

MODELANDO EL COMPORTAMIENTO DE USUARIOS DE TAXI COLECTIVO EN SANTIAGO

Cristian Domarchi, Pontificia Universidad Católica de Chile, cdomarchi@uc.cl

Juan Enrique Coeymans, Pontificia Universidad Católica de Chile, jec@ing.puc.cl

Juan de Dios Ortúzar, Pontificia Universidad Católica de Chile, jos@ing.puc.cl

RESUMEN

En este trabajo se formulan y estiman modelos de elección discreta para usuarios de transporte público en Santiago que tengan disponible a taxi colectivo como alternativa, así como los resultados del análisis factorial de un cuestionario de indicadores de percepción sobre este modo, con el propósito de detectar los aspectos que inciden en la elección de este modo. Se observa que los encuestados perciben al taxi colectivo como un modo conveniente, que les permite ahorrar caminatas y transbordos a través de viajes directos y recorridos flexibles, aspecto altamente valorado por los usuarios. Estos resultados podrían ser relevantes en la discusión sobre la regulación del modo taxi colectivo, considerando que se requiere, al mismo tiempo, reducir su informalidad y preservar sus atributos positivos en un contexto de integración eficiente con el resto del sistema de transporte público.

Palabras clave: taxi colectivo, modelos de elección discreta, *paratransit*, planificación de transporte público

Keywords: share taxi, discrete choice models, *paratransit*, public transport planning

1 INTRODUCCIÓN

El taxi colectivo es un modo de transporte público característico de Chile, que se ofrece en sus principales ciudades a través de vehículos livianos con una capacidad máxima de cuatro asientos, área de cobertura definida y recorridos en principio fijos, aunque eventualmente adaptables a las necesidades de los pasajeros. Durante un día laboral normal en Santiago, se realizan cerca de 700 mil viajes que utilizan taxi colectivo en una o más etapas. Esto equivale a aproximadamente 3,7% del total de viajes de la ciudad y un 12,9% del total diario de viajes en transporte público (Muñoz et al., 2015; SECTRA, 2013a). La participación de mercado de este modo es superior en horario nocturno, así como en comunas periféricas en que la red de taxi colectivo funciona como complemento a la red de transporte público mayor.

Las iniciativas políticas reconocen la relevancia de este modo para la ciudad, sobre todo en su rol de modo complementario a buses y Metro y en la flexibilidad que otorga llegando a zonas que pudieran no estar adecuadamente cubiertas por el transporte público mayor¹ (SUBTRANS, 2013). Sin embargo, la falta de integración física y tarifaria de la red de taxi colectivo con Transantiago, y algunas deficiencias de la regulación vigente, hacen que el modo comparta algunos elementos con lo que habitualmente se denomina “transporte público informal” o *paratransit* (Cervero y Golub, 2007; Amorós-Zurita, 2013), específicamente en lo relativo a la precariedad organizacional de los operadores y la irregularidad del nivel de servicio ofrecido. La forma de operación “informal” suele asociarse principalmente a una falta de regulación que puede traducirse en el aumento de externalidades como congestión, emisiones, ruido y accidentes, e informalidad en la operación (SOCHITRAN, 2013), lo que no resulta deseable desde el punto de vista de la planificación urbana.

El taxi colectivo es un modo poco estudiado en el contexto chileno en general, y de Santiago en particular. Este estudio representa un primer intento por estudiarlo como una alternativa relevante de transporte para un gran número de usuarios, entendiendo los atributos que lo diferencian de las alternativas existentes y analizando su significado a través de modelos de comportamiento. Con ello se espera entender qué características de la operación del taxi colectivo son apreciadas por sus usuarios, aspecto que podría ser relevante en su regulación.

El resto del documento se organiza de la siguiente forma: en el siguiente capítulo se entrega una contextualización acerca de la red y los usuarios. El tercer capítulo presenta la metodología de trabajo, incluyendo una encuesta diseñada especialmente para esta investigación. El capítulo cuarto describe el procesamiento de la información. Finalmente, los últimos dos capítulos presentan algunos resultados, conclusiones y reflexiones asociadas a la regulación del modo.

2 ANTECEDENTES

2.1 El Taxi Colectivo como “Transporte Público Alternativo”

El taxi colectivo –junto con el taxi básico– son modos que disminuyen la brecha entre el automóvil particular y el transporte público de recorrido fijo (O’Ryan et al., 2012). En efecto, ambos permiten

¹ La Política Nacional de Transportes (SUBTRANS, 2013) destaca su relevancia ... “para atender la conexión entre ejes masivos y las áreas más alejadas que presentan baja densidad de población”.

que los usuarios desarrollen sus viajes en vehículos “de alquiler”, con una capacidad máxima de cuatro pasajeros, y en general funcionan como complemento a la red de transporte público mayor de las ciudades, especialmente en zonas geográficas y horarios en que las redes de transporte a través de buses, trenes o Metro no cuenten con cobertura o niveles de servicio apropiados (MTT, 2012). Ambos modos entregan una flexibilidad ausente del transporte público mayor: mientras en los taxis básicos el usuario fija el origen y destino de los viajes (MTT, 2012), en el caso del taxi colectivo el área de cobertura y el recorrido son, en teoría, fijos, aunque se permite flexibilizar los recorridos con el propósito de “*eludir vías congestionadas cuando el vehículo haya completado su capacidad, o en los extremos del trazado y siempre que ningún pasajero se oponga*” (Decreto N° 212, 1992).

