

## EVALUACIÓN DE UNA PLATAFORMA DE *CARPOOLING* MEDIANTE EXPERIMENTOS DE SELECCIÓN

EMILIO PICASSO<sup>1,2</sup>- MARIANO BONOLI ESCOBAR<sup>2</sup> -PEDRO COSATTO AMMANN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería-Universidad Católica Argentina, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería-Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.  
*epicasso@uca.edu.ar-mbonoli@fi.uba.ar-pedrocosatto@uca.edu.ar*

Fecha recepción: junio 2020 Fecha aprobación: octubre 2020

### RESUMEN

La ciudad de Buenos Aires sufre un incesante aumento de la congestión de sus principales vías de acceso, con el consecuente deterioro ambiental. El *carpooling* constituye una posible solución, complementaria al transporte público, con la flexibilidad y el confort del vehículo particular.

En el presente estudio se investiga el interés de los habitantes de la ciudad de Buenos Aires por un potencial sistema de *carpooling* basado en una red social, materializada mediante una plataforma online que permite a oferentes y demandantes de un viaje encontrarse y acordar las condiciones. El sistema no supone la existencia de un organizador con fines de lucro ni de conductores profesionales. Como incentivo se plantea la implementación de un carril preferencial exclusivo para vehículos adheridos al sistema de *carpooling* en las principales vías de acceso a la ciudad. La validación empírica se realiza mediante un experimento de selección, que añade el *carpooling* a las alternativas de transporte existentes. Se proponen diferentes escenarios variando el tiempo de viaje y el costo para cada medio y se lo distribuye a través de un instrumento online a una muestra representativa. Los resultados del experimento se analizan mediante modelos de selección discreta, para determinar las curvas de oferta y demanda del sistema, para evaluar la viabilidad del sistema.

**PALABRAS CLAVE:** *Carpooling* - Transporte urbano - Experimento de selección - Modelo de selección discreta.

### ABSTRACT

The city of Buenos Aires, as other large metropolis, struggles with traffic congestion in its main access routes and highways, the saturation of different transport modes, and the resulting environmental deterioration. The increasing trend in the number of motor vehicles, in addition to the steady tendency of people to live farther away from the urban centers have aggravated this problem. Carpooling of individuals making similar routes can contribute to solve this problem, by complementing transit with the flexibility and comfort of a private motor vehicle.

In this article we analyze the interest among Buenos Aires city habitants for a carpooling system based on a social network, materialized through an online platform that allows car drivers and riders that share similar routes to meet

and to get to an agreement about the economic aspects of the trip. Neither professional drivers nor a commercial enterprise is required for the system to operate. As an incentive for drivers to subscribe to the carpooling system, a high occupancy vehicle lane in the main access highways of the city is proposed. The empirical validation has been carried out by means of a discrete choice experiment in which the carpooling alternative competes with existing transport modes. Variation in travel time and cost for each alternative are proposed through different scenarios which are distributed via an on-line instrument to a representative sample of people living in multiple suburban neighborhoods in the metropolitan area of Buenos Aires. Discrete choice models are used to analyze the data gathered in the experiment to calculate the supply and demand curves and evaluate the economic and operating viability of the system.

**KEYWORDS:** Carpooling - Urban transportation - Choice experiment - Discrete choice model.

## 1. INTRODUCCION

Como toda gran metrópolis, la ciudad de Buenos Aires sufre a diario la congestión de sus principales vías de acceso y la saturación de sus medios de transporte, con el consecuente deterioro ambiental. El incesante aumento del número de vehículos particulares, junto con la tendencia de las personas a mudarse lejos de los centros urbanos y laborales ha agravado este fenómeno. Según datos oficiales (ADEFA) en la Argentina actualmente se encuentran en circulación 14.8 millones de automóviles, de los cuales 1.5 millones se encuentran registrados en la Ciudad de Buenos Aires, representando 10% del parque automotor del país. La magnitud y el incesante incremento de estos guarismos motivan la realización del presente trabajo.

En el área metropolitana de Buenos Aires viven unos 12 millones de habitantes dispersos en 3880 km<sup>2</sup> (INDEC): 3 millones habitan en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, de 200 km<sup>2</sup>, y los otros 9 millones habitan en el Gran Buenos Aires que tiene 3680 km<sup>2</sup>. Entre la ciudad y el Gran Buenos Aires fluye un alto nivel de tránsito estimado en 1.6 millones de vehículos por día, con picos matutino (8 a 11 hs) y vespertino (17 a 20 hs) (GCBA). Dentro de la ciudad circulan otro millón de automóviles, y 38000 taxis que circulan permanentemente y resultan relativamente costosos porque no están subsidiados. La gente que habita en el Gran Buenos Aires que debe viajar con frecuencia a la Capital Federal utiliza en gran medida el transporte público en común: tren o colectivo, conectando en algunos casos con el subte. Hay 140 líneas de colectivo que transportan unos 4 millones de pasajeros por día. También se usa el tren, sobre todo para distancias mayores, que lleva 1 millón de pasajeros por día. Esta alta demanda unida a una política de tarifas fuertemente subsidiadas ha producido la saturación de estos medios y el deterioro de la calidad del servicio. Las inversiones necesarias son tan elevadas que no se avizora la reversión de tal deterioro en el mediano plazo. Este mismo deterioro ha motivado a las clases más pudientes a utilizar el automóvil, presionando sobre la capacidad de las vías de circulación disponibles. El

acostumbramiento a la flexibilidad y el confort del automóvil particular se erige como una barrera al cambio. Todo hace prever que el uso del automóvil seguirá creciendo como lo ha hecho en los últimos años.

En este contexto, el uso de medios compartidos puede reducir el número de automóviles circulando y así reducir la congestión y la contaminación contribuyendo a la salud pública, según Otero, Nieuwenhuijsen y Rojas-Rueda (2018). El *carpooling* se presenta como una posible solución que, complementando el desarrollo del transporte público en común, preserva la flexibilidad y el confort característicos del vehículo particular.

