características socio-económicas de la persona al momento de analizar el efecto del entorno construido en la frecuencia de viaje. De este análisis surgió que variables distintas para el origen y el destino tiene un efecto distinto en la frecuencia de uso de la bicicleta. Para el caso del origen, la densidad habitacional tiene un efecto positivo, mientras que la distancia al paradero más cercano tiene uno negativo. Esto quiere decir que lugares con mayor población, donde la congestión puede ser mayor, favorecen el uso de modos de transporte activo. A su vez, tanto la densidad habitacional como la distancia al paradero más cercano pueden estar actuando como *proxys* de la centralidad del barrio dentro de la ciudad, en los cuales es más atractivo utilizar la bicicleta (Heinen et al., 2010; Plaut, 2005; Snizek et al., 2013). A pesar del impacto teórico que debieran tener otras variables de diseño del entorno construido, como el tamaño de las manzanas o el largo de calles, no se identificó ninguna variable que fuese estadísticamente significativa, con la excepción del largo promedio de las ciclovías que cruzan el *buffer*. Como ha sido ampliamente documentado (Ver sección 2.3.3), es altamente importante contar con infraestructura dedicada si se quiere fomentar el uso de la bicicleta.

Al analizar el efecto del entorno construido en el lugar de destino del viaje, se comprueba que existe una asociación positiva entre la frecuencia de uso de la bicicleta y la densidad de oficinas. La explicación de este hecho radicaría en que la congestión que trae consigo una mayor número del número de plazas de trabajo, incentivaría el uso de la bicicleta u otros modos de transporte alternativos al auto. Ciclovías más lejanas del lugar de trabajo o estudios desincentiva el uso de la bicicleta, pues implica que la persona realice su viaje desplazándose por la calzada junto a los autos o por la acera. En ambos casos, esto repercute en un mayor tiempo de viaje y en aumento en el riesgo asociado a sufrir un accidente. Ante la presencia de estaciones de metro dentro del *buffer* de destino, la frecuencia esperada de uso de la bicicleta cae, lo cual indicaría que las personas prefieren usar el transporte público subterráneo si este queda cerca del lugar de trabajo. Finalmente, se identificó que lugares de trabajo con una mayor diversidad de uso de suelo tienen asociada una menor frecuencia de pedaleo.

Al incorporar el análisis de clases latentes, se identifica que la ciudad de Santiago puede ser segmentada de forma probabilística en dos tipos de clases, que en el presente trabajo son denominados como “Barrios Sub-Urbanos” y “Barrios Urbanos”. Las clases fueron estimadas a partir de una categorización hecha en base a los atributos del entorno construido que caracterizan el lugar de origen: Densidad habitacional y logaritmo de la suma del largo de las ciclovías que cruzan el *buffer*. Se determina la relación existente entre estos dos tipos de barrio, identificando que personas que residen en barrios urbanos son más propensas a ser influenciadas por el entorno construido al momento de decidir utilizar la bicicleta. Por contrapartida, personas que habitan en barrios suburbanos son menos propensas al uso de la bicicleta y se ven afectados por una menor cantidad de atributos del entorno construido, lo cual habla del poco efecto que tienen las características morfológicas de la ciudad en barrios que tienden a estar más alejados del centro de la ciudad y de las principales vías de transporte público.

El modelo de clases latentes fue comparado con los viajes en bicicleta per cápita generados en cada comuna, según la Encuesta Origen Destino (SECTRA, 2015). A partir de este ejercicio, se identificó coincidencia entre aquellos sectores de la ciudad que reúnen mayores condiciones para el uso de la bicicleta según el modelo propuesto y los viajes generados.

6.1 Implicancias

Los resultados y conclusiones surgidos a partir del trabajo realizado tienen implicancias de tipo metodológico y del tipo analítico.

Metodológicamente, este modelo propone una forma de análisis de comportamiento de viajes para la ciudad de Santiago a partir de la construcción de variables del entorno construido utilizando SIG. El único antecedente encontrado de características similares es el trabajo de Zegras (2004, 2010).

Para el análisis realizado se propusieron y revisaron 21 variables que permiten caracterizar el entorno construido, tanto en el origen como en el destino y 7 variables

que permiten caracterizar el viaje realizado por la persona. De estas, 11 resultaron ser estadísticamente significativas. Futuros trabajos pueden tomar como la caracterización propuesta para estudiar el comportamiento de viaje en Santiago u otra ciudad.

Junto con lo anterior, se comprobó que el entorno construido tiene un efecto estadísticamente significativo en la frecuencia de viaje en bicicleta de las personas de Santiago. Si bien, la decisión de utilizar o no la bicicleta puede variar día a día según una gran cantidad de factores (Heinen et al., 2011a), los resultados de este estudio sugieren que el entorno construido media en la determinación de la persona, haciéndola más o menos resiliente a verse afectada por estos diversos factores. Por lo tanto, la forma en que está construida la ciudad efectivamente guarda relación con las elecciones de modo de viaje de las personas que habitan dentro de ella, como fue reseñado en la sección 2.2.

Una última innovación metodológica fue la de realizar un modelo de clases latentes para segmentar barrios en función de variables del entorno construido. A partir de este ejercicio, se captura el efecto conjunto que tiene una configuración urbana en el comportamiento de viaje de las personas. Los resultados alcanzados permiten caracterizar la ciudad de Santiago en función de barrios de características más urbanas o sub-urbanas, como queda reflejado en la Figura 5-1. A pesar de controlar por las características socio-económicas del individuo, se sugiere que futuros estudios consideren la incorporación de nuevas variables de control para descartar endogeneidad de las variables críticas.

En concordancia con lo recientemente expuesto, el presente trabajo también tiene implicancias analíticas. A partir del análisis realizado para variables del entorno construido y de la distinción entre aquellas ubicadas en el origen (lugar de residencia) y destino (lugar de estudios o trabajo), se pueden proponer indicadores que permitan caracterizar cuán favorable con el uso de la bicicleta es un determinado barrio o sector. De esta forma, el tomador de decisión puede contar con herramientas que le permitan focalizar el tipo de inversión necesaria para fomentar el uso de la bicicleta en cada sector

de la ciudad según sean sus características. Por ejemplo, a partir de este trabajo se puede realizar un análisis de costo efectividad para priorizar la instalación de ciclovías en lugares que concentran una alta cantidad de puestos de trabajo, pero están alejados de estaciones de metro, ya que sería más probable ver un aumento en la frecuencia del uso de la bicicleta en aquellos sectores.

A su vez, el análisis de Clases Latentes propuesto plantea formas de caracterizar la ciudad en función de su morfología y el rol que esta cumple en la promoción de un mayor uso de la bicicleta. En este contexto, a partir de los resultados alcanzados se puede afirmar que barrios ubicados en zonas centrales, con mayor densidad y una red de ciclovías más extensa harán que las personas se vean más influidas por el entorno construido a utilizar la bicicleta.

Esto implica, por ejemplo, que al momento de planificar el crecimiento de la ciudad, se debe considerar la densificación de zonas peri-céntricas, dotándolas de infraestructura ciclista. De esta forma, se asegurarán características que promuevan el uso de modos de transporte sustentable dentro de la ciudad.

No obstante lo anterior, mayor análisis es requerido para alcanzar una caracterización más compleja de configuraciones urbanas que favorezcan el uso de la bicicleta, u otros modos de transporte sustentable, en la ciudad de Santiago.

6.2 Limitaciones y futuras investigaciones

Es importante recalcar que el presente trabajo se acota exclusivamente a viajes con motivo trabajo, estudio u otra actividad que constituya la ocupación principal de la persona. Este tipo de viajes representa aproximadamente la mitad de los que se realizan en la ciudad de Santiago, según la Encuesta Origen Destino (SECTRA, 2015). Por lo tanto, no se debe descartar el efecto de más variables del entorno construido al momento de influir en el uso de la bicicleta para viajes que tengan propósitos distintos. Al analizar otros motivos de viaje, no se puede descartar que algunas variables, como la entropía, cambien de signo o dejen de ser estadísticamente significativas.