2.1.1 *Paratransit*: conceptos básicos

Aunque, como se ha mencionado previamente, el modo es característico de Chile y es difícil asemejarlo a alguno existente en contextos distintos, su flexibilidad y menores niveles de regulación contribuyen a que el taxi colectivo se asemeje al “transporte público alternativo” o *paratransit*². Si bien no existe una única definición de este término, para propósitos de este trabajo puede asumirse la que entrega Gwilliam (2002), quien denomina *paratransit* a “*todo aquel transporte disponible públicamente que se encuentra fuera del sistema regulatorio general del transporte público*”. Esta definición es suficientemente amplia como para incluir una infinidad de modos de operación, tanto de vehículos motorizados (desde servicios tipo “taxi” informales e ilegales prestados por motonetas, motocicletas y automóviles hasta buses legales con horario fijo) como no motorizados (bicicletas, bici-taxis, triciclos, entre otros), excluyendo únicamente aquellos reservados para uso privado y los que forman parte del transporte público convencional (Amorós-Zurita, 2013). De hecho, *paratransit* significa literalmente “al margen del transporte público” (Lave y Mathias, 2003).

En países en vías de desarrollo, los servicios tipo *paratransit* tienen como característica común el haber surgido como una alternativa de transporte público al margen de la regulación (Cervero y Golub, 2007). El desarrollo de servicios de *paratransit* es más relevante mientras menos desarrollado esté el sistema de transporte público convencional (Amorós-Zurita, 2013).

2.1.2 El estándar *Paratransit* del taxi colectivo en Chile

A lo largo de la historia del transporte público en Santiago, los procesos más relevantes de reglamentación y fiscalización se han centrado fundamentalmente en los dos modos que históricamente han transportado mayores volúmenes de personas: bus y Metro. Las modificaciones y regulaciones de estos modos han surgido desde la autoridad central, y han logrado influir la estructura de viajes de la ciudad (Thomson, 1995).

Los taxis colectivos constituyen un modo de transporte público especial, originado de manera “espontánea”, a través de iniciativas privadas que en el transcurso del tiempo la autoridad se encarga de limitar y/o regular con menores niveles de intensidad que en el caso del transporte público mayor. En efecto, las medidas regulatorias sobre este mercado –como el ordenamiento de

² La traducción del término *paratransit* al español como “transporte público alternativo” ha sido adaptada de Amorós-Zurita (2013).

los recorridos y las empresas, el congelamiento del parque, la prohibición de la operación de vehículos como taxis básicos y colectivos de manera simultánea, y la prohibición de circulación por ciertos ejes de la ciudad, entre otras— datan de la década de 1990 y se mantienen vigentes en la actualidad a partir de diversos cuerpos legales que han prolongado su validez. En este sentido, los grados de libertad que la legislación otorga al taxi colectivo (en términos de recorridos y tarifas, por ejemplo), son elementos que lo acercan al estándar *paratransit*. Esto hace patente la necesidad de estudiarlo de forma específica, focalizada y local, a fin de recoger apropiadamente la realidad de sus usuarios y utilizar los resultados como insumo para la regulación.

2.2 Características de la Operación de Taxis Colectivos en Santiago

2.2.1 Los usuarios

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas, actualmente circulan en Chile un total de 60.000 vehículos inscritos como taxis colectivos, un 23% de los cuales se encuentra inscrito en la Región Metropolitana³ (INE, 2016). Su flexibilidad y menores costos de operación contribuyen a que sea considerado como una alternativa relevante de transporte en varias ciudades intermedias de Chile. En algunas de ellas es, de hecho, la alternativa de transporte público con mayor participación; en particular, alcanza el 26% de los viajes totales diarios en Punta Arenas (SECTRA, 2007), 19% en Copiapó (SECTRA, 2010), 15% en Puerto Montt (SECTRA, 2014), 16% en Iquique-Alto Hospicio (SECTRA, 2012) y 14% en Coquimbo-La Serena (SECTRA, 2013b).

Según la última encuesta origen-destino (EOD) de viajes de Santiago (SECTRA, 2013a; Muñoz *et al.*, 2015), un 75% de los viajes en taxi colectivo no realiza combinaciones con otros modos. Entre los que sí lo hacen, la mayor parte combina con Metro (72% del total de combinaciones). La importancia relativa del taxi colectivo es amplia en comunas periféricas como Buin (20% del total diario de viajes), Talagante (19%), Melipilla (12%) y El Monte (11%), mientras que las comunas del área metropolitana de Santiago con mayor proporción de uso de taxi colectivo son San Bernardo⁴ (10%), Puente Alto (8%), El Bosque (7%) y San Joaquín (7%).

La revisión detallada de los viajes en este modo muestra algunas diferencias relevantes entre sus usuarios y los que emplean mayoritariamente los modos de transporte público mayor (Bus/Metro), que se resumen en la Tabla 1. Se observa que, en promedio, los usuarios de taxi colectivo tienen mayor edad y nivel de ingreso menor que los que usan bus y Metro. Adicionalmente, el taxi colectivo es un modo más utilizado por mujeres (65% del total), y proporcionalmente se usa más para trámites y compras, y menos para viajes “obligados” como trabajo y estudio que, en general, se realizan en horario punta. Este perfil de usuarios concuerda con las características intrínsecas del servicio: su comodidad (si se consigue viajar, se viaja sentado, y además permite trasladar compras en el maletero del vehículo) y flexibilidad, que parecen ser atributos evaluados positivamente.

³ El parque de taxis colectivos se ha mantenido “congelado” en una cifra cercana a los 14.000 vehículos en la Región Metropolitana desde hace al menos diez años (INE, 2016).

⁴ Es interesante observar que un 42,8% de los viajes en transporte público generados en San Bernardo corresponden a viajes de taxi colectivo.

Tabla 1. Principales diferencias entre viajeros de taxi colectivo y de modo Bip! (Bus/Metro)

Dimensión	Variable	Taxi colectivo	Modo Bip! (Bus/Metro)
Motivo del viaje	% de viajes con motivo trabajo	15	24
	% de viajes con motivo trámites	11	6
	% de viajes con motivo compras	9	3
	% de viajes con motivo estudio	4	10
Horario del viaje	% de viajes en horario punta	32	48
Edad	Edad media (años)	41,5	37,5
Sexo	% de mujeres usuarias	65	52
Ingreso	Ingreso medio de los usuarios (CL\$)	\$ 255.000	\$ 340.000
	% de usuarios con ingreso menor a \$200.000	28	19

Fuente: Encuesta Origen-Destino de Viajes de Santiago 2012 (SECTRA, 2013)

2.2.2 La red de taxi colectivo

Un catastro de servicios de taxis colectivos de Santiago, realizado en el marco de la EOD 2012, indica que 221 empresas operan un total de 374 líneas, incluyendo variantes y servicios nocturnos. El 67% de las empresas de servicios de taxi colectivo opera una única línea, y sólo siete operan cuatro o más servicios cada una. Existe gran variabilidad en la cobertura de servicios de taxi colectivo en el Gran Santiago, concentrándose su mayor densidad en las zonas sur-oriente, y norponiente de la ciudad (MTT, 2002).