El concepto de *carpooling* es variable a través de la bibliografía. El origen etimológico supone un conjunto de propietarios de automóvil que ponen su vehículo en un pool a disposición del resto y posiblemente de otras personas que no tienen vehículo con el objeto de compartir los viajes. No debe confundirse *carpooling* con *car-sharing*, modalidad en la cual el vehículo es propiedad de una organización que lo pone a disposición de un grupo de personas para que lo usen en viajes sucesivos, es decir normalmente sin compañía. El *carpooling* en cambio supone un aumento del número de pasajeros por vehículo, y por eso se presenta como una solución a la congestión de tránsito en vías con alta concentración de transporte privado. Además, produce ahorro de combustible con el consecuente efecto ambiental (Minett y Pearce, 2011). A los efectos del presente trabajo, siguiendo a Delhomme y Gheorghiu (2016) y en concordancia con el metaanálisis de Neoh, Chipulu y Marshall (2015), definimos *carpooling* como el acuerdo entre dos o más personas, que no pertenecen a la misma familia u hogar, para compartir un vehículo privado para hacer un viaje, donde los pasajeros comparten los gastos del conductor.

Este sistema de transporte se utiliza en otros lugares del mundo desde hace varias décadas. En Estados Unidos (Chan y Shaheen, 2012; Shaheen, Chan y Gaynor, 2016) los primeros registros de programas de promoción del *carpooling* se remontan a la década de 1940, en respuesta a los apremios económicos derivados de la segunda guerra mundial. El sistema de transporte presenta un pico hacia la década de 1970, provocado por la crisis del petróleo, alcanzando el 20% de los viajes al trabajo. Luego el *carpooling* declinó hasta alcanzar 11% de los viajes al trabajo para 2008. La mayor caída se registra en la década de 1980, simultáneamente con la caída del precio de la nafta y la mejora en la eficiencia de los motores. Desde 2004, la aparición de la tecnología para encontrar la coincidencia de trayectos (*technology-enabled ride-matching*) dio un nuevo impulso al sistema de *carpooling* en Estados Unidos. Surgieron varias centenas de programas de *carpooling* en distintos puntos del país; sin embargo, las cifras no han aumentado drásticamente. Las redes sociales dieron la posibilidad de buscar las coincidencias de trayecto entre conocidos. Esta tecnología es utilizada por las siguientes compañías en Estados Unidos: GoLoco, Gtrot, PickupPal, y Zimride. Más recientemente, la disponibilidad de *smart-phones* con GPS permite encontrar las coincidencias de viaje en tiempo real. Esta tecnología es utilizada en Estados Unidos por las compañías: Avego y Carticipate, así como en Nueva Zelanda por Let's Carpool. En Francia tampoco está muy difundido el *carpooling* (Gheorghiu y Delhomme, 2018), a

pesar de sus beneficios económicos, ambientales de confiabilidad y de presión social.

El éxito del sistema de *carpooling* depende de la disponibilidad de oferentes y demandantes en una zona suficientemente densa para que se den las coincidencias de trayecto. En un estudio sobre la plataforma *Let's Carpool* realizado en Nueva Zelanda (Abrahamse y Keall, 2012), se encontró que la mayoría de los usuarios que se registraron (61%) no utilizan actualmente la plataforma y las principales razones son la falta de flexibilidad y la dificultad de conseguir coincidencias de viaje que satisfagan sus necesidades. Es por esta razón que los autores hacen especial énfasis en la importancia de una campaña masiva para aumentar la cantidad de usuarios ya que argumentan que al aumentar la población dentro de la plataforma este inconveniente se debería reducir. El análisis muestra como principales motivaciones para el uso del *carpooling* el ahorro de dinero con relación al auto particular y confiabilidad y sociabilidad en relación con el transporte público. En cambio, las principales desventajas fueron: depender de otras personas, falta de flexibilidad, no tener el auto en una emergencia, y momentos incómodos al negociar el costo del viaje.

Estos hallazgos coinciden con estudios anteriores (Gärling y Schuitema, 2007; Wachs, 1990) que indicaban que la principal motivación para hacer *carpooling* es el ahorro de gastos y la practicidad, pero que es difícil que el usuario del automóvil se interese.

En otro trabajo (Borriello, Scagnolari y Maggi, 2015) en la ciudad de Lugano, Suiza, enfocado principalmente en gente joven, se ve una preferencia por el uso del auto particular y el *carpooling* toma un lugar marginal de magnitud similar al del uso de la bicicleta. Cabe destacar que la muestra fue realizada en el ambiente estudiantil universitario de alto nivel socioeconómico, por lo cual los resultados podrían cambiar si la población objetivo fuese ampliada.

Wang (2011) habla de la experiencia con el *carpooling* en China. La población manifiesta gran aceptación, según varias encuestas realizadas en diferentes diarios de las principales ciudades del país. Por otro lado, las autoridades tienen algunas reservas, porque temen que el sistema de *carpooling* promueva la proliferación de taxis no registrados. En principio China parece un gran candidato para este tipo de sistemas, principalmente por su rápido crecimiento del parque automotor, la alta densidad poblacional de las ciudades (tres a diez veces mayor que una típica ciudad occidental), y alto ahorro relativo (nueve veces mayor que en Estados Unidos). Pero hay que tener en cuenta que a pesar de que el autor recomienda que las autoridades dejen de lado las políticas de prohibición del *carpooling*, hace hincapié en no dedicar recursos del Estado para promover este medio. En particular se manifiesta contra los carriles exclusivos para vehículos de alta ocupación, por sus consecuencias no deseadas como el incremento del uso del automóvil y la congestión. Esto se debe a que el grueso de los usuarios de *carpooling* en China, a diferencia de Estados Unidos, provendría del grupo que actualmente utiliza transporte público en común, y que no acceden al automóvil por razones económicas.

El *carpooling* tiene también factores atractivos individuales, más allá de los beneficios colectivos sobre la congestión y el ambiente. Existe un amplio consenso en la bibliografía científica, desde el estudio de Teal (1987) hasta el de Delhomme y Gheorghiu (2016), acerca del incentivo para el *carpooling* que constituye el ahorro de costos en comparación con el auto particular (viajando en soledad). Este incentivo crece con la distancia y con el costo y dificultad de estacionamiento en destino. Teal (1987) hace notar también que el ingreso influye en el *carpooling*, ya que los costos lucen mayores en contraste con un ingreso bajo. Otro factor de amplio consenso que favorece el *carpooling* es el ahorro de tiempo y mayor confort en comparación con el transporte público en común. El beneficio temporal tiene varias componentes: mayor velocidad de transporte, menores tiempos de acceso por la mayor resolución espacial, y mayor confiabilidad que permite reducir el margen de seguridad (Flanelly y McLeod, 1989). Lamentablemente la promoción del *carpooling* en detrimento del transporte público en común es en general indeseable en términos ambientales, salvo que se tratara de servicios muy poco concurridos. A efectos de extender el beneficio de tiempo a la comparación con el auto particular, se idearon los carriles exclusivos para vehículos con alta ocupación (HOV). Sin embargo, la efectividad de estos programas para promover el *carpooling* ha sido débil o nula en muchos casos, además de traer problemas de congestión y riesgo de accidentes (Giuliano, Levine y Teal, 1990).