A lo anterior, es necesario agregar que, a pesar de contar con bases de datos confiables, hay información que no estuvo disponible para realizar este estudio, como la del Censo 2012. La incorporación de datos censales podría mejorar los resultados de este estudio, incorporando variables como el nivel de ingresos promedio de los hogares que componen el *buffer* o información de las personas que viven allí.

Al momento de calcular las variables del entorno construido, existieron dos limitaciones importantes. En primer lugar, debido a limitaciones técnicas, no fue posible calcular las variables de número y ángulo de intersecciones para el *buffer* de 500 metros, por lo que se utilizaron para estimar el modelo los valores utilizados para el *buffer* de 250 metros. Estas variables resultaron ser no estadísticamente significativas. A su vez, al calcular las densidades residenciales, comerciales y de oficinas, no se excluyó la superficie de áreas verdes comprendidas dentro del *buffer*. Esto lleva a que zonas cercanas a parques presenten una densidad menor a la correspondiente a sus características urbanas.

Por otro lado, a pesar de la contundencia de los resultados expuestos, se debe tener en cuenta que existen otras variables que juegan un rol al momento de explicar el uso de la bicicleta y que no fueron incluidas en el modelo. Por ejemplo, las creencias y aptitudes de la persona (Kitamura et al., 1997; Piatkowski & Marshall, 2015), experiencia previa en el uso de la bicicleta (Stinson & Bhat, 2004), condiciones atmosféricas (Heinen et al., 2011a), el acceso a servicios públicos de bicicleta (Scheepers et al., 2014) y la existencia de instalaciones en el lugar de destino, como estacionamientos adecuados y la presencia de casilleros y duchas (Buehler, 2012; Heinen et al., 2010; Wardman et al., 2007).

En línea con lo anterior, este trabajo no considera la ruta que una persona debe seguir al lugar de trabajo, la cual puede tener mayor importancia al momento de predecir el uso de la bicicleta (Stewart & Moudon, 2014). A lo largo de esta trayectoria, puede haber una serie de variables que tengan un efecto en el uso de la bicicleta y que no fueron significativas en el estudio realizado, como la presencia de parques. Futuras investigaciones podrían considerar el uso de sistemas GPS para caracterizar la ruta

seguida y así estimar las variables del entorno construido que afectan la decisión del usuario sobre el uso de la bicicleta.

Un último alcance del estudio es la dificultad para analizar el comportamiento de aquellos usuarios que viven en la periferia de la ciudad. Los flujos de viaje en bicicleta en estos sectores tienden a dispersarse entre las distintas avenidas y barrios, lo cual dificulta la obtención de datos de este tipo de usuarios. Nuevas metodologías de interceptación son necesarias para poder capturar la información asociada a personas que viven en estos sectores de la ciudad.

Futuros estudios podrían replicar el estudio realizado incluyendo variables que permitan caracterizar las creencias y preferencias de las personas. Realizando este análisis, se podría esperar que algunas variables del entorno construido pierdan significancia estadística. Sin embargo, el investigador debe tomar en cuenta el problema de incorporar variables, ya que pueden presentar endogeneidad, no pudiendo distinguir si la relación existente entre las creencias y las variables del entorno construido son independientes entre sí o no.

Además, se sugiere que futuros estudios profundicen en el efecto que tiene el entorno construido para otros motivos de viaje. Viajes hechos por el gusto de pasear, para realizar compras menores o para realizar trámites tienen la potencialidad de ser hechos en bicicleta y también son afectados por las características del entorno construido (Cao et al., 2009b; Pucher & Buehler, 2010).

A su vez, se identifica la necesidad de verificar el efecto en la población que tienen los resultados de estudios como el propuesto. Como plantean Aldred, Woodcock y Goodman (2015) después de su análisis para la ciudad de Londres, Inglaterra, el que más gente use la bicicleta, no implica una mayor diversidad entre los usuarios de este modo de transporte. En este caso, el aumento de usuarios de bicicleta se vio reflejado en un aumento de usuarios hombres de mediana edad. No se identifica un aumento en el uso de este modo de transporte entre mujeres y niños. Por lo tanto, futuros estudios deben investigar cómo incentivar que estos grupos específicos, también utilicen la bicicleta. De

hecho, se afirma que un mayor uso de la bicicleta por parte de las mujeres indicaría que las condiciones para utilizarla son inclusivas y seguras para todos los habitantes de la ciudad (Baker, 2009).

Por último, se sugiere que futuras investigaciones analicen el efecto del entorno construido en el uso de la bicicleta en otras ciudades de Chile. El investigar en ciudades más pequeñas, con un parque automotor menor y distinta configuración urbana, puede llevar a identificar nuevas variables que permitan entender el fenómeno estudiado.

BIBLIOGRAFÍA

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50, 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)

Aldred, R., Woodcock, J., & Goodman, A. (2015). Does More Cycling Mean More Diversity in Cycling? *Transport Reviews*, 1647(July), 1–17. <https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1014451>

Aultman-Hall, L., Hall, F. L., & Baetz, B. B. (1997). Analysis of Bicycle Commuter Routes Using Geographic Information Systems: Implications for Bicycle Planning. *Transportation Research Record*, 1578(970168), 102–110. <https://doi.org/10.3141/1578-13>

Badoe, D. a, & Miller, E. J. (2000). Transportation - Land Use Interaction: Empirical Findings in North America and their Implications for Modeling. *Transportation Research - D*, 5, 235–263. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(99\)00036-X](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(99)00036-X)

Baker, L. (2009). How to get more bicyclists on the road: to boost urban cycling, figure out what women want. *Scientific American*, 301(4), 28–29.

Banister, D., Pucher, J., & Lee-gosselin, M. (2007). Making Sustainable Transport Politically and Publicly Acceptable: Lessons From the EU, USA and Canada. *Regulation*, 1–28.

Basu, S., & Vasudevan, V. (2013). Effect of Bicycle Friendly Roadway Infrastructure on Bicycling Activities in Urban India. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 104, 1139–1148. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.11.210>

Ben-Akiva, M., & Bierlaire, M. (2003). Discrete Choice Methods and Their Applications to Short-Term Travel Decisions. *Handbook of Transportation Science*, (1985), 7–37. https://doi.org/10.1007/0-306-48058-1_2

Ben-Akiva, M., Walker, J., Bernardino, A. T., Gopinath, D. A., Morikawa, T., & Polydoropoulou, A. (2002). Intergration of Choice and Latent Variable Models. *In*

Perpetual Motion-Travel Behavior Research Opportunities and Application Challenges, (1), 431–470.