La consideración de las distancias de recorrido y el tipo de viaje servido por cada línea permite clasificar los servicios operativos, con base en la taxonomía realizada por MTT (2002) y complementada con la información de SECTRA (2013), en:

- i) servicios “suburbanos” (6% del total), que conectan el área metropolitana de Santiago con las comunas rurales o semi-rurales aledañas como Buin, Colina o San José de Maipo, en servicios con una longitud de circunvalación de entre 30 y 90 km;
- ii) servicios “largos” (37%), que unen comunas distantes dentro del área metropolitana, utilizando ejes importantes además de la vialidad local de la comuna, en recorridos de una longitud de entre 20 y 40 km;
- iii) servicios “cortos” (25%), que unen comunas aledañas a través de recorridos de menor extensión (menos de 20 km) y que operan como alimentadores de estaciones de Metro o conectando zonas de baja cobertura de transporte público mayor; y
- iv) servicios “locales” (32%), que operan con pocas restricciones de circulación (en términos de área de cobertura y recorrido) dentro de comunas específicas⁵.

Las formas de operación del sistema de taxi colectivo presentan tales niveles de variabilidad, que no es posible asegurar que un servicio pertenezca únicamente a uno de los grupos mencionados previamente, por lo que esta clasificación sólo se utiliza ilustrativamente.

⁵ Especial atención merecen en este grupo los taxis colectivos de la comuna de Maipú, que funcionan únicamente con un área de circulación fija. La ruta es definida por el conductor según los destinos de los pasajeros, que en la práctica son captados en distintos puntos al interior de la comuna. La permanencia de este tipo de operación en el tiempo, con todas sus complejidades (dificulta el ordenamiento de los servicios y tiende a favorecer la aparición de servicios “piratas”), se justifica por razones históricas y de comodidad de los usuarios. La complejidad operativa de este tipo de servicios significó que no fueran considerados en el marco del presente estudio.

3 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Salvo un número reducido de trabajos en el ámbito de la consultoría (MTT, 1991; MTT, 2002), no se dispone de estudios detallados que permitan caracterizar a la red y usuarios de taxi colectivo en Santiago. Por ello, para una apropiada caracterización de los usuarios de interés, se desarrolló una encuesta de preferencias reveladas a una muestra de usuarios de transporte público (bus, Metro, taxi colectivo y combinaciones), a fin de recopilar información acerca de elecciones observadas por parte de usuarios de transporte público que tuvieran disponible la alternativa taxi colectivo⁶. También fue necesario recopilar información acerca de los niveles de servicio de la alternativa escogida las restantes disponibles (que no habían sido escogidas), como se explica a continuación.

3.1 Zonas, Periodo y Metodología de Encuesta

Considerando la proporción de mercado del taxi colectivo, una muestra aleatoria arrojaría un número reducido de observaciones de usuarios del modo⁷. Por ello, se definió trabajar con una muestra basada en la elección (Ortúzar y Willumsen, 2011, pag. 61), que concentrara la mayor parte de las observaciones en usuarios de taxi colectivo. Dado el carácter exploratorio de este trabajo, las encuestas fueron aplicadas en tres zonas de influencia, en que un análisis previo determinó la existencia de una gran densidad y variabilidad de servicios. Estas zonas son Bellavista de La Florida (servicios “cortos” y “locales”), Lo Ovalle (principalmente servicios “largos”, aunque también “cortos” y “locales”) y Cal y Canto (presencia importante de servicios “largos” y también “sub-urbanos”). En estas zonas, adicionalmente, se observan variados servicios de bus y Metro que, al menos en ciertos tramos, “compiten” con el taxi colectivo. A partir de ello, se definió que la encuesta de PR fuera aplicada en estos tres modos⁸.

Las tres zonas de influencia corresponden a puntos que atraen viajes (desde la periferia a zonas más céntricas) durante la mañana y los generan durante la tarde (hacia la periferia, desde zonas más céntricas). Por ello se optó por realizar la encuesta exclusivamente en el periodo punta tarde, aprovechando la significativa ventaja de las colas de espera que se generan en varios de los servicios de taxi colectivo en los puntos escogidos para la encuesta.

⁶ Al tratarse de un estudio exploratorio, se escogieron tres puntos en que el modo tuviera relevancia y se observara una competencia con otros modos de transporte público. Si bien la encuesta no pretende tener representatividad estadística a nivel de la ciudad completa, aunque algunas conclusiones básicas podrían ser extrapolables a otros puntos similares a los escogidos para encuestar.

⁷ Es importante mencionar que este hecho, junto con el interés de contar con una amplia variabilidad en las observaciones de alternativas disponibles de taxi colectivo y de recopilar información adicional acerca de indicadores de percepción de los usuarios del modo, justificó un levantamiento de información independiente para estimar modelos de comportamiento de usuarios de taxi colectivo, en lugar de emplear bases de datos pre-existentes como la de la EOD-2012, que no están concentradas en este modo específico.

⁸ Se definió *a priori* el desarrollo de encuestas en transporte público, sin considerar el modo automóvil como alternativa disponible, considerando las complejidades operativas de encuestar a usuarios de transporte privado, y a que cerca del 70% de los viajes en taxi colectivo en la EOD-2012 se asocia a usuarios que declaran no poseer automóvil en su hogar. No se encontró evidencia acerca de eventuales traspasos de demanda entre estos modos en el contexto de Santiago: su participación se mantuvo relativamente constante en 3% entre las EOD de 2001 y 2012, lo que contrasta con el fuerte incremento del automóvil (de 21% en 2001 a 26% en 2012) y la disminución del transporte público mayor (de 30% a 24%, respectivamente). Esto fue confirmado durante la aplicación de la encuesta, en la que sólo un 3% de los encuestados declaró tener como alternativa disponible el automóvil particular.