Teal (1987) realiza un estudio del uso del *carpooling* a partir de la *National Personal Transportation Survey*, una encuesta de 22000 casos altamente representativa de la población de Estados Unidos. En ese estudio observa que el *carpooling* encuentra un espacio en comunidades donde tanto la disponibilidad de autos en el hogar como la disponibilidad de transporte público en común de calidad son bajas. También observa que los jóvenes parecen estar más abiertos al *carpooling*, mientras las mujeres en cambio menos. Varios investigadores confirman la afirmación sobre los jóvenes (Baldassare, Ryan y Katz, 1998; Koppeman, Bhat y Schofer, 1993; Delhomme et al., 2016). En cambio, la afirmación sobre las mujeres es más controvertida y está ligada a una diferente definición de *carpooling* que incluye los viajes de varios miembros de la misma familia en un auto. Delhomme et al. (2016), enfocados en Francia, corroboran la afirmación sobre las mujeres y agregan el tamaño de la familia como promotor del *carpooling*.

Uno de los obstáculos para el *carpooling* que se ha identificado en la bibliografía es la rigidez del sistema (Teal, 1987). La necesidad de coincidencia geográfico-temporal exige una alta densidad de población y estabilidad en los horarios de trabajo u otras actividades. Dorinson, Gay, Minett y Shaheen (2009) estudian el "*casual carpooling*" que ocurre espontáneamente en algunos lugares de Estados Unidos, donde se ha generado el hábito de encontrarse para volver del trabajo. Este sistema es probablemente exitoso gracias a su flexibilidad temporal (Shaheen et al., 2016). Otro aspecto de la rigidez del *carpooling* es la posibilidad de que se cancele el viaje de vuelta porque algún imprevisto el conductor. En este sentido se han propuesto sistemas que garantizan el retorno (Correia y Viegas, 2011).

Margolin, Lisch y Stahr (1978) verifican que algunos factores sociales priman sobre los económicos en su incidencia sobre el *carpooling*. Entre ellos se encuentra la pérdida de privacidad, tanto con respecto a viajar solo en auto como con respecto al transporte público en común debido al anonimato que prevalece en esa circunstancia (Teal, 1987). Esta cuestión de la privacidad deriva hacia la incertidumbre sobre la experiencia de compartir el viaje con un desconocido (Correia et al., 2011), y en el extremo al riesgo para la integridad personal, todos factores amedrentadores. Los autores verificaron que un club de usuarios no consigue neutralizar esta percepción negativa, en cambio sí lo consigue un marco institucional como el de los sistemas ofrecidos por empresas para su personal, que funciona tan bien como la relación previa (Almeida Correia, Abreu e Silva y Viegas, 2013). Morrales Sarriera et al. (2017) concluyen que los usuarios necesitan cierta información sobre el compañero de *carpooling* antes de aceptar el viaje, especialmente las mujeres. Asociada a la pérdida de privacidad se encuentra la pérdida de independencia: el acuerdo entre ambos compañeros limita la posibilidad de desviarse para hacer algún trámite o ir directo hacia otro lado (Gheorghiu et al., 2018). La preferencia por la independencia no favorece el *carpooling* (Teal, 1987). Almeida Correia et al. (2013) también afirman que las actitudes son más relevantes que las características demográficas en cuanto al *carpooling*. En un plano cognitivo y altruista, la actitud hacia el ambiente parece favorecer el *carpooling* (Delhomme et al., 2016) aunque esto podría ser específico de sociedades altamente concientizadas al respecto, donde surge la presión social en esa dirección. Steg, Vlek y Slotegraaf (2001) encuentran que, en un plano simbólico, algunos individuos canalizan mediante el auto propio sus necesidades de poder, libertad, superioridad, prestigio, y placer de conducir. Estos factores tienden a erigirse en obstáculos para el *carpooling*, especialmente para participar como pasajero.

Neoh, Chipulu y Marshall (2015) en su metaanálisis de 22 estudios sobre *carpooling*, analizan muchos de estos factores clasificándolos en diferentes grupos. Entre los factores demográficos confirman la mayor participación de los jóvenes y menor de las mujeres. Entre los factores situacionales confirman la distancia de viaje y la deficiencia de transporte público en común como promotores, mientras que destacan la necesidad de hacer desvíos para encontrarse o acercarse al compañero, que genera demoras del orden de 17%, como detractor. Entre los factores discrecionales (*"judgmental"*) señalan como detractores: la pérdida de privacidad, la cesión del *"locus of control"* al conductor, y las motivaciones afectivas y simbólicas para conducir; y como promotores: la comunión de intereses entre los compañeros de *carpooling*, los beneficios económicos, y las motivaciones ambientales. Entre los factores de intervención señalan los incentivos para estacionar, como descuentos o sobre-costos, las garantías de viaje de regreso, y los sistemas de búsqueda de compañeros (*ride-matching*), mientras reconocen el fracaso de los carriles exclusivos para HOV. Con respecto a los programas corporativos menciona como factores que promueven el *carpooling* al número de empleados, los sistemas de búsqueda de compañeros (*ride-matching*) y los horarios laborales fijos; y observan menor participación por parte del público femenino.

Entre todos estos factores promotores y detractores se destaca el caso de la ciudad de Wellington en Nueva Zelanda, donde se desarrolló exitosamente un sistema de *carpooling* (Abrahamse et al., 2012). El sistema incluye funciones de *ride-matching* y seguro de retorno por taxi sin cargo. Se destacan la practicidad del sistema, el confort y el ahorro de costos que ofrece, en forma de incentivos para estacionar. Además, el sistema fue ampliamente difundido mediante campañas de comunicación, lo que según los autores se encuentra dentro de los factores de éxito.

La tecnología informática está removiendo algunos obstáculos que han impedido el desarrollo del *carpooling* en el pasado. Levofsky y Greenberg (2001) pronostican que el *dynamic ride-sharing*, que reúne los conceptos de *sharing economy* y *carpooling* mediante la aplicación de tecnología de *ride-matching* instantánea, aporta la flexibilidad que el sistema tradicional no tiene. En el contexto de las nuevas tecnologías es necesario revisar el conocimiento acerca de los sistemas de *carpooling*.