Bhat, C. R., & Gossen, R. (2004). A mixed multinomial logit model analysis of weekend recreational episode type choice. *Transportation Research Part B: Methodological*, 38(9), 767–787. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2003.10.003>

Bhat, C. R., & Guo, J. Y. (2007). A comprehensive analysis of built environment characteristics on household residential choice and auto ownership levels. *Transportation Research Part B: Methodological*, 41(5), 506–526. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2005.12.005>

Bierlaire, M. (2003). BIOGEME: A Free Package for The Estimation of Discrete Choice Models. *Swiss Transport Research Conference*, 1–27. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Börjesson, M. (2012). Valuing perceived insecurity associated with use of and access to public transport. *Transport Policy*, 22, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.04.004>

Brownson, R. C., Hoehner, C. M., Day, K., Forsyth, A., & Sallis, J. F. (2009). Measuring the Built Environment for Physical Activity. State of the Science. *American Journal of Preventive Medicine*, 36(4 SUPPL.), S99–S123.e12. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.01.005>

Buehler, R. (2012). Determinants of bicycle commuting in the Washington, DC region: The role of bicycle parking, cyclist showers, and free car parking at work. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17(7), 525–531. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2012.06.003>

Buehler, R., & Dill, J. (2015). Bikeway Networks: A Review of Effects on Cycling. *Transport Reviews*, 1647(July 2015), 1–19. <https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1069908>

- Cao, X., Handy, S., & Mokhtarian, P. (2006). The influences of the built environment and residential self-selection on pedestrian behavior: Evidence from Austin, TX. *Transportation*, 33(1), 1–20. <https://doi.org/10.1007/s11116-005-7027-2>
- Cao, X., Mokhtarian, P., & Handy, S. (2009a). *Examining the impacts of residential self selection on travel behaviour: A focus on empirical findings*. *Transport Reviews* (Vol. 29). <https://doi.org/10.1080/01441640802539195>
- Cao, X., Mokhtarian, P., & Handy, S. (2009b). The relationship between the built environment and nonwork travel: A case study of Northern California. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43(5), 548–559. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2009.02.001>
- Cervero, R. (1988). Land-Use Mixing and Suburban Mobility. *Transportation Quarterly*, 42(3), 429–446. <https://doi.org/10.1068/a201285>
- Cervero, R. (1996). Mixed land-uses and commuting: Evidence from the American housing survey. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 30(5 PART A), 361–377. [https://doi.org/10.1016/0965-8564\(95\)00033-X](https://doi.org/10.1016/0965-8564(95)00033-X)
- Cervero, R. (2002). Built environments and mode choice: Toward a normative framework. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 7(4), 265–284. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(01\)00024-4](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(01)00024-4)
- Cervero, R., & Duncan, M. (2003). Walking, bicycling, and urban landscapes: evidence from the San Francisco Bay area. *American Journal of Public Health*, 93(9), 1478–1483. <https://doi.org/10.2105/AJPH.93.9.1478>
- Cervero, R., & Gorham, R. (2009). Commuting in Transit Versus Automobile Neighborhoods. *Journal of the American Planning Association*, 61(2), 210–225. <https://doi.org/10.1080/01944369508975634>
- Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 199–

219. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6)

Cervero, R., Sarmiento, O. L., Jacoby, E., Gomez, L. F., & Neiman, A. (2009). Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogotá. *International Journal of Sustainable Transportation*, 3(4), 203–226. <https://doi.org/10.1080/15568310802178314>

Chapman, L. (2007). Transport and climate change: a review. *Journal of Transport Geography*, 15(5), 354–367. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.11.008>

Chatterjee, K., Sherwin, H., & Jain, J. (2013). Triggers for changes in cycling: The role of life events and modifications to the external environment. *Journal of Transport Geography*, 30, 183–193. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.02.007>

City Of Copenhagen. (2015). *Copenhagen City of Cyclists. The bicycle account 2014* (Vol. 1).

Craig, C. L., Brownson, R. C., Cragg, S. E., & Dunn, A. L. (2002). Exploring the effect of the environment on physical activity. *American Journal of Preventive Medicine*, 23(2), 36–43. [https://doi.org/10.1016/S0749-3797\(02\)00472-5](https://doi.org/10.1016/S0749-3797(02)00472-5)

Cui, Y., Mishra, S., & Welch, T. F. (2014). Land use effects on bicycle ridership: A framework for state planning agencies. *Journal of Transport Geography*, 41, 220–228. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.10.004>

Damant-Sirois, G., Grimsrud, M., & El-Geneidy, A. M. (2014). What's your type: a multidimensional cyclist typology. *Transportation*, 41(6), 1153–1169. <https://doi.org/10.1007/s11116-014-9523-8>

Dill, J., & Carr, T. (2003). Bicycle Commuting and Facilities in Major U.S. Cities: If You Build Them, Commuters Will Use Them. *Transportation Research Record*, 1828(1), 116–123. <https://doi.org/10.3141/1828-14>

Dill, J., & Voros, K. (2008). Factors Affecting Bicycling Demand: Initial Survey Findings from the Portland, Oregon, Region. *Transportation Research Record*, 2031(1),

9–17. <https://doi.org/10.3141/2031-02>

Ewing, R., & Cervero, R. (2001). Travel and the built environment: a synthesis. *Transportation Research Record*, 1780(Paper No. 01-3515), 87–114. <https://doi.org/10.3141/1780-10>

Ewing, R., & Cervero, R. (2010). Travel and the built environment. *Journal of the American Planning Association*, 76(3), 265–294. <https://doi.org/10.3141/1780-10>

Fernández-Heredia, Á., Jara-Díaz, S., & Monzón, A. (2016). Modelling bicycle use intention: the role of perceptions. *Transportation*, 43(1), 1–23. <https://doi.org/10.1007/s11116-014-9559-9>

Forsyth, A., Oakes, J. M., Schmitz, K. H., & Hearst, M. (2007). Does Residential Density Increase Walking and Other Physical Activity? *Urban Studies*, 44(4), 679–697. <https://doi.org/10.1080/00420980601184729>

Frank, L. D., & Pivo, G. (1994). Impacts of Mixed Use and Density on Utilization of Three Modes of Travel : Single-Occupant Vehicle , Transit , and Walking.

Frank, L. D., Stone, B., & Bachman, W. (2000). Linking land use with household vehicle emissions in the central puget sound: Methodological framework and findings. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 5(3), 173–196. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(99\)00032-2](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(99)00032-2)

Garrard, J., Rose, G., & Lo, S. K. (2008). Promoting transportation cycling for women: The role of bicycle infrastructure. *Preventive Medicine*, 46(1), 55–59. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2007.07.010>

Gatersleben, B., & Appleton, K. M. (2007). Contemplating cycling to work: Attitudes and perceptions in different stages of change. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(4), 302–312. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2006.09.002>

Gray, J. A., Zimmerman, J. L., & Rimmer, J. H. (2012). Built environment instruments for walkability, bikeability, and recreation: Disability and universal design relevant?

Disability and Health Journal, 5(2), 87–101. <https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2011.12.002>

Greene, W. H. (2003). *Econometric analysis*. Prentice hall.

Greene, W. H., & Hensher, D. A. (2003). A latent class model for discrete choice analysis: Contrasts with mixed logit. *Transportation Research Part B: Methodological*, 37(8), 681–698. [https://doi.org/10.1016/S0191-2615\(02\)00046-2](https://doi.org/10.1016/S0191-2615(02)00046-2)

Handy, S. (1993). Regional versus local accessibility: Implications for network travel. *Transportation Research Record*, 1400(234), 58–66.

Handy, S. (1996). Methodologies for exploring the link between urban form and travel behavior. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 1(2), 151–165. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(96\)00010-7](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(96)00010-7)

Handy, S., Boarnet, M., Ewing, R., & Killingsworth, R. (2002). How the built environment affects physical activity: Views from urban planning. *American Journal of Preventive Medicine*, 23(2 SUPPL. 1), 64–73. [https://doi.org/10.1016/S0749-3797\(02\)00475-0](https://doi.org/10.1016/S0749-3797(02)00475-0)

Handy, S., Cao, X., & Mokhtarian, P. (2005). Correlation or causality between the built environment and travel behavior? Evidence from Northern California. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 10(6), 427–444. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2005.05.002>

Handy, S., & Xing, Y. (2011). Factors Correlated with Bicycle Commuting: A Study in Six Small U.S. Cities. *International Journal of Sustainable Transportation*, 5(2), 91–110. <https://doi.org/10.1080/15568310903514789>

Handy, S., Xing, Y., & Buehler, T. (2010). Factors associated with bicycle ownership and use: A study of six small U.S. cities. *Transportation*, 37(6), 967–985. <https://doi.org/10.1007/s11116-010-9269-x>

Heinen, E., Maat, K., & van Wee, B. (2011a). Day-to-Day Choice to Commute or Not by Bicycle. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research*