3.2 Diseño de la Encuesta

Este se realizó pensando en captar el comportamiento del usuario a partir del punto en que es observado esperando un servicio determinado; por esto, aunque se preguntó por el origen del viaje, el grueso de la encuesta se concentró en indagar acerca del destino final del mismo y las elecciones (modos y recorridos) utilizadas para llegar a él. Asimismo, se recopiló información socioeconómica del usuario (sexo, edad, ocupación, nivel educacional, rango de ingreso y comuna de residencia, entre otros).

El escaso interés que ha suscitado el estudio del taxi colectivo hace que, hasta la fecha, no se hayan examinado en profundidad las motivaciones de sus usuarios para elegirlo. Dado esto, se aprovechó este estudio para recopilar indicadores de percepción de los usuarios acerca del modo, definidos como resultado de grupos focales con usuarios habituales y ocasionales del modo, cuyo principal objetivo fue entender las motivaciones que los llevaban a escogerlo (Clifton y Handy, 2001). Los resultados de esta experiencia fueron agrupados en cuatro dimensiones principales y dieron origen a 12 indicadores de percepción, que fueron incorporados al instrumento de medición a través de escalas Likert de cinco puntos (Likert, 1934), asociadas a las frases mencionadas en la Tabla 2 a continuación. Estas preguntas –correspondientes al modo de interés, y no a los alternativos– fueron hechas únicamente a usuarios que reportaban haber utilizado el modo en el último año.

Tabla 2. Indicadores de percepción asociados al taxi colectivo

Dimensión	ID	Indicador
Confiabilidad	y_a	Viajando en taxi colectivo me demoro menos que en otros medios.
	y_b	Puedo saber exactamente cuánto me voy a demorar antes de subirme al taxi colectivo.
	y_f	Viajando en taxi colectivo espero menos que viajando en otros medios.
	y_g	Puedo saber exactamente cuánto voy a esperar antes de llegar a la parada del taxi colectivo.
Comodidad	y_c	Para mí es importante ir sentado durante mi viaje.
	y_d	Para mí es importante poder transportar bultos (carga) en mi viaje.
Flexibilidad	y_e	El viaje en taxi colectivo me permite hacer menos transbordos.
	y_h	El servicio de taxi colectivo me deja en un lugar que me conviene.
Seguridad	y_i	Si ando en taxi colectivo, es menos probable que me ocurra un accidente.
	y_j	Tengo seguridad de que no seré víctima de un delito si viajo en taxi colectivo.
Relación con el conductor	y_k	Siempre puedo preguntar, sugerir o reclamar algo al conductor del taxi colectivo.
	y_l	El conductor del taxi colectivo ayuda a la gente que tiene problemas de movilidad (adultos mayores, personas con discapacidad, mujeres embarazadas, entre otros).

4 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

El conjunto de alternativas disponibles de bus y Metro para cada usuario, fue construido utilizando la herramienta de planificación STEP-TRANS (Raveau *et al.*, 2017), con apoyo de las utilidades de planificación de Google Transit. Se efectuó un procesamiento complementario de información para obtener los datos asociados a tiempo de espera, viaje y caminata de cada una de las alternativas elementales de bus, Metro y combinaciones:

- El *tiempo de viaje* fue estimado a partir de las distancias de viaje entre paraderos (o estaciones) y las velocidades medias de operación registradas en el periodo, medidas a través de GPS en los vehículos.
- El *tiempo de espera* fue estimado como función de los intervalos teóricos de pasada (intervalo completo en el caso de buses, semi-intervalo para el caso de Metro).

iii) El *tiempo de caminata* (de transbordo y egreso)⁹ fue calculado a partir del promedio aritmético de las distancias euclíadiana y Manhattan entre cada par de puntos de interés, considerando velocidades de caminata de 0,9 m/s para usuarios adultos mayores y 1,1 m/s para el resto de los usuarios (CONASET, 2014).

Para las alternativas de taxi colectivo, es importante mencionar que, a la fecha, la red no se encuentra codificada en detalle y, dada la naturaleza “flexible” de sus recorridos, no es tarea fácil estimar sus trazados y niveles de servicio. Para definir los servicios de taxi colectivo disponibles para cada usuario encuestado, se utilizó el catastro realizado en el marco de la EOD-2012 (SECTRA, 2013), complementado con información del Registro Nacional de Servicios de Transporte Público de Pasajeros (MTT, 2017).

A partir de esta información, se diseñó una heurística consistente en medir la distancia mínima d_{jk} entre cada servicio k y cada destino j . Esta mínima distancia define un punto P que pertenece al recorrido, que correspondería al punto más probable de bajada del usuario, de haberlo utilizado. En general, el servicio k se consideró disponible para el usuario j si esta distancia era inferior a un km¹⁰. De esta forma, el nivel de servicio de taxi colectivo fue estimado como sigue:

- i) El *tiempo de viaje* corresponde al cociente entre la distancia a bordo del vehículo (entre el origen y el punto P) y la velocidad media del recorrido, obtenida a partir de mediciones con GPS realizadas en terreno.
- ii) El *tiempo de espera* fue medido en terreno. Considerando las colas generadas por los usuarios esperando abordar cada servicio, se realizó una medición de tasas de llegada y salida de usuarios, que permitió obtener tiempos medios de espera en cada cola y, por ende, en cada servicio (ver Daganzo y Newell, 1995 para una explicación detallada del método).
- iii) En este caso no se generaron alternativas “mixtas”, considerando el bajo nivel de uso del modo en combinación con otros. De esta forma, el único *tiempo de caminata* relevante es el tiempo de egreso, que fue estimado a partir de la distancia d_{jk} definida previamente.
- iv) Finalmente, fue necesario realizar un catastro de *tarifas* de taxi colectivo, considerando que cada servicio presentaba esquemas tarifarios distintos y que ellos, en general, dependen del par origen-destino de cada usuario. El esquema tarifario fue traducido en una tarifa por distancia, que permitió asignar una tarifa esperada a cada usuario para cada alternativa de taxi colectivo disponible.