En el área metropolitana de Buenos Aires el sistema de *carpooling* está poco desarrollado. No existen programas públicos ni plataformas privadas ampliamente conocidas, fuera de algunos sistemas cerrados para empleados, como por ejemplo el que funciona en la compañía Mercedes Benz. La densidad poblacional no parece ser un obstáculo, considerando que es relativamente alta en comparación a las áreas urbanas de Estados Unidos donde operan exitosamente sistemas de *carpooling*. Tampoco sería una barrera la disponibilidad de tecnología o la utilización de redes sociales. El costo del transporte en automóvil es relativamente alto, debido al alto nivel de impuestos que pesan sobre los autos y la nafta, y los peajes. En consecuencia, el potencial de ahorro es alto con relación al ingreso. En cambio, dadas las altas tasas de delito, es probable que la gente tenga reparos en utilizar el sistema por este motivo. La cuestión de la negociación del costo puede ser otro obstáculo cultural (Meyer, 2014). El desarrollo de sistemas automáticos de tarifas para evitar esta instancia ha sido tratado por Zhang et al. (2013).

En el presente trabajo se estudia el interés de la gente por un potencial sistema de *carpooling* basado en una red social online. Los usuarios publican sus recorridos en la plataforma y se comunican para acordar el viaje con poca o sin anticipación, tal como proponen Massaro et al. (2014) pero mediante una plataforma móvil en vez de simples mensajes de texto. La plataforma incluye un registro de la reputación de los usuarios, con el objeto de neutralizar el miedo a la inseguridad, y prevé una solución de mercado para distribuir el costo del viaje para eludir la situación incómoda de la negociación. Además, se supone la disposición de un carril exclusivo para vehículos de alta ocupación en los accesos a la ciudad. El sistema se presenta a una muestra representativa de potenciales usuarios en un experimento de selección. Se expone a cada individuo a una serie de escenarios de viaje hipotéticos en los que debe seleccionar el medio de transporte según sus tiempos y costos. El *carpooling* es una de las alternativas, ya sea como oferente o como demandante dependiendo de la disponibilidad de automóvil del individuo. La información del experimento se trata mediante modelos de selección discreta para estudiar la oferta y la

demanda del sistema. En la siguiente sección se detalla el diseño del experimento y la metodología de análisis. La sección 3 presenta los resultados y el análisis de los factores que influyen en la demanda de *carpooling*, y finalmente la sección 4 concluye.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Experimento de selección

Consideramos como población objetivo de usuarios potenciales de la red de *carpooling* y eventuales carriles exclusivos para vehículos de alta ocupación, la que utiliza frecuentemente los accesos a la Capital Federal, es decir la de los residentes en el Gran Buenos Aires que viaja al menos una vez por semana a la Capital durante los horarios de alta congestión (entrada de 6 a 10 hs, salida de 17 a 20 hs). Los individuos fueron divididos en dos grupos. Los que viajan en automóvil propio y manifestaron cierta reticencia a cambiar de hábito fueron asignados al grupo de oferta. Los que no tienen automóvil propio, o lo tienen, pero están abiertos al cambio, fueron asignados al grupo de demanda.

Se realizó la validación empírica mediante un experimento de selección múltiple, en el cual se presentó el sistema de *carpooling* (como oferta o demanda según el grupo) frente a las alternativas de transporte existentes: automóvil propio, chárter (van) y transporte público en común (englobando el colectivo/ómnibus y el tren). Estas alternativas fueron colocadas en una plataforma en la cual el encuestado debía afrontar una serie de diferentes escenarios en donde se variaban los tiempos y costos de viaje para cada uno de los medios. El encuestado debía optar por el medio de transporte que, de acuerdo con sus preferencias por las alternativas, tiempos y costos, hubiese utilizado en la realidad.

Los valores de tiempo y costo de viaje para cada alternativa se asignaron mediante un diseño experimental óptimo<sup>1</sup> fluctuando alrededor de los valores base de cada alternativa para cada individuo. Estos valores base corresponden al viaje más frecuente de cada individuo. El hecho de que el experimento pivotea en un viaje que el individuo realiza frecuentemente, si bien es de implementación compleja, le da un gran realismo al experimento, porque sitúa al individuo en el contexto del viaje real en las decisiones sobre los escenarios del experimento. La implementación requiere relevar una serie de datos sobre el viaje más frecuente del individuo, y parametrizarlo para obtener los valores base de tiempos y costos en los diferentes medios de transporte para ese viaje. El instrumento de recolección de datos fue programado para hacer esto en tiempo real, y generar los escenarios de viaje relevantes para el individuo en función de las características del viaje. La información relevada para tal fin es: el origen y destino del viaje, el horario de ida y vuelta, y los tiempos de traslado hasta la parada de salida del tren, colectivo o chárter, desde

<sup>1</sup> En el sentido de la teoría de diseño de experimentos estadísticos, utilizando los algoritmos de Federov y Cook & Nachtsheim.

la parada de llegada hasta el destino, tiempos de espera, tiempo de búsqueda de lugar para estacionar, etc.

Las distintas localidades del Gran Buenos Aires fueron agrupadas en sectores circulares concéntricos con respecto al centro de la ciudad. De este modo se redujo la complejidad de 197 localidades a 44 zonas de origen (O). Los destinos (D) en la Capital fueron tipificados en 5 zonas geográficas: este, sur, centro, oeste y norte. De este modo se construyó una matriz O-D para los valores base de las distintas variables del experimento: tiempo de viaje en automóvil, tiempo de viaje en *carpooling* (considerando la disponibilidad de un carril exclusivo para vehículos de alta ocupación), tiempo de viaje en chárter, y en transporte público en común (tren u ómnibus según la disponibilidad y conveniencia para cada par O-D), costo de viaje en automóvil, en chárter y en transporte público en común. El valor base del tiempo de viaje en automóvil se obtuvo mediante *Google Maps*, tomando el promedio entre el tiempo mínimo y el máximo para cada par O-D en hora pico. El costo base para el automóvil considera: mantenimiento, combustible, costo del estacionamiento y peaje. Los dos primeros se obtuvieron del Consejo Profesional del Agro, Agroalimentos y Agroindustria (abr.2015): 2,4 Ar\$ aug2015/ km, valor que el software de recolección de datos multiplica por la distancia del par O-D del individuo. El software también tiene la matriz O-D de peajes. El costo de estacionamiento es una pregunta previa en el cuestionario para quienes usan el automóvil, y una estimación en función de la comuna de destino para los demás. Los valores base para la alternativa *carpooling* fueron obtenidos a partir de los del automóvil, teniendo en cuenta la ventaja de tiempo derivada de la utilización del carril exclusivo (estimada según el O-D con un máximo de 15 minutos). El costo base para *carpooling* fue establecido en la mitad del costo del automóvil (excluyendo estacionamiento). Es decir, se ensayaron en el experimento distintas formas de repartir el costo fluctuando alrededor de 50% cada uno. En cuanto al transporte público, en primer lugar, se englobó dentro del mismo a cualquier combinación de tren con ómnibus (colectivo) o subte que llevara a la persona desde su origen en el GBA hasta su destino en la Capital. Se obtuvieron los tiempos y costos utilizando el algoritmo de *Google Maps* para un horario de alto nivel de congestión en las vías de acceso. Con respecto al chárter, el tiempo base de viaje se estimó a partir del tiempo en automóvil, con ajustes debido a las paradas y también debido a la utilización del carril rápido de la autopista 25 de mayo para los trayectos correspondientes; y el costo base se obtuvo de sitios de las tarifas de las compañías. En todos los casos se adicionaron los tiempos fuera del vehículo previos y posteriores para completar el trayecto de puerta a puerta, así como el tiempo de búsqueda de espacio de estacionamiento en el caso del automóvil propio.