Board, 2230, 9–18. <https://doi.org/10.3141/2230-02>

Heinen, E., Maat, K., & van Wee, B. (2011b). The role of attitudes toward characteristics of bicycle commuting on the choice to cycle to work over various distances. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16(2), 102–109. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2010.08.010>

Heinen, E., Maat, K., & van Wee, B. (2013). The effect of work-related factors on the bicycle commute mode choice in the Netherlands. *Transportation*, 40(1), 23–43. <https://doi.org/10.1007/s11116-012-9399-4>

Heinen, E., van Wee, B., & Maat, K. (2010). Commuting by Bicycle: An Overview of the Literature. *Transport Reviews*, 30(1), 59–96. <https://doi.org/10.1080/01441640903187001>

Hino, A. A. F., Reis, R. S., Sarmiento, O. L., Parra, D. C., & Brownson, R. C. (2014). Built environment and physical activity for transportation in adults from Curitiba, Brazil. *Journal of Urban Health*, 91(3), 446–462. <https://doi.org/10.1007/s11524-013-9831-x>

Hunt, J. D., & Abraham, J. E. (2007). Influences on bicycle use. *Transportation*, 34(4), 453–470. <https://doi.org/10.1007/s11116-006-9109-1>

Hurtubia, R., Nguyen, M. H., Glerum, A., & Bierlaire, M. (2014). Integrating psychometric indicators in latent class choice models. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 64, 135–146. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.03.010>

Hydén, C., Nilsson, A., & Risser, R. (1999). How to enhance WALKing and CYcliNG instead of shorter car trips and to make these modes safer Public. *Department of Traffic Planning and Engineering, University of Lund, Sweden*, 158.

Kamakura, W., & Russell, G. (1989). A Probabilistic Choice Model for Market Segmentation and Elasticity Structure. *Journal of Marketing Research*, 26(4), 379–390. <https://doi.org/10.2307/3172759>

Kitamura, R., Mokhtarian, P. L., & Laidet, L. (1997). A micro-analysis of land use and

travel in five neighborhoods in San Francisco Bay Area. *Transportation*, 24(November), 125–158. <https://doi.org/10.1023/A>

Kockelman, K. (1997). Travel Behavior as Function of Accessibility, Land Use Mixing, and Land Use Balance: Evidence from San Francisco Bay Area. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1607(970048), 116–125. <https://doi.org/10.3141/1607-16>

Krizek, K. J. (2003). Residential Relocation and Changes in Urban Travel: Does Neighborhood-Scale Urban Form Matter? *Journal of the American Planning Association*, 69(3), 265–281. <https://doi.org/10.1080/01944360308978019>

Kuzmyak, J. R., Baber, C., & Savory, D. (2007). Use of Walk Opportunities Index to Quantify Local Accessibility. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1977(1977), 145–153. <https://doi.org/10.3141/1977-19>

Larrañaga, A. M., Rizzi, L. I., Arellana, J., Strambi, O., & Cybis, H. B. B. (2014). The Influence of Built Environment and Travel Attitudes on Walking: A Case Study of Porto Alegre, Brazil. *International Journal of Sustainable Transportation*, 8318(April), null-null. <https://doi.org/10.1080/15568318.2014.933986>

Larsen, J., & El-Geneidy, A. (2011). A travel behavior analysis of urban cycling facilities in Montreal, Canada. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16(2), 172–177. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2010.07.011>

Leslie, E., Coffee, N., Frank, L., Owen, N., Bauman, A., & Hugo, G. (2007). Walkability of local communities: Using geographic information systems to objectively assess relevant environmental attributes. *Health and Place*, 13(1), 111–122. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2005.11.001>

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22 140, 55. <https://doi.org/2731047>

Litman, T. (2015). Land Use Impacts on Transport : How Land Use Factors Affect

Travel Behavior. *Victoria Transport Policy Institute*, 1–85. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-54876-5>

Majumdar, B. B., & Mitra, S. (2013). Investigating the Relative Influence of Various Factors in Bicycle Mode Choice. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *104*, 1120–1129. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.11.208>

Martens, K. (2004). The bicycle as a feeding mode: experiences from three European countries. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *9*(4), 281–294.

Matley, T. M., Goldman, L. M., & Fineman, B. J. (2000). Pedestrian travel potential in Northern New Jersey: A metropolitan planning organization's approach to identifying investment priorities. *Transportation Research Record*, (1705), 1–8. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0034433793&partnerID=tZOtx3y1>

McFadden, D. L. (1984). Chapter 24 Econometric analysis of qualitative response models. *Handbook of Econometrics*, *2*(April), 1395–1457. [https://doi.org/10.1016/S1573-4412\(84\)02016-X](https://doi.org/10.1016/S1573-4412(84)02016-X)

McKelvey, R. D., & Zavoina, W. (1975). A statistical model for the analysis of ordinal level dependent variables. *The Journal of Mathematical Sociology*, *4*(1), 103–120. <https://doi.org/10.1080/0022250X.1975.9989847>

McNally, M. G., & Kulkarni, A. (1997). Assessment of Influence of Land Use-Transportation System on Travel Behavior. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, *1607*(1), 105–115. <https://doi.org/10.3141/1607-15>

McNeil, N. (2011). Bikeability and the 20-min neighborhood: How infrastructure and destinations influence bicycle accessibility. *Transportation Research Record*, (2247), 53–63. <https://doi.org/10.3141/2247-07>

Meng, L., Taylor, M. A. P., & Scrafton, D. (2016). Combining Latent Class Models and GIS Models for Integrated Transport and Land Use Planning – A Case Study

Application. *Urban Policy and Research*, (February), 1–25.
<https://doi.org/10.1080/08111146.2015.1118372>

Motoaki, Y., & Daziano, R. A. (2015). A hybrid-choice latent-class model for the analysis of the effects of weather on cycling demand. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 75(2015), 217–230. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.03.017>

Moudon, A. V., Lee, C., Cheadle, A. D., Collier, C. W., Johnson, D., Schmid, T. L., & Weather, R. D. (2005). Cycling and the built environment, a US perspective. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 10(3), 245–261. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2005.04.001>

Muñoz, B., Monzon, A., & Daziano, R. a. (2016). The Increasing Role of Latent Variables in Modelling Bicycle Mode Choice. *Transport Reviews*, 1647(April), 1–35. <https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1162874>

Nelson, A., & Allen, D. (1997). If You Build Them, Commuters Will Use Them: Association Between Bicycle Facilities and Bicycle Commuting. *Transportation Research Record*, 1578, 79–83. <https://doi.org/10.3141/1578-10>

Noland, R. B., Deka, D., & Walia, R. (2011). A Statewide Analysis of Bicycling in New Jersey. *International Journal of Sustainable Transportation*, 5(5), 251–269. <https://doi.org/10.1080/15568318.2010.501482>

Oakes, J. M., Forsyth, A., & Schmitz, K. H. (2007). The effects of neighborhood density and street connectivity on walking behavior: the Twin Cities walking study. *Epidemiologic Perspectives & Innovations*, 4(1), 16. <https://doi.org/10.1186/1742-5573-4-16>

Olaru, D., Smith, B., & Taplin, J. H. E. (2011). Residential location and transit-oriented development in a new rail corridor. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(3), 219–237. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2010.12.007>

Ortúzar, J. D. D., Iacobelli, A., & Valeze, C. (2000). Estimating demand for a cycle-way

network. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 34(5), 353–373.
[https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(99\)00040-3](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(99)00040-3)

Owen, N., De Bourdeaudhuij, I., Sugiyama, T., Leslie, E., Cerin, E., Dyck, D. Van, & Bauman, A. (2010). Bicycle use for transport in an Australian and a Belgian city: Associations with built-environment attributes. *Journal of Urban Health*, 87(2), 189–198. <https://doi.org/10.1007/s11524-009-9424-x>