5 RESULTADOS

Luego de la aplicación de una encuesta piloto, durante noviembre de 2016, se realizaron algunas modificaciones menores a los formularios, se determinó su extensión media (siete minutos) y la factibilidad de aplicarla con la metodología descrita. El trabajo de campo definitivo se realizó durante el mes de diciembre de 2016. Se consiguió recolectar un total de 503 encuestas completas. Luego de revisiones básicas, la base definitiva quedó conformada por 467 encuestas. Un 57% de éstas fueron aplicadas a usuarios de taxi colectivo, según el método de muestreo definido, un 30% a usuarios de bus y el resto a usuarios de Metro.

⁹ El tiempo de acceso, entendido como el ingreso del usuario a la red, no es un atributo relevante en la elección de ruta para esta encuesta, dado que ésta se efectuó en un punto intermedio del viaje.

¹⁰ Se realizaron validaciones adicionales para descartar algunos servicios que cumplían este criterio y no eran útiles para el usuario. Más detalles acerca de la construcción del banco de datos pueden consultarse en Domarchi (2007).

La Tabla 3 muestra algunos indicadores descriptivos de la muestra. Se observa que, al menos en términos de sexo y nivel de ingreso¹¹, su composición socioeconómica se aproxima al perfil de usuarios de taxi colectivo que recoge la EOD-2012. Adicionalmente, es interesante mencionar que la mayor proporción de usuarios reportó como comunas de residencia La Florida (21%), La Granja (13%), San Bernardo (10%) y Renca (9%), identificadas en el catastro de servicios como comunas con alta cobertura de servicios de taxi colectivo, y con sectores que presentaban problemas de conectividad en la red de transporte público mayor, los que, como se ha mencionado previamente, suelen presentar una alta participación del modo en estudio.

Tabla 3. Total de encuestas válidas obtenidas según punto y modo

Dimensión	Variable	% de la muestra
Lugar de encuesta	Bellavista de La Florida	34
	Lo Ovalle	38
	Cal y Canto	28
Edad (años)	< 18	8
	[18; 30]	32
	[31; 45]	30
	[46; 60]	24
	> 60	7
Sexo	Mujer	61
Posesión de automóvil	No tiene	55
	1	35
	2 o más	10
Nivel educacional máximo	Básica	12
	Media	48
	Técnica	23
	Universitaria	17
Nivel de ingreso (Personal)	Menos de \$200.000	9
	Entre \$200.000 y \$400.000	40
	Entre \$400.000 y \$800.000	21
	Más de \$800.000	5
	Actualmente no percibe	13
	No indica	11

5.1 Cuestionario de Indicadores de Percepción

Los resultados relacionados con los indicadores de percepción se presentan en la Tabla 4, que muestra la calificación media en cada ítem, distinguiendo según punto de encuesta. Se observa que los ítems con mejor evaluación media se asocian a la comodidad y flexibilidad que otorga el servicio: conveniencia en el destino (4,38), posibilidad de viajar sentado (4,32), menor tiempo de viaje (4,20) y menos transbordos (4,18). Por otra parte, los puntos con peor evaluación tienen que ver con la confiabilidad del tiempo de espera (3,20) y de viaje (3,60), así como la percepción de seguridad ante accidentes (3,29).

Los ítems de este cuestionario fueron analizados a través de un análisis factorial *exploratorio* (AFE), que permitió identificar correlaciones entre los indicadores y agruparlos en factores que

¹¹ Un 22% de la muestra tiene un ingreso declarado menor que \$200.000, o bien declara no percibir ingresos. Esta cifra es algo menor al 28% que se detecta en la encuesta origen destino. Esto podría asociarse fundamentalmente a los puntos escogidos para el levantamiento de encuestas, que corresponden a sectores asociados a usuarios de ingresos medios.

pudieran representar eventuales variables latentes¹². Las últimas columnas de la tabla muestran los resultados del análisis factorial *confirmatorio* (AFC), que se desarrolló para probar estadísticamente las relaciones encontradas en el AFE, bajo la hipótesis de la existencia de una estructura de tres dimensiones que explicaba la variabilidad detectada en el cuestionario de indicadores de percepción. Para cada indicador se presenta la carga factorial y el test Z, que permite verificar su significancia estadística. Los modelos fueron estimados utilizando el paquete de ecuaciones estructurales SEM (Fox, 2009), disponible en ambiente R. Debe notarse que todas las cargas son significativas al 95% de confianza, y que el modelo factorial presentó niveles de ajuste global apropiados¹³.

Tabla 4. Cuestionario de indicadores de percepción

Indicadores de percepción	Calificación media (Likert 5)				Análisis factorial confirmatorio (Cargas)		
	Bellavista de La Florida	Cal y Canto	Lo Ovalle	Promedio Global	Factor 1 Conveniencia	Factor 2 Confiabilidad	Factor 3 Seguridad
1. Me demoro menos	4,09	4,25	4,25	4,20			
2. Sé cuánto me demoraré	3,63	3,39	3,79	3,60		0,350 (4,0)	
3. Puedo ir sentado	4,37	4,37	4,20	4,32	0,325 (6,6)		
4. Puedo llevar bultos	3,62	3,57	3,44	3,54			
5. Menos transbordos	4,11	4,28	4,15	4,18	0,386 (8,0)		
6. Espero menos	3,53	3,66	3,78	3,65	0,180 (3,0)	0,326 (4,0)	
7. Sé cuánto esperaré	3,21	3,08	3,31	3,20		0,866 (5,2)	
8. Me deja donde me conviene	4,41	4,35	4,38	4,38	0,539 (10,9)		
9. Menos accidentes	3,20	3,30	3,37	3,29			0,446(4,3)
10. Menos delitos	3,45	3,68	3,66	3,60			0,863 (4,3)
11. Puedo hacer reclamos o sugerencias	3,92	3,91	3,86	3,90			
12. El chofer ayuda a los demás	3,73	3,51	3,61	3,61			