Una vez calculados el tiempo y costo base para cada alternativa, según el viaje más frecuente del individuo, el software de recolección de datos procedió a generar 15 escenarios de viaje variando los tiempos y costos según un diseño experimental óptimo. Los tiempos se hicieron variar en un rango  $\pm 30\%$  en 5 puntos. Los costos del automóvil y del chárter también. El costo del *carpooling* para el demandante se hizo variar en un rango entre 0 y el costo total del viaje

en automóvil (excluyendo el de estacionamiento). Resulta interesante evaluar la reacción de la gente a obtener un viaje gratis mediante *carpooling*. El costo del *carpooling* para el oferente resulta de deducir del costo del viaje en automóvil la compensación del pasajero según el criterio anterior. El costo del transporte público se hizo variar entre la tarifa actual (sustancialmente subsidiada) y el costo real del servicio (estimado en 3 veces la tarifa). En la FIGURA 1 se muestra un escenario típico presentado por el software de recolección al individuo, frente al cual debía seleccionar el medio de transporte.

¿En qué medio de transporte viajarías a la Capital en estas condiciones de tiempos y costos?				
	Auto (1)	Car Pooling (2)	Charter	Colectivo / Tren
Tiempo de viaje	80 min	89 min	102 min	149 min
Costo	\$ 126	\$ 0	\$ 84	\$ 21

(1) Viajar en mi auto manejando. No elijas este medio si no dispones de auto propio ni prestado.  
 (2) Viajar como pasajero en el auto de otra persona.

FIGURA 1 – Escenario de viaje típico del experimento de selección.

Como se mencionó anteriormente, los tiempos y costos de viaje en los distintos medios fueron calculados específicamente para cada individuo según las características de su viaje más frecuente, de modo de lograr un experimento altamente relevante para el individuo y maximizar el compromiso y realismo de sus selecciones.

Además del experimento de selección, el instrumento online utilizado contiene una encuesta. En primer lugar, se realizaron preguntas para asegurar que el individuo pertenece a la población objetivo. En segundo lugar, para caracterizar el viaje que se tomó para el experimento. Luego se evaluaron los hábitos de traslado, la disponibilidad de automóvil y la disposición a cambiar el medio de transporte; datos que se utilizaron para asignar el individuo al grupo de evaluación de demanda o de oferta de *carpooling*. El concepto de *carpooling* fue debidamente explicado a los participantes antes del experimento, incluyendo el funcionamiento del carril exclusivo para vehículos de alta ocupación. Luego se realizó el experimento de selección, con 10 a 15 escenarios diferentes, ya sea de demanda o de oferta según el individuo; y finalmente se midieron actitudes y percepciones del individuo relevantes para el experimento, así como las características demográficas.

La actitud social se midió mediante la escala de Triandis y Gelfand (1998). Se simplificó la escala para acotar el tiempo de respuesta manteniendo las dimensiones esenciales halladas por los autores. La actitud hacia el ambiente y la ecología se midió mediante la escala de Dunlap, Van Liere, Mertig y Jones (2000), con similar adaptación. La actitud frente al automóvil privado se midió mediante una escala de diferencial semántico desarrollada para este estudio. La actitud hacia el confort se midió mediante una escala comparativa

contra otras cinco características de los medios de transporte: rapidez, bajo costo, riesgo de accidentes, horarios confiables, experiencia relajante.

El instrumento, conteniendo el experimento y las preguntas fue distribuido online mediante un panel de internet provisto por la compañía especializada *Oh-Panel*, a una muestra representativa de personas residentes en el Gran Buenos Aires que viajan a la ciudad con frecuencia, en horarios de alta congestión. De este modo se realizó un muestreo en dos etapas. La primera etapa es la construcción del panel siguiendo normas de calidad que aseguran la representatividad en la población de usuarios de internet, y la segunda etapa es una muestra simple al azar del panel. La pertenencia a la población objetivo se verificó mediante preguntas de filtro. El tamaño de muestra de la parte de demanda, que es la que analizamos en este artículo, es de 236 casos, que incluyen 3100 decisiones, porque cada individuo realizó entre 10 y 15 decisiones. La distribución por género está levemente inclinada hacia las mujeres (63%). La edad recorre un rango amplio con 30% de la muestra entre 18 y 24 años, 27% entre 25 y 34, 20% entre 35 y 44, 12% entre 45 y 54, y 11% de 55 años o más. La menor cantidad de gente mayor con respecto a la población responde a que viajan menos a la Capital Federal. La distribución por educación es: 56% con educación terciaria o universitaria completa, 17% terciaria o universitaria incompleta, y 27% con secundaria completa o menos.