Papas, M. A., Alberg, A. J., Ewing, R., Helzlouer, K. J., Gary, T. L., & Klassen, A. C. (2007). The built environment and obesity. *Epidemiologic Reviews*, 29(1), 129–143. <https://doi.org/10.1093/epirev/mxm009>

Parkin, J., Wardman, M., & Page, M. (2008). Estimation of the determinants of bicycle mode share for the journey to work using census data. *Transportation*, 35(1), 93–109. <https://doi.org/10.1007/s11116-007-9137-5>

Pérez, M. S., Abad, J. C. G., Carrillo, G. M. M., & Fernández, R. S. (2007). Effects of service quality dimensions on behavioural purchase intentions: A study in public-sector transport. *Managing Service Quality*, 17(2), 134–151. <https://doi.org/10.1108/09604520710735164>

Piatkowski, D. P., & Marshall, W. (2015). Not all prospective bicyclists are created equal: The role of attitudes, socio-demographics, and the built environment in bicycle commuting. *Travel Behaviour and Society*, 2(3), 166–173. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2015.02.001>

Plaut, P. O. (2005). Non-motorized commuting in the US. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 10(5), 347–356. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2005.04.002>

Polcar, A., & Ausserer, K. (2013). Reducing car trips by promoting alternative modes of transportation. *Faculty of Agronomy Mendel University in Brno, Zemědělská, 1*.

Pucher, J., & Buehler, R. (2006). Why Canadians cycle more than Americans: A

comparative analysis of bicycling trends and policies. *Transport Policy*, 13(3), 265–279. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2005.11.001>

Pucher, J., & Buehler, R. (2008). Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany. *Transport Reviews*, 28(4), 495–528. <https://doi.org/10.1080/01441640701806612>

Pucher, J., & Buehler, R. (2010). Walking and cycling for healthy cities. *Built Environment*, 36(4), 391–414.

Pucher, J., Buehler, R., & Seinen, M. (2011). Bicycling renaissance in North America? An update and re-appraisal of cycling trends and policies. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(6), 451–475. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.03.001>

Pucher, J., & Dijkstra, L. (2003). Promoting Safe Walking and Cycling to Improve Public Health Walking and Cycling : the MOST sustainable transport modes. *American Journal of Public Health*, 93(9), 1509–1516. <https://doi.org/10.1016/j.yjmed.2009.07.028>

Rajamani, J., Bhat, C. R., Handy, S. L., Knaap, G., & Song, Y. (2003). Assessing Impact of Urban Form Measures on Nonwork Trip Mode Choice After Controlling for Demographic and Level-of-Service Effects. *Transportation Research Record*, 1831(1), 158–165. <https://doi.org/10.3141/1831-18>

Rietveld, P., & Daniel, V. (2004). Determinants of bicycle use: Do municipal policies matter? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 38(7), 531–550. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2004.05.003>

Rodríguez, D., & Joo, J. (2004). The relationship between non-motorized mode choice and the local physical environment. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 9(2), 151–173. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2003.11.001>

Ross, C. L., & Dunning, A. E. (1997). Land use transportation interaction: an examination of the 1995 NPTS data. *Anesthesiology*, 116(6), 50.

<https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e31825dd7ac>

Rossetti, T. (2017). *Modelación de preferencias por diseño de infraestructura ciclista utilizando variables latentes perceptuales. (tesis de Magíster)*. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

Ruud, P. A. (1983). Sufficient Conditions For The Consistency Of Mmaximum Likelihood Estimation Despite Misspecification Of Distribution In Multinomial Discrete Choice Models. *Econometrica*, 51(1), 225–228. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=6849771&site=ehost-live&scope=site>

Rybarczyk, G., & Wu, C. (2010). Bicycle facility planning using GIS and multi-criteria decision analysis. *Applied Geography*, 30(2), 282–293. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.08.005>

Saelens, B. E., & Handy, S. L. (2008). Built Environment Correlates of Walking: A Review, 40(206). <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817c67a4>. Built

Saelens, B. E., Sallis, J. F., & Frank, L. D. (2003). Environmental correlates of walking and cycling: findings from the transportation, urban design, and planning literatures. *Annals of Behavioral Medicine: A Publication of the Society of Behavioral Medicine*, 25(2), 80–91. https://doi.org/10.1207/S15324796ABM2502_03

Sallis, J. F., Conway, T. L., Dillon, L. I., Frank, L. D., Adams, M. A., Cain, K. L., & Saelens, B. E. (2013). Environmental and demographic correlates of bicycling. *Preventive Medicine*, 57(5), 456–460. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2013.06.014>

Sawkins, J. W., Seaman, P. T., & Williams, H. C. S. (1997). Church attendance in Great Britain: An ordered logit approach. *Applied Economics*, 29(2), 125–134. <https://doi.org/10.1080/000368497327209>

Scheepers, C. E., Wendel-Vos, G. C. W., den Broeder, J. M., van Kempen, E. E. M. M., van Wesemael, P. J. V., & Schuit, A. J. (2014). Shifting from car to active transport: A

systematic review of the effectiveness of interventions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 70, 264–280. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.10.015>

Schwanen, T., & Mokhtarian, P. (2005). What affects commute mode choice: neighborhood physical structure or preferences toward neighborhoods? *Journal of Transport Geography*, 13(1), 83–99. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2004.11.001>

SECTRA. (2013). Análisis del comportamiento de la demanda de infraestructura especializada para bicicletas, 279.

SECTRA. (2015). Encuesta origen y destino de viajes 2012.

Sehatzadeh, B., Noland, R., & Weiner, M. (2011). Walking frequency, cars, dogs, and the built environment. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(8), 741–754. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2011.06.001>

Sener, I. N., Eluru, N., & Bhat, C. R. (2009). An analysis of bicycle route choice preferences in Texas, US. *Transportation*, 36(5), 511–539. <https://doi.org/10.1007/s11116-009-9201-4>

Smith, B., & Olaru, D. (2013). Lifecycle stages and residential location choice in the presence of latent preference heterogeneity. *Environment and Planning A*, 45(10), 2495–2514. <https://doi.org/10.1068/a45490>

Smith, P., Wilson, M., & Armstrong, T. (2011). “ I ” ll just take the car ’ *Improving bicycle transportation to encourage its use on short trips*.

Snizek, B., Sick Nielsen, T. A., & Skov-Petersen, H. (2013). Mapping bicyclists’ experiences in Copenhagen. *Journal of Transport Geography*, 30, 227–233. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.02.001>

Stewart, O. T., & Moudon, A. V. (2014). Using the built environment to oversample walk, transit, and bicycle travel. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 32, 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.06.012>

Stinson, M., & Bhat, C. (2004). Frequency of Bicycle Commuting: Internet-Based Survey Analysis. *Transportation Research Record*, 1878(1), 122–130. <https://doi.org/10.3141/1878-15>

Stinson, M., & Bhat, C. R. (2003). Analysis Using a Stated Preference Survey, 1828(03–3301), 107–115.