De forma consistente con las evaluaciones medias y conforme con lo esperado a partir del diseño del cuestionario, los indicadores asociados a las características distintivas del modo respecto al nivel de *comfort* en el viaje (como menores tiempos, posibilidad de viajar sentado, transbordar menos y conveniencia del destino), presentan una alta correlación con el primer factor, el que podría denominarse como *Conveniencia*. Similarmente, los dos indicadores asociados a seguridad (con respecto a accidentes y a eventos de delincuencia), cargaron fuertemente un segundo factor, que se denominaría *Seguridad*. Finalmente, los indicadores asociados a la confiabilidad del tiempo de viaje y espera, se agruparon en un tercer factor denominado *Confiability*.

Estos resultados entregan algunas luces acerca de los factores más apreciados por los usuarios del modo, y tienden a coincidir con las dimensiones que usualmente aparecen asociadas a las encuestas de satisfacción con este tipo de modos (ver, por ejemplo, Joewono y Kubota, 2007, en el contexto del *paratransit* en Indonesia). Es interesante notar que los usuarios parecen evaluar de manera positiva algunas de las características distintivas del modo, aunque desde el punto de vista de la planificación éstas pueden tener un carácter de “informal”; en efecto, la conveniencia se manifiesta

¹² El cuestionario entregó un valor de 0,6 para la prueba de Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación muestral (Kaiser, 1974), lo que indica un ajuste adecuado para el desarrollo de análisis factorial. El valor *alfa* de Cronbach del cuestionario también llegó a 0,6, lo que se asocia a una consistencia sólo moderada del cuestionario para análisis factoriales.

¹³ El índice de la raíz del error cuadrático medio de aproximación (RMSEA) tuvo un valor de 0,052, lo que representa un valor aceptable de ajuste (Hooper et al. 2008). El ajuste global alcanzó el valor de 0,976. Otros indicadores de interés son: CFI = 0,953, SRMR = 0,043, AIC = 69,276 y BIC = -62,038.

en que el taxi colectivo pueda dejar al usuario en la puerta del lugar al que se dirige, incluso desviándose del recorrido establecido. Esto también redunda en menores tiempos de caminata y en la consiguiente disminución de la necesidad de realizar transbordos.

5.2 Modelos de Elección Discreta

La información anterior permitió estimar modelos de elección de ruta, utilizando los atributos usuales de cada una (tiempo de viaje, espera y caminata), además del costo de viaje (expresado como el cociente entre la tarifa y la tasa salarial en \$/minuto, Jara-Díaz y Ortúzar, 1989), el número de transbordos y un conjunto de constantes modales asociadas al modo de acceso a la red, dejando como referencia al Metro. Las especificaciones presentadas aquí son modelos del tipo logit multinomial (MNL) y logit jerárquico (NL), en que las alternativas fueron agrupadas de acuerdo al modo de acceso de la ruta correspondiente; adicionalmente, se exploró la especificación de algunas variaciones sistemáticas en los gustos (Ortúzar y Willumsen, 2011, pag. 279). Al tratarse de una muestra basada en la elección, fue necesario aplicar pesos exógenos a la estimación con máxima verosimilitud (WESML), de acuerdo a la metodología sugerida por Lerman y Manski (1979). Los resultados se presentan en la Tabla 5 a continuación¹⁴:

Tabla 5. Resultados de modelos de elección discreta

Variable	Modelo MNL		Modelo NL	
	Coeficiente	Test-t*	Coeficiente	Test-t*
Constante modal – Bus	-3,03	-10,0	-2,13	-6,5
Constante modal – Taxi colectivo	-4,59	-13,2	-3,33	-7,6
Costo / Ingreso	-0,012	-2,7	-0,009	-1,4
Tiempo de caminata	-0,196	-9,7	-0,154	-7,0
Tiempo de caminata * “Lejos”	-0,079	-3,8	-0,049	-2,3
Tiempo de caminata * Sexo (Hombre = 1)	0,125	6,0	0,103	5,2
Tiempo de espera	-0,108	-5,1	-0,089	-4,7
Tiempo de espera * Adulto mayor	-0,229	-2,6	-0,114	-1,2
Tiempo de espera * Estudiante	-0,082	-1,7	-0,076	-1,8
Tiempo de viaje	-0,021	-2,1	-0,021	-2,1
Nº de transbordos	-2,56	-8,6	-2,24	-9,2
Nido – Acceso: Bus	–	–	0,595	2,8*
Nido – Acceso: Taxi colectivo	–	–	0,327	1,6*
LL*	-602,5		-593,5	
Rho ² ajustado	0,344		0,352	

*Test-t con respecto a 0, salvo en los parámetros de nido (respecto a 1).

Es posible observar que los parámetros estimados presentan los signos esperados, aunque algunos no son significativos al 95% de confianza. El uso de variaciones sistemáticas de gustos permite observar algunas diferencias entre usuarios de la muestra; por ejemplo, en ambos modelos, los adultos mayores tienen una valoración significativamente mayor del tiempo de espera, y los hombres tienen evalúan de manera menos negativa el tiempo de caminata que las mujeres. Por otra parte, los usuarios que fueron captados en la encuesta después de un transbordo (marcados a través de la variable “lejos”), también tienen una valoración del tiempo de caminata significativamente

¹⁴ Es importante mencionar que, en paralelo, se ha estimado un conjunto de modelos tipo logit mixto (ML), así como modelos híbridos de elección discreta con variables latentes, de acuerdo a las especificaciones sugeridas por Bahamonde-Birke et al. (2015) y Bierlaire (2016), que no son reportados en este documento por restricciones de espacio.

superior que los usuarios que inician el viaje en las inmediaciones del punto de encuesta, para quienes un minuto de espera equivale a poco más de cuatro minutos de viaje. Es interesante notar la alta penalización que los usuarios entregan a los tiempos de caminata y al número de transbordos. En línea con lo que se analizó previamente, quienes respondieron la encuesta tienden a preferir alternativas de viaje más directas y convenientes. Para muchos de los usuarios encuestados, el taxi colectivo representa una opción atractiva por estas características, a pesar de que no siempre ofrezca mejores tiempos de viaje y de espera, y aunque para muchos de los desplazamientos se deba pagar una mayor tarifa.