## 2.2. Modelo de Selección Discreta

Las preferencias de los consumidores expresadas en el experimento de selección se representan mediante un modelo de selección discreta. Estos modelos se basan en la teoría de la utilidad aleatoria (Thurstone, 1927). A cada medio de transporte corresponde una función de utilidad (Ecuación 1), que depende del tiempo y del costo de viaje en el escenario presentado, así como de las características propias del medio de transporte. La utilidad parcial de cada medio de transporte: *carpooling* ( $\beta_{CP}$ ), charter ( $\beta_{Ch}$ ), y transporte público ( $\beta_{Tr}$ ) mide la preferencia de la población independientemente del tiempo y el costo del viaje. Al automóvil no se le ha asignado utilidad parcial porque se establece como referencia<sup>2</sup>. Las utilidades parciales del tiempo ( $\beta_t$ ) y del costo ( $\beta_c$ ) miden la sensibilidad del individuo a esas variables, y se asumen independientes del medio de transporte.

$$\begin{cases} \tilde{U}_{Car,it} = \beta_t t_{Car,it} + \beta_c c_{Car,it} + \tilde{\epsilon}_{Car,it} \\ \tilde{U}_{CPool,it} = \beta_{CP} + \beta_t t_{CP,it} + \beta_c c_{CP,it} + \tilde{\epsilon}_{CP,it} \\ \tilde{U}_{Ch,it} = \beta_{Ch} + \beta_t t_{Ch,it} + \beta_c c_{Ch,it} + \tilde{\epsilon}_{Ch,it} \\ \tilde{U}_{Tr,it} = \beta_{Tr} + \beta_t t_{Tr,it} + \beta_c c_{Tr,it} + \tilde{\epsilon}_{Tr,it} \end{cases} \quad (1)$$

Donde el subíndice  $i$  representa al individuo, y el  $t$  al escenario presentado.

<sup>2</sup> No es posible identificar una utilidad parcial para todos los medios de transporte porque el cero de la utilidad no está definido.

Finalmente, el modelo asigna una componente aleatoria a cada función de utilidad, que da cuenta del conjunto de aspectos relativos al viaje de cada individuo que no están representados por la parte determinista antes descrita.

Adoptando la notación vectorial el modelo queda:

$$\tilde{U}_{jit} = \beta_i x_{jit} + \tilde{\varepsilon}_{jit} \quad (1')$$

Donde  $j$  representa la alternativa (medio de transporte).

La probabilidad de selección de cada medio de transporte para el modelo Multinomial Logit (MNL) es (Train, 2009):

$$P_{jit} = \frac{\exp(\beta_i x_{jit})}{\sum_{l=1}^J \exp(\beta_l x_{lit})} \quad (2)$$

Esto permite formular la función de verosimilitud logarítmica y proceder a la estimación de los parámetros por maximización.

$$\ln \mathcal{L} = \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J y_{jit} \ln P_{jit} \quad (3)$$

Donde  $y_{jit}$  indica si el individuo  $i$  seleccionó el medio de transporte  $j$  en el escenario  $t$ .

Las variables demográficas<sup>3</sup> no varían entre alternativas, por lo cual no pueden introducirse en el modelo de modo directo, ya que implicarían una constante adicionada a todas las funciones de utilidad que no alteraría la decisión y por lo tanto los parámetros correspondientes no serían identificables. Entonces se introducen en el modelo como interacción con alguna variable específica de alternativa. Por ejemplo, el sexo biológico se introduce como interacción con la variable indicadora de alternativa *carpooling* y así se representa la diferencia en la valoración del medio de transporte entre ambos sexos.

El modelo MNL tiene una serie de limitaciones para interpretar el comportamiento de las personas en el experimento, principalmente la cuestión de la heterogeneidad de las preferencias entre los individuos. A fin de representar más fielmente la heterogeneidad se recurre al modelo *Mixed Logit* (MXL) cuya estructura es similar a la planteada en la ecuación (1) pero establece que los parámetros pueden ser aleatorios. Asignando una ley de probabilidad a los parámetros  $f(\beta)$ , la probabilidad de selección de cada alternativa resulta (Train, 2009):

$$P_{ji} = \int \prod_{t=1}^T \frac{\exp(\beta_i x_{jit})}{\sum_{l=1}^J \exp(\beta_l x_{lit})} f(\beta) d\beta \quad (4)$$

<sup>3</sup> Utilizamos la palabra “demográfico” en sentido amplio, incluyendo las variables clásicas como sexo, edad, educación, ingreso, etc., y todo otro descriptor del individuo, como sus actitudes y creencias.

Que considera que cada individuo mantiene los valores de los parámetros a lo largo de todos los escenarios. El problema deriva en la estimación de los parámetros de la ley de probabilidad que mezcla los individuos, llamados hiper-parámetros, que se obtiene por máxima verosimilitud adaptando la expresión (3). La complejidad de cálculo de la integral se resuelve mediante simulación o *Markov-Chain* Monte Carlo.

Se ha demostrado que el modelo MXL permite representar adecuadamente cualquier modelo de utilidad aleatoria bajo condiciones de regularidad muy generales (Mc Fadden y Train, 2000).

La determinación de la ley de probabilidad de los parámetros se puede realizar de modo exploratorio bajo la guía de los indicadores de parsimonia (AIC, BIC). En principio planteamos un modelo con parámetros independientes, aunque es posible liberar esta restricción y estimar las correlaciones.

Gracias al modelo de selección discreta es posible determinar el valor subjetivo del tiempo, como la disposición a pagar por el mismo (WTP: *willingness-to-pay*). De acuerdo con Ben-Akiva y Lerman (1985) y Mc Fadden (1997), el valor subjetivo del tiempo se define como la tasa marginal de sustitución entre el tiempo de viaje y el costo:

$$SV_t = \frac{\partial U / \partial t}{\partial U / \partial c} = \frac{\beta_t}{\beta_c} \quad (5)$$

Donde  $U$  es la parte determinista de la utilidad.

Cuando se trata de un modelo MXL, ambos parámetros son aleatorios. Como en este caso hemos establecido una ley Log-Normal para ambos, la cual tiene densidad nula en 0 y es preservada por la división, el valor subjetivo del tiempo también es aleatorio con distribución Log-Normal, con los siguientes parámetros estructurales:

$$\begin{cases} \ln SVT = \ln \beta_t - \ln \beta_c : \mathcal{N}(\mu_t - \mu_c, \sigma_t^2 + \sigma_c^2 - 2\rho_{tc}\sigma_t\sigma_c) \\ \ln \beta_t : \mathcal{N}(\mu_t, \sigma_t^2) \\ \ln \beta_c : \mathcal{N}(\mu_c, \sigma_c^2) \end{cases} \quad (6)$$

Donde  $\rho_{tc}$  es el coeficiente de correlación entre los logaritmos de los parámetros individuales.