Tin Tin, S., Woodward, A., Thornley, S., Langley, J., Rodgers, A., & Ameratunga, S. (2010). Cyclists' attitudes toward policies encouraging bicycle travel: Findings from the Taupo Bicycle Study in New Zealand. *Health Promotion International*, 25(1), 54–62. <https://doi.org/10.1093/heapro/dap041>

Titze, S., Stronegger, W. J., Janschitz, S., & Oja, P. (2008). Association of built-environment, social-environment and personal factors with bicycling as a mode of transportation among Austrian city dwellers. *Preventive Medicine*, 47(3), 252–259. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2008.02.019>

Vandenbulcke, G., Dujardin, C., Thomas, I., Geus, B. De, Degraeuwe, B., Meeusen, R., & Panis, L. I. (2011). Cycle commuting in Belgium: Spatial determinants and “re-cycling” strategies. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(2), 118–137. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2010.11.004>

Vij, A., & Walker, J. (2014). Preference endogeneity in discrete choice models. *Transportation Research Part B: Methodological*, 64, 90–105. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2014.02.008>

Walker, J. (2006). Opening up the black box: Enriching behavioral models of spatial and travel choices. *Journal of Transport Geography*, 14(5), 396–398. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.06.008>

Walker, J., & Ben-Akiva, M. (2002). Generalized random utility model. *Mathematical Social Sciences*, 43(3), 303–343. [https://doi.org/10.1016/S0165-4896\(02\)00023-9](https://doi.org/10.1016/S0165-4896(02)00023-9)

Walker, J., & Li, J. (2007). Latent lifestyle preferences and household location

decisions. *Journal of Geographical Systems*, 9(1), 77–101. <https://doi.org/10.1007/s10109-006-0030-0>

Walker, J., Li, J., Srinivasan, S., & Bolduc, D. (2010). Travel demand models in the developing world: correcting for measurement errors. *Transportation Letters*, 2(4), 231–243. <https://doi.org/doi:10.3328/TL.2010.02.04.231-243>

Wardman, M., Tight, M., & Page, M. (2007). Factors influencing the propensity to cycle to work. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(4), 339–350. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2006.09.011>

Wen, C. H., Wang, W. C., & Fu, C. (2012). Latent class nested logit model for analyzing high-speed rail access mode choice. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48(2), 545–554. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2011.09.002>

Winters, M., Brauer, M., Setton, E. M., & Teschke, K. (2010). Built environment influences on healthy transportation choices: Bicycling versus driving. *Journal of Urban Health*, 87(6), 969–993. <https://doi.org/10.1007/s11524-010-9509-6>

Winters, M., Brauer, M., Setton, E. M., & Teschke, K. (2013). Mapping bikeability: A spatial tool to support sustainable travel. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 40(5), 865–883. <https://doi.org/10.1068/b38185>

Zahabi, S. A. H., Chang, A., Miranda-Moreno, L. F., & Patterson, Z. (2016). Exploring the link between the neighborhood typologies, bicycle infrastructure and commuting cycling over time and the potential impact on commuter GHG emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 47(August), 89–103. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.05.008>

Zegras, C. (2004). The influence of land use on travel behaviour: empirical evidence from Santiago de Chile. *TRB Annual Meeting*, (January), 1–15. Retrieved from [http://web.mit.edu/czegras/www/Zegras TRB 04.pdf](http://web.mit.edu/czegras/www/Zegras%20TRB%2004.pdf)

Zegras, C. (2010). The Built Environment and Motor Vehicle Ownership and Use:

Evidence from Santiago de Chile. *Urban Studies*, 47(July), 1793–1817.
<https://doi.org/10.1177/0042098009356125>

ANEXOS

ANEXO A: ENCUESTA APLICADA

A continuación se presenta la encuesta aplicada. Esta contiene la información que fue presentada a los usuarios e indica aquellas preguntas que fueron desplegadas en función de respuestas previas. El número entre paréntesis junto a cada respuesta indica cómo fue codificada cada respuesta en la base de datos.

PRESENTACIÓN

El objetivo de esta encuesta es comprender los hábitos y preferencias de movilidad de ciclistas y no-ciclistas. Su participación permitirá recolectar información fundamental para planificar ciudades más eficientes y amables. La encuesta dura menos de 10 minutos. Al presionar el botón "Continuar" usted está accediendo a participar y a que su información sea utilizada por este estudio. Su participación en este estudio es voluntaria. Todas sus respuestas son confidenciales y anónimas. Si desea obtener información adicional con respecto al estudio, incluyendo los resultados, no dude en contactarnos a los correos electrónicos iroliva@uc.cl o terosset@uc.cl. Al finalizar la encuesta podrá participar por una gift card Cencosud de \$50.000. Si desea ser parte de este sorteo, al finalizar se le solicitará su correo electrónico para posteriormente contactar a los ganadores. Agradecemos de antemano su valiosa colaboración. Atentamente, Patricia Galilea y Ricardo Hurtubia Profesores Facultad de Ingeniería Ignacio Oliva y Tomás Rossetti Estudiantes de Magíster en Ciencias de la Ingeniería Pontificia Universidad Católica de Chile

Indique su género

- Masculino (1)
- Femenino (2)
- No quiero responder (3)

Indique su edad

¿Cuántas personas componen su hogar, incluyendo a usted mismo?

¿Tiene hijos?

- Sí (1)
- No (2)

¿Cuál es su ocupación principal?

- Estudiante (1)
- Empleado (2)
- Dueño de empresa (3)
- Independiente (4)
- Jubilado (5)
- Cesante (6)
- Dueño/a de casa (7)
- Otro (8)

¿Cuántos autos hay en su hogar?

- 0 (1)
- 1 (2)
- 2 o más (3)

¿Cuántas bicicletas hay en su hogar?

- 0 (6)
- 1 (1)
- 2 (2)
- 3 (3)
- 4 (4)

- 5 o más (5)

¿Cuál es su nivel de estudios?

- Escolar incompleta (1)
- Escolar completa (2)
- Universitaria o Técnico Profesional incompleta (3)
- Universitaria o Técnico Profesional completa (4)
- Postgrado incompleto (5)
- Postgrado completo (6)

A continuación se le pide que piense en el último viaje que realizó desde su hogar a su trabajo, lugar de estudios o actividad principal.

¿Dónde se originó este viaje? Puede entregar esta información de tres formas distintas (elijá una): - Escribir su dirección exacta. - Indicar alguna intersección cercana del lugar de donde proviene - Indicar algún lugar de interés cercano (estación de metro, mall, edificio importante, etc).

Dirección exacta (calle) (4)

Dirección exacta (número) (8)

Dirección exacta (Comuna) (9)

Intersección (Calle 1): (1)

Intersección (Calle 2): (2)

Lugar reconocible: (3)

¿Dónde termina este viaje? Puede entregar esta información de tres formas distintas (elijá una): - Escribir su dirección exacta.- Indicar alguna intersección cercana del lugar de donde proviene- Indicar algún lugar de interés cercano (estación de metro, mall, edificio importante, etc).

Dirección exacta (calle) (4)

Dirección exacta (número) (8)

Dirección exacta (comuna) (9)

Intersección (Calle 1): (1)

Intersección (Calle 2): (2)

Lugar reconocible: (3)

¿Qué modo de transporte utilizó para este viaje? Si combinó entre modos, marque más de uno.

- Auto (1)
- Taxi o colectivo (5)
- Bus (2)
- Metro (7)
- Bicicleta (4)
- Caminata (3)
- Otro (6) _____

Considerando este viaje en particular, califique las siguientes frases indicando qué tan de acuerdo está con ellas, siendo 1 "Muy en desacuerdo" y 7 "Muy de acuerdo".

_____ Creo que a lo largo del trayecto que recorrí hay menos delincuencia que en el resto de la ciudad (1)

_____ Creo que a lo largo del trayecto que recorrí es poco probable que haya accidentes ocasionados por vehículos (2)

Piense en su comportamiento hace dos semanas, ¿cuántas veces se dirigió a realizar las siguientes actividades en bicicleta?

	Nunca (0)	1 (1)	2 (2)	3 (3)	4 (4)	5 (5)	6 (6)	7 o más (7)
Trabajo o estudios (1)	<input type="radio"/>							
Compras o diligencias (2)	<input type="radio"/>							
Ocio o deportes (3)	<input type="radio"/>							
Otro (4)	<input type="radio"/>							

¿Diría que esta semana representa su comportamiento habitual a lo largo del año?