6 CONCLUSIONES

En términos de la experiencia general de viaje, el análisis de los resultados obtenidos en la encuesta de indicadores de percepción permitió detectar que los usuarios tienden a evaluar positivamente algunos aspectos distintivos del modo, como la posibilidad que los deje en un destino conveniente, les permita viajar sentados y puedan ahorrar transbordos. Se observa una valoración positiva de la seguridad del modo, que podría asociarse con la proximidad entre el conductor y el usuario. La valoración de los atributos en los modelos de elección confirma la fuerte penalización que los usuarios otorgan a alternativas que impliquen transbordos o incrementos en el tiempo de caminata. La diferencia es significativamente superior para personas con dificultades de desplazamiento (como adultos mayores) y para quienes ya han realizado transbordos en etapas anteriores.

El periodo y los puntos escogidos para la encuesta, así como la metodología de muestreo, inciden en que buena parte de los viajes captados sean etapas finales en desplazamientos de vuelta a casa. Esto incide en el hecho de que los usuarios evalúen positivamente aquellos atributos que “simplifican” el viaje, en términos de reducir las caminatas tanto en los egresos como en los transbordos, especialmente si ya provienen de etapas anteriores. El taxi colectivo cumple mejor este rol (es decir, se adapta mejor a las necesidades de los usuarios), cuando se le permite cierta *flexibilidad* a su recorrido, tanto en el momento de captar a los pasajeros como para llevarlos hacia sus hogares. En definitiva, los resultados muestran que las dimensiones mejor evaluadas del modo se asocian a su capacidad de adaptarse a las necesidades de sus usuarios, y que, en el estado operativo actual del taxi colectivo, esto puede asociarse precisamente a algún grado de informalidad que la autoridad quisiera controlar.

De acuerdo con Godard et al. (2006), usualmente la relación de las autoridades de transporte con los modos tipo *paratransit* en el mundo parte con ignorarlos y/o desconocer su importancia, para luego combatirlos. Una vez que este conflicto no entrega los resultados esperados, se reconoce su rol y se formaliza y regula su operación. Chile ha recorrido este camino de manera progresiva en las últimas décadas, y en la actualidad se discute el paso a la siguiente etapa, que implicaría apoyar a los operadores para que puedan modernizarse en un esquema de operación integrada.

Si bien esto es altamente deseable desde el punto de vista de la sociedad en su conjunto, es importante mencionar que cualquier esquema de regulación de taxis colectivos no puede dejar de considerar las características propias del modo que son bien evaluadas por los usuarios. Por ejemplo, si bien podría considerarse apropiado “rigidizar” la operación de los taxis colectivos en términos de restringir y fiscalizar sus recorridos para que se mantengan fijos durante todo el trayecto, se estaría eliminando la posibilidad (muy bien evaluada por los usuarios del modo) de que el vehículo los deje “en la puerta de la casa”. Similarmente, proveer un servicio equivalente al

actual con vehículos más grandes, como se ha sugerido en algunas propuestas recientes, podría incrementar los tiempos de espera (producto de menores frecuencias ofrecidas) y los tiempos totales de viaje (producto de la subida y bajada de un mayor número de pasajeros). Asimismo, se debería analizar en detalle la factibilidad de incorporar esquemas tarifarios flexibles –como los existentes actualmente– a una operación con tarifa integrada como la de Transantiago.

El proceso de modernización del servicio de taxis colectivos en Santiago y el resto de las ciudades de Chile, debiera considerar en su planteamiento a operadores y usuarios. Se debe tender a un compromiso entre la mantención de las características propias del modo que son bien evaluadas por sus usuarios y el bienestar de la sociedad en su conjunto, en términos de uso de la vialidad pública. Esto representa un importante desafío para las autoridades chilenas, si se quiere reforzar el relevante rol de apoyo que cumplen actualmente los taxis colectivos en el contexto del transporte público nacional. La regulación debe conducirlos a su modernización e integración, pero también a la entrega de un mejor nivel de servicio para sus usuarios.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el proyecto FONDEF D10E1049 “Una herramienta táctico-estratégica de gestión y planificación de sistemas de transporte público urbano, Extensión 2016-2017”. Los autores desean también desear agradecer la contribución del Centro de Desarrollo Urbano Sustentable CEDEUS (CONICYT/FONDAP/15110020) y del Instituto en Sistemas Complejos de Ingeniería (CONICYT: FB0816).

REFERENCIAS

- Amorós-Zurita, R. (2013) El rol del transporte público alternativo motorizado en la ciudad. *Territorios en Formación*, 5, 3–22.
- Bahamonde-Birke, F., Kunert, U., Link, H. y Ortúzar, J. de D. (2016) About attitudes and perceptions: finding the proper way to consider latent variables in discrete choice models. *Transportation*, 44, 475–493.
- Bierlaire, M. (2016) Estimating choice models with latent variables with Python Biogeme. Transport and Mobility Laboratory, School of Architecture, Civil and Environmental Engineering, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Report TRANSP-OR 160628.
- Cervero, R. y Golub, A. (2007) Informal transport: a global perspective. *Transport Policy*, 14, 445–457.
- Clifton, K. y Handy, S. (2001) Qualitative methods in travel behaviour research. En Jones, P. y Stopher, P. (Eds.) *Transport Survey Quality and Innovation*, Emerald Group Publishing Limited, Bingley, 283–302.
- CONASET (2014) *Manual de Señalización de Tránsito*. Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito, Santiago.
- Daganzo, C. y Newell, G. (1995). *Methods of Analysis for Transportation Operations*, Institute of Transportation Studies, University of California at Berkeley.
- Decreto N° 212 (1992). Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile. Santiago, Chile, 21 de noviembre de 1992. Modificado por el Decreto N° 181 del 20 de febrero de 2016.