El valor subjetivo del *carpooling* y los otros medios de transporte en sí, se obtiene de modo similar, considerando que se trata de variables binarias:

$$SV_j = \frac{\Delta U}{\partial U / \partial c} = \frac{\beta_j}{\beta_c} \quad (7)$$

Las variables demográficas se introducen en el modelo en forma de interacción con otras variables que varían entre las alternativas del experimento, como la indicadora de *carpooling* por ejemplo<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Las variables demográficas no se pueden introducir directamente en el modelo porque representarían una constante sumada a todas las funciones de utilidad, lo cual no cambia la decisión y por lo tanto no es identificable. En cambio, pueden entrar vía interacción con alguna

### 3. RESULTADOS Y ANALISIS

La presente sección está organizada de la siguiente manera. En primer lugar, se evalúa el interés por la plataforma de *carpooling* mediante un modelo de selección discreta principal, con las variables de calidad de servicio (medios de transporte, tiempo y costo). Luego se extiende el modelo en varias direcciones incorporando variables demográficas a fin de analizar los factores asociados con el interés por la plataforma de *carpooling*.

En la TABLA 1 se muestran los resultados de la calibración del modelo de selección discreta principal. Es un modelo de tipo MXL, es decir a parámetros aleatorios.

		Ley <sup>(1)</sup>	Media	p-value	Desvío Std.	p-value
<i>Carpooling</i>	$\beta_{CP}$	Norm	-0.70	< 0.01	2.02	< 0.01
<i>Charter</i>	$\beta_{Ch}$	Norm	-1.65	< 0.01	2.06	< 0.01
<i>Transit</i>	$\beta_{Tr}$	Norm	-1.08	< 0.01	3.42	< 0.01
<i>Time</i>	$\beta_t$	LogN	-3.260	< 0.01	0.785	< 0.01
<i>Cost</i>	$\beta_c$	LogN	-3.028	< 0.01	0.979	< 0.01
n (tareas)			3100			
Log Likelihood			-1920.2			
Mc Fadden R <sup>2</sup>			0.45			
AIC			3860.4			

<sup>(1)</sup> Ley de probabilidad especificada para el parámetro.

**TABLA 1 – Modelo Principal**

El modelo alcanza un nivel de verosimilitud logarítmica de -1920.2, que representa una importante mejora con respecto al modelo trivial (que incluye solamente los medios de transporte como variables con parámetros fijos): -3499. El ensayo de cociente de verosimilitud confirma la significativa diferencia entre ambos modelos ( $p < 0.01$ ), y el indicador de Mc Fadden muestra que el modelo tiene un grado de ajuste muy elevado (Mc Fadden, 1977)<sup>5</sup>.

El modelo tiene un parámetro para cada medio de transporte alternativo propuesto en el experimento de selección, salvo el auto (viajando solo) que se toma como referencia, un parámetro para el tiempo de viaje y uno para el costo. Estos parámetros representan utilidades parciales. Las dos últimas corresponden a las desutilidades propias de tener que disponer de un tiempo y un dinero para realizar el viaje. Los tres primeros representan la utilidad o atractivo que cada medio de transporte tiene, más allá de tiempo y costo, por sus características propias; y son aleatorios con distribución normal. La utilidad parcial del *carpooling* tiene media negativa (-0.70). Esto significa que los usuarios perciben el *carpooling* por debajo del auto como medio de transporte. Es probable que tengan en cuenta la desventaja de tener que coordinar el viaje y probablemente hacer concesiones en los puntos de partida y llegada para adaptarse un poco al trayecto del conductor. Esta opinión no es generalizada,

variable del modelo, por ejemplo, con la indicadora de car-pooling, que vale 1 cuando para la alternativa *carpooling* y 0 para los otros medios de transporte.

<sup>5</sup> El indicador de Mc Fadden no se analiza con los mismos criterios que el R<sup>2</sup> de un modelo lineal.

como puede verse calculando la probabilidad de que el parámetro sea positivo mediante la ley normal. En efecto, 37% de la población encuentra al *carpooling* como un medio de transporte superior al auto. La utilidad media del transporte público en común (-1.08) también es negativa. Esto significa que es percibido como inferior al auto como medio de transporte, más allá del tiempo y el costo. Lo mismo ocurre con el chárter, de modo más contundente.

Las utilidades parciales del tiempo y el costo fueron especificadas con signo definido negativo, de acuerdo con la teoría económica, y ley de probabilidad Log-Normal, que suele adaptarse mejor a la heterogeneidad de la población por su marcada asimetría. Los (hiper)parámetros mostrados en la TABLA 1 corresponden al logaritmo del parámetro aleatorio, es decir la distribución normal asociada. El cociente de ambas utilidades representa el valor que el usuario le asigna al tiempo para este tipo de viajes. Utilizando la expresión (6) se obtiene una mediana de 0.79 \$/min, que equivale a 7600 \$/mes, lo cual está en el orden de magnitud del salario medio de la población. Este valor subjetivo permite medir el interés que la población tendría por la instalación de carriles exclusivos para vehículos de alta ocupación, tal como se planteó en el experimento. Para ello habría que simular la dinámica de los accesos a la ciudad con tal carril y, de acuerdo con la demanda de *carpooling* determinada en este estudio, obtener el ahorro de tiempo de los usuarios de *carpooling* y eventualmente la pérdida de tiempo de los demás, y valorizarlos. Este análisis se realizará en una segunda fase del proyecto.

Con el objeto de explorar el interés de diferentes grupos demográficos por el sistema de *carpooling* se practican variantes al modelo principal, introduciendo las variables demográficas. Esto se realiza en etapas para eludir problemas de colinealidad. En la TABLA 2 se muestra el resultado de la calibración de un modelo que incorpora el sexo y la edad en interacción con la variable indicadora de *carpooling*. La variable *sex* vale 1 para las mujeres y 0 para los varones. La variable *young* vale 1 para los jóvenes hasta 30 años y 0 para los mayores.

		Ley	Media	p-value	Desvío Std.	p-value
<i>Carpooling</i>	$\beta_{CP}$	Norm	-0.69	< 0.01	2.22	< 0.01
<i>Cpool:sex</i>		Fijo	0.25	0.18		
<i>Cpool:young</i>		Fijo	1.14	< 0.01		
<i>Cpool:sex:young</i>		Fijo	-2.32	< 0.01		
<i>Charter</i>	$\beta_{Ch}$	Norm	-1.65	< 0.01	2.34	< 0.01
<i>Transit</i>	$\beta_{Tr}$	Norm	-1.28	< 0.01	3.62	< 0.01
<i>Time</i>	$\beta_t$	LogN	-3.21	< 0.01	0.920	< 0.01
<i>Cost</i>	$\beta_c$	LogN	-2.94	< 0.01	0.982	< 0.01
Log Likelihood			-1915.5			
AIC			3856.9			

**TABLA 2 – Efecto del sexo y la edad**

Se deduce de estos resultados que el sexo no presenta una asociación con el interés por el *carpooling* estadísticamente significativa en general ( $p =$

0.18) pero los varones jóvenes aprecian más el sistema que los mayores, e inclusive más que el auto puesto que  $-0.69 + 1.14 = 0.45 > 0$ . También se deduce que las mujeres jóvenes tienen mucho menos interés por el *carpooling* puesto que el coeficiente de la interacción triple (-2.32) es negativo y estadísticamente significativo ( $p < 0.01$ ). Es probable que la percepción de seguridad tenga mayor peso en el comportamiento de este grupo demográfico. Esto permite entender mejor la información contradictoria de la bibliografía detallada en la introducción.