- Sí (1)
 No (2)

Display This Question:

If Durante la semana pasada, ¿cuántas veces se dirigió a realizar las siguientes actividades en bici... Trabajo o estudios - 1 Is Selected

Or Durante la semana pasada, ¿cuántas veces se dirigió a realizar las siguientes actividades en bici... Trabajo o estudios - 2 Is Selected

Or Durante la semana pasada, ¿cuántas veces se dirigió a realizar las siguientes actividades en bici... Trabajo o estudios - 3 Is Selected

Or Durante la semana pasada, ¿cuántas veces se dirigió a realizar las siguientes actividades en bici... Trabajo o estudios - 4 Is Selected

Or Durante la semana pasada, ¿cuántas veces se dirigió a realizar las siguientes actividades en bici... Trabajo o estudios - 5 Is Selected

Or Durante la semana pasada, ¿cuántas veces se dirigió a realizar las siguientes actividades en bici... Trabajo o estudios - 6 Is Selected

Or Durante la semana pasada, ¿cuántas veces se dirigió a realizar las siguientes actividades en bici... Trabajo o estudios - 7 o más Is Selected

¿Cuándo fue la primera vez que fue a su actividad principal en bicicleta? Elija la opción que más se acerca.

- 1 mes o menos (1)
- Entre 1 y 6 meses (2)
- Entre 6 meses y 1 año (3)
- Entre 1 y 5 años (4)
- Más de 5 años (5)

¿Está suscrito a algún sistema de bicicletas públicas? (Bike Santiago o Bici Las Condes)

- Sí (1)
- No (2)

Display This Question:

If Durante la semana pasada, ¿cuántas veces se dirigió a realizar las siguientes actividades en bici... Trabajo o estudios - Nunca Is Not Selected

Or Durante la semana pasada, ¿cuántas veces se dirigió a realizar las siguientes actividades en bici... Compras o diligencias - Nunca Is Not Selected

Or Durante la semana pasada, ¿cuántas veces se dirigió a realizar las siguientes actividades en bici... Ocio o deportes - Nunca Is Not Selected

Or Durante la semana pasada, ¿cuántas veces se dirigió a realizar las siguientes actividades en bici... Otro - Nunca Is Not Selected

¿Con qué frecuencia realiza lo siguiente mientras anda en bicicleta? Considere todo tipo de viajes, independiente de qué tan largos son o si son para ejercitarse o ir al trabajo.

	Nunca o casi nunca (1)	A veces (2)	Siempre o casi siempre (3)
Usa casco (1)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Escucha música con audífonos (3)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Usa luces cuando está oscuro (2)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Revisa su celular (5)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Suponga que tiene que realizar un viaje en bicicleta y hay dos calles que lo conectan con su destino de manera directa. Para cada una de las siguientes cuatro situaciones, ¿cuál de las dos calles prefiere?

¿Qué ruta prefiere?

- Opción A 20 minutos de viaje Los autos van rápido (60 km/h) Pasan buses del transporte público (1)
- Ninguna me parece aceptable (8)
- Opción B 15 minutos de viaje Los autos van lento (30 km/h) No pasan buses del transporte público (7)

¿Qué ruta prefiere?

- Opción A 15 minutos de viaje Los autos van rápido (60 km/h) No pasan buses del transporte público (1)
- Ninguna me parece aceptable (3)
- Opción B 20 minutos de viaje Los autos van lento (30 km/h) Pasan buses del transporte público (2)

¿Qué ruta prefiere?

- Opción A 30 minutos de viaje Los autos van lento (30 km/h) No pasan buses del transporte público (4)
- Ninguna me parece aceptable (6)
- Opción B 20 minutos de viaje Los autos van rápido (60 km/h) Pasan buses del transporte público (5)

¿Qué ruta prefiere?

- Opción A 30 minutos de viaje Los autos van lento (30 km/h) Pasan buses del transporte público (1)
- Ninguna me parece aceptable (3)
- Opción B 30 minutos de viaje Los autos van rápido (60 km/h) No pasan buses del transporte público (2)

A continuación, se le presenta una imagen similar a las que vio anteriormente.



Sobre esta imagen, responda qué tan de acuerdo se encuentra con las siguientes afirmaciones poniéndole una nota del 1 al 7, siendo 1 "Muy en desacuerdo" y 7 "Muy de acuerdo".

- _____ Esta ruta es segura (1)
- _____ Esta ruta es cómoda (2)
- _____ Esta ruta me gusta (3)

A continuación se presentan algunas afirmaciones sobre el uso de la bicicleta como modo de transporte para ir al trabajo, lugar de estudio o actividad principal. Independiente de si usted es usuario o no de la bicicleta, califique cada una indicando qué tan de acuerdo está con ellas, siendo 1 "Muy en desacuerdo" y 7 "Muy de acuerdo".

- _____ Se puede realizar un viaje en bicicleta aunque no exista un espacio adecuado para cambiarse de ropa en el destino (5)
- _____ Se puede dejar la bicicleta amarrada en la calle si es que se cuenta con un buen candado (6)
- _____ Es importante que haya buen clima para realizar un viaje en bicicleta (1)
- _____ Mis compañeros de estudio/trabajo tienen una opinión positiva con respecto a que la gente use la bicicleta a diario (2)
- _____ Andar en bicicleta da estatus a quien la utiliza (12)

¿Tiene conocidos o personas que considere cercanas que usen la bicicleta como principal modo de transporte?

- Sí (1)
- No (2)

Display This Question:

If ¿Tiene conocidos que anden en bicicleta? Sí Is Selected

Por favor indique quiénes de sus conocidos usan la bicicleta como principal modo de transporte.

- Amigos cercanos (1)
- Familiares (2)
- Compañeros de trabajo/estudio (3)
- Vecinos (4)
- Otros (5)

A continuación se presentan algunas frases que hablan sobre el uso de la bicicleta y la ciudad en general. Independiente de si usted es usuario o no de la bicicleta, califique cada una con una nota del 1 al 7, siendo un 1 "Muy en desacuerdo" y un 7 "Muy de acuerdo".

- _____ Realizo actividades en mi vida diaria que ayudan a cuidar el medio ambiente (1)
- _____ Nuestro planeta está en riesgo debido al calentamiento global (15)
- _____ Debiera ser obligatorio usar casco para andar en bicicleta (2)

- _____ Me preocupo de hacer ejercicio durante la semana (3)
- _____ La gente que anda en bicicleta ayuda a tener una ciudad más amable (16)
- _____ No me importaría vivir en un departamento pequeño si cuenta con servicios, actividades y queda cerca del trabajo (17)
- _____ Si tuviera que andar en bicicleta preferiría hacerlo por la vereda, la calle es muy peligrosa (18)
- _____ Viviría más lejos de mi trabajo si eso me permite tener un patio más grande (19)

Durante un mes promedio, ¿cuál es el ingreso total de su hogar? Esto es la suma total de los ingresos de todas las personas que componen su hogar.

- Menos de \$300.000 (1)
- Entre \$300.000 y \$450.000 (2)
- Entre \$450.000 y \$650.000 (3)
- Entre \$650.000 y \$1.000.000 (4)
- Entre \$1.000.000 y \$2.000.000 (5)
- Entre \$2.000.000 y \$3.000.000 (7)
- Más de \$3.000.000 (8)
- No quiero responder (6)

Si quiere participar por la gift card por \$50.000, por favor ingrese su mail.

La encuesta ha terminado. ¡Muchas gracias por participar!

**ANEXO B: GEORREFERENCIACIÓN VIAJES PERSONAS QUE UTILIZAN
AL MENOS UNA VEZ A LA SEMANA LA BICICLETA PARA
MOVILIZARSE AL TRABAJO**



Figura 8-1: Orígenes de viajes de personas que declaran utilizar la bicicleta. Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.



Figura 8-2: Destinos de viajes de personas que declaran utilizar la bicicleta. Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.

**ANEXO C: GEORREFERENCIACIÓN VIAJES DE CICLISTAS QUE USAN
BICICLETA 3 O MÁS VECES A LA SEMANA PARA TRANSPORTARSE
AL TRABAJO**



Figura 8-3: Orígenes de viajes de personas que declaran utilizar la bicicleta al menos 3 veces a la semana. Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.