- Domarchi, C. (2017) *Modelos de Comportamiento de Usuarios de Taxi Colectivo en Santiago*. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Fox, J. (2009). Teacher's Corner: Structural equation modeling with the sem package in R. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 13(3), 465–486.
- Godard, X. (2006) Coping with paratransit in developing cities, a scheme of complementarity with institutional transport. *Future Urban Transport Conference*, Gotemburgo, Suecia, 2-5 de abril 2006.
- Gwilliam, K. (2002) *Cities on the move: a World Bank urban transport strategy review*. The World Bank, Washington D. C.
- Hooper, D., Coughlan, J. y Mullen, M. (2008). Structural equation modelling: guidelines for determining model fit. *Journal of Business Research Methods*, 6, 53–60.
- INE (2016). *Anuarios Parque de Vehículos en Circulación*. Instituto Nacional de Estadísticas, Chile. http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/estadisticas_economicas/transporte_y_comunicaciones/parquevehiculos.php
- Jara-Díaz, S.R. y Ortúzar, J. de D. (1989) Introducing the expenditure rate in the estimation of mode choice models. *Journal of Transport Economics and Policy*, 23, 293–308.
- Joewono, T. y Kubota, H. (2007) User satisfaction with paratransit in competition with motorization in Indonesia: anticipation of future implications. *Transportation*, 3, 337–354.
- Kaiser, H. (1974) An index of factorial simplicity. *Psychometrica*, 39, 31–36.
- Lave, R. y Mathias, R. (2003) Paratransit systems. En Kim, T. (ed.), *Transportation engineering and planning: Encyclopedia of life support systems*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Washington, D.C.
- Lerman, S. y Manski, C. (1979) Sample design for discrete choice analysis of travel behaviour: the state of the art. *Transportation Research 13B*, 29–44.
- Likert, R. (1934) A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 5–55.
- Muñoz, V., Thomas, A., Navarrete, C. y Contreras, R. (2015). Encuesta origen-destino de Santiago 2012. Resultados y validaciones. *Ingeniería de Transporte*, 19, 21–36.
- MTT (1992). *Estudio de Diagnóstico y Recomendaciones para el Mercado de Taxis y Taxis Colectivos, Informe Final*. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Santiago, Chile. Realizado por Bakovic y Balic Ingenieros Consultores Ltda.
- MTT (2002) *Ánalisis del Sistema de Taxis Colectivos de la Ciudad de Santiago. Informe Final*. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Santiago, Chile. Realizado por Fernández & De Cea – Consultores Ltda.
- MTT (2012) *Plan Maestro de Transporte 2025 Santiago*. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Santiago https://www.mtt.gob.cl/wp-content/uploads/2014/02/plan_maestro_2025_2.pdf

MTT (2017) *Registro Nacional de Servicios de Transporte Público de Pasajeros [Base de datos]*. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Obtenida a través de Solicitud de Información por Ley de Transparencia.

O’Ryan, R., Sperling, D., Delucchi, M. y Turrentine, T. (2002) *Transportation in Developing Countries: Greenhouse Scenarios in Chile*. Documento de Trabajo 111, 1-37. Centro de Economía Aplicada, Universidad de Chile.

Ortúzar, J. de D. y Willumsen, L. (2011) *Modelling Transport*. John Wiley & Sons, Chichester.

Raveau, S., Muñoz J.C., Prato, C., Soto, A., Tamblay, A. e Iglesias, P. (2017). A behavioural planning tool for modelling public transport systems. *TransitData 2017, 3rd International Workshop and Symposium*, 22-24 de mayo 2017, Santiago, Chile

SECTRA (2007). *Actualización de encuestas origen y destino de viajes, IV Etapa - Punta Arenas. Informe Final*. Programa de Vialidad y Transporte Urbano. Realizado por la Pontificia Universidad Católica de Chile.

SECTRA (2010). *Actualización diagnóstico del S.T.U. de la ciudad de Copiapó. Encuesta origen destino de viajes. Informe Final*. Programa de Vialidad y Transporte Urbano. Realizado por TRASA Ingeniería Ltda.

SECTRA (2012). *Actualización diagnóstico del S.T.U. de la ciudad de Iquique. Encuesta origen-destino de viajes. Informe Final*. Programa de Vialidad y Transporte Urbano. Realizado por Apia XXI Ingenieros y Arquitectos Consultores.

SECTRA (2013a). *Encuesta origen-destino de Santiago. Informe Final*. Programa de Vialidad y Transporte Urbano. Realizado por la Universidad Alberto Hurtado.

SECTRA (2013b). *Actualización diagnóstico del S.T.U. de la conurbación Coquimbo-La Serena. Encuesta origen-destino de viajes. Informe Final*. Programa de Vialidad y Transporte Urbano. Realizado por CIS Ingenieros Consultores.

SECTRA (2014). *Actualización diagnóstico del S.T.U. de la ciudad de Puerto Montt. Encuesta origen destino de viajes. Informe Final*. Programa de Vialidad y Transporte Urbano. Realizado por TRASA Ingeniería Ltda.

SOCHITRAN (2013). *Políticas de Transporte Urbano para Nuestras Ciudades. Sociedad Chilena de Ingeniería de Transportes*. http://www.sochitran.cl/wp-content/uploads/PTU_Sochitran1.pdf.

SUBTRANS (2013). *Política Nacional de Transportes*. Subsecretaría de Transportes. <https://www.mtt.gob.cl/wp-content/uploads/2013/05/documento-politica.pdf>.

Thomson, I. (1995). Una evaluación crítica de algunos aspectos del desarrollo del Sistema de Transporte Urbano de Santiago. *Actas del VII Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte*, 17-20 de octubre 1995, Santiago, Chile, 436-451.