En la TABLA 3 se muestra el análisis de la asociación del nivel de ingresos con el interés por el *carpooling*. La variable ingreso se midió de manera indirecta. Se determinó el nivel socioeconómico de cada individuo mediante la metodología propuesta por la Sociedad Argentina de Investigadores de Mercado y Opinión (SAIMO, 2015), y se le asignó el ingreso medio del nivel correspondiente estimado por esta misma organización en función de la Encuesta Permanente de Hogares del INDEC.

		Ley	Media	p-value	Desvío Std.	p-value
<i>Carpooling</i>	$\beta_{CP}$	Norm	-1.95	< 0.01	2.09	< 0.01
<i>Cpool:Ing</i>		Fijo	0.104	< 0.01		
<i>Charter</i>	$\beta_{Ch}$	Norm	-1.48	< 0.01	1.72	< 0.01
<i>Transit</i>	$\beta_{Tr}$	Norm	-1.32	< 0.01	3.10	< 0.01
<i>Time</i>	$\beta_t$	LogN	-3.25	< 0.01	0.789	< 0.01
<i>Cost</i>	$\beta_c$	LogN	-3.01	< 0.01	0.998	< 0.01
Log Likelihood			-1915.5			
AIC			3853.0			

**TABLA 3 – Efecto del Ingreso**

El coeficiente de la interacción (0.104) es positivo y estadísticamente significativo lo cual significa que los individuos de mayor ingreso aprecian más el *carpooling*. Esto puede deberse a que estas personas tienen generalmente mayor nivel de educación y están más expuestas a este tipo de prácticas que están más difundidas en otras partes del mundo. Aparentemente esta conclusión no es consistente con los hallazgos de otros investigadores, como Teal (1987). Sin embargo, no es así, porque este autor hace una observación real, en cambio nuestra metodología permite separar el aprecio por el medio de transporte de la desutilidad del costo. Una mayor desutilidad para los individuos de menor ingreso permite reconciliar ambos resultados.

En la TABLA 4 se observa el análisis de la asociación de distintas preferencias acerca del transporte con el atractivo por el *carpooling*.

		Ley	Media	p-value	Desvío Std.	p-value
<i>Carpooling</i>	$\beta_{CP}$	Norm	-0.83	< 0.01	2.08	< 0.01
<i>Cpool:fast</i>		Fijo	0.16	0.31		
<i>Cpool:lowcost</i>		Fijo	0.08	0.67		
<i>Cpool:comfort</i>		Fijo	0.84	0.01		
<i>Charter</i>	$\beta_{Ch}$	Norm	-1.60	< 0.01	1.98	< 0.01
<i>Transit</i>	$\beta_{Tr}$	Norm	-1.09	< 0.01	3.43	< 0.01
<i>Time</i>	$\beta_t$	LogN	-3.27	< 0.01	0.785	< 0.01

Cost	$\beta_c$	LogN	-3.04	< 0.01	0.990	< 0.01
Log Likelihood			-1919.4			
AIC			3864.8			

**TABLA 4 – Efecto de Preferencias sobre el Transporte**

Las personas para quienes lo principal es llegar rápido o viajar al menor costo no tienen mayor ni menor interés por el *carpooling* ( $p > 0.10$ ), pero quienes aprecian el confort muestran mayor interés por el *carpooling*, siendo el coeficiente positivo y estadísticamente significativo ( $p = 0.01$ ).

Finalmente se mide la asociación del nivel de educación con el interés por el sistema de *carpooling* mediante una variable binaria que identifica a los individuos que tienen formación universitaria o terciaria, completa o incompleta (TABLA 5).

		Ley	Media	p-value	Desvío Std.	p-value
Car-Pooling	$\beta_{CP}$	Norm	-1.03	< 0.01	2.31	< 0.01
Cpool:Univ		Fijo	0.781	< 0.01		
Charter	$\beta_{Ch}$	Norm	-1.35	< 0.01	1.67	< 0.01
Transit	$\beta_{Tr}$	Norm	-1.45	< 0.01	2.96	< 0.01
Time	$\beta_t$	LogN	-3.23	< 0.01	0.790	< 0.01
Cost	$\beta_c$	LogN	-2.99	< 0.01	0.999	< 0.01
Log Likelihood			-1920.8			
AIC			3863.7			

**TABLA 5 – Efecto de la Educación**

El parámetro correspondiente es positivo y estadísticamente significativo, lo cual muestra que el interés por el sistema de *carpooling* está positivamente asociado con la educación. Este análisis, hasta donde se sabe, no se ha realizado en otros estudios.

#### 4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se analizó la demanda por un sistema de *carpooling* basado en una red social online en la población de los alrededores de la Ciudad de Buenos Aires. Se relevó información empírica sobre las preferencias de una muestra representativa de esa población mediante un experimento de selección discreta, en el que se presentaron cuatro alternativas de medio de transporte para el viaje hacia la ciudad: auto, *carpooling*, chárter y transporte público en común, y los individuos eligieron según distintos escenarios de tiempos y costos de cada medio. La utilidad de cada uno de los medios de transporte, así como la del tiempo y el costo de viaje, se estimaron mediante un modelo *mixed logit*.

Como resultado, se ha determinado que la población valora el sistema de *carpooling* menos que el auto propio, como medio de transporte, pero más que el transporte público en común. Considerando que el costo se divide entre dos o más pasajeros, se deduce que el sistema tiene un alto potencial para atraer personas que hoy viajan en auto particular, aun sin la ventaja de tiempo que le darían carriles exclusivos para vehículos con alta ocupación.

Adicionalmente se investigaron las características demográficas que marcan una diferencia en la preferencia por el *carpooling*. Se confirma que los varones jóvenes tienen mayor preferencia por el *carpooling*, pero las mujeres jóvenes son fuertes detractoras, lo cual echa luz sobre la información contradictoria de la bibliografía expuesta en la introducción. El ingreso se vincula con una mayor preferencia por el *carpooling*, así como el nivel de