Figura 8-4: Destinos de viajes de personas que declaran utilizar la bicicleta al menos 3 veces a la semana. Fuente: Elaboración propia a partir de QGIS.

ANEXO D: DESCRIPTIVOS DE VARIABLES QUE CARACTERIZAN ENTORNO CONSTRUIDO

Tabla 8-1 Descriptivos indicadores entorno construido en el origen. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Obs	Media	Std. Dev.	Min	Max	Descripción
o_nviviendas500	1487	5391.52	3210.16	52.00	19743.00	Número de viviendas dentro de buffer de 500 metros en el origen
o_noficinas500	1487	96.89	102.85	0.00	462.00	Número de oficinas dentro de buffer de 500 metros en el origen
o_ncomercial500	1487	271.01	300.06	0.00	1752.00	Número de comercio dentro de buffer de 500 metros en el origen
o_entropia500	1487	0.41	0.15	0.01	0.73	Factor de entropía dentro de buffer de 500 metros en el origen
o_verde500	1487	31803.25	43262.93	0.00	762934.90	Superficie de áreas verdes (m2) dentro de buffer de 500 metros en el origen
o_largopromciclovía500	1487	1221.30	1172.43	0.00	4930.00	Largo promedio (m) de ciclovías que pasan dentro de buffer de 500 metros en el origen
o_sumlargociclovía500	1487	2403.894	2360.985	0	9940	Suma de largo (m) de ciclovías que pasan dentro de buffer de 500 metros en el origen
o_metrosciclovía500	1487	737.69	689.68	0.00	3560.20	Total de metros de ciclovía existentes dentro de buffer de 500 metros en el origen
o_ciclovíatot500	1487	1.49	1.55	0.00	11.00	Cantidad de ciclovías existentes dentro de buffer de 500 metros en el origen
o_distciclovía	1487	483.53	597.81	1.30	6808.82	Distancia (m) a ciclovía más cercana desde el origen
o_largopromediacalle500	1487	57.09	17.79	17.51	238.80	Largo promedio (m) de calles que pasan dentro de buffer de 500 metros en el origen
o_metroscallebuffer500	1487	16927.72	3913.27	3006.26	28677.68	Total de metros de calle existentes dentro de buffer de 500 metros en el origen

o_nintersecciones250	1487	39.66	25.87	2.00	178.00	Cantidad de intersecciones existentes dentro de buffer de 250 metros en el origen
o_angulodesvest500	1487	101.53	10.19	38.68	138.37	Desviación estándar del ángulo formado por intersecciones dentro de buffer de 250 metros en el origen
o_largocalledestest250	1487	53.83	21.69	16.62	307.63	Desviación estándar del largo de calles que cruzan buffer de 250 metros en el origen
o_tamanomanzana500	1487	41881.26	245116.80	3027.41	6040080.00	Tamaño promedio (m2) de las manzanas existentes en buffer de 500 metros en el origen
o_distalameda	1487	4975.45	4406.51	3.66	21187.08	Distancia (m) a eje Alameda desde el origen
o_distpzaarmas	1487	6598.15	4614.01	8.46	21831.61	Distancia (m) a Plaza de Armas desde el origen
o_nmetro500	1487	0.49	0.66	0.00	3.00	Cantidad de estaciones de metro en buffer de 500 metros en el origen
o_distmetro	1487	1005.65	1048.62	1.56	7984.13	Distancia (m) a estación de metro más cercana desde el origen
o_nparaderos500	1487	16.95	6.99	0.00	39.00	Cantidad de paraderos en perímetro de 500 metros en el origen

Tabla 8-2: Descriptivos Entorno Construido Destino. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Descripción
d_nviviendas500	1487	5116.73	2978.04	84.00	17651.00	Número de viviendas dentro de buffer de 500 metros en el destino
d_noficinas500	1487	121.79	112.83	0.00	448.00	Número de oficinas dentro de buffer de 500 metros en el destino
d_ncomercial500	1487	356.88	381.78	0.00	1818.00	Número de comercio dentro de buffer de 500 metros en el destino

d_entropia500	1487	0.51	0.13	0.02	0.76	Factor de entropía dentro de buffer de 500 metros en el destino
d_verde500	1487	42152.02	53351.34	0.00	746441.90	Superficie de áreas verdes (m2) dentro de buffer de 500 metros en el destino
d_largopromciclovía500	1487	1329.27	1212.03	0.00	4930.00	Largo promedio (m) de ciclovías que pasan dentro de buffer de 500 metros en el destino
d_sumlargociclovía500	1487	2549.193	2256.344	0	7960	Suma de largo (m) de ciclovías que pasan dentro de buffer de 500 metros en el destino
d_metrosciclovía500	1487	728.64	639.43	0.00	2798.28	Total de metros de ciclovía existentes dentro de buffer de 500 metros en el destino
d_ciclovíatot500	1487	1.57	1.41	0.00	8.00	Cantidad de ciclovías existentes dentro de buffer de 500 metros en el destino
d_distciclovía	1487	406.54	437.42	1.32	3453.82	Distancia (m) a ciclovía más cercana desde el destino
d_largopromediacalle500	1487	50.28	15.44	22.14	116.93	Largo promedio (m) de calles que pasan dentro de buffer de 500 metros en el destino
d_metroscallebuffer500	1487	17444.05	3566.60	3217.55	29473.04	Total de metros de calle existentes dentro de buffer de 500 metros en el destino
d_nintersecciones250	1487	46.95	31.43	1.00	189.00	Cantidad de intersecciones existentes dentro de buffer de 250 metros en el destino
d_angulodesvest250	1487	101.30	8.97	54.55	127.27	Desviación estándar del ángulo formado por intersecciones dentro de buffer de 250 metros en el destino
d_largocalledesvest250	1487	51.62	16.84	16.47	190.85	Desviación estándar del largo de calles que cruzan buffer de 250 metros en el destino
d_tamanomanzana500	1487	23114.22	54720.46	3250.03	923188.00	Tamaño promedio (m2) de las manzanas existentes en buffer de 500 metros en el destino
d_distalameda	1487	4444.07	4242.24	0.85	22424.87	Distancia (m) a eje Alameda desde el destino

d_distpzaarmas	1487	5741.08	4375.73	8.46	23082.91	Distancia (m) a Plaza de Armas desde el destino
d_nmetro500	1487	0.82	0.74	0.00	3.00	Cantidad de estaciones de metro en buffer de 500 metros en el destino
d_distmetro	1487	629.39	852.95	1.18	7511.78	Distancia (m) a estación de metro más cercana desde el destino
d_nparaderos500	1487	17.56	7.43	0.00	44.00	Cantidad de paraderos en perímetro de 500 metros en el destino
d_recorridos500	1487	73.20	51.82	0.00	217.00	Cantidad de recorridos de buses de Transantiago que circulan dentro de buffer de 500 metros en el destino

Tabla 8-3 Descriptivos Indicadores Viaje. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Obs	Media	Std. Dev.	Min	Max	Descripción
alturadifnet	1487	-3.62	79.74	-385.10	368.89	Diferencia de altura sobre nivel del mar entre destino y origen (m)
tpoauto	1487	16.78	7.13	0.00	41.22	Tiempo que demora realizar el viaje en auto (min)
tpotpub	1487	34.87	16.00	1.42	120.32	Tiempo que demora realizar el viaje en Transporte público (min)
tpocaminata	1487	86.29	52.97	1.42	292.07	Tiempo que demora realizar el viaje en modo caminata (min)
distauto	1487	8.81	6.36	0.00	29.89	Distancia recorrida para realizar el viaje en modo auto (km)
disttpub	1487	8.23	5.31	0.12	29.88	Distancia recorrida para realizar el viaje en modo Transporte Público (km)
distcaminata	1487	6.86	4.27	0.12	23.45	Distancia recorrida para realizar el viaje en modo caminata (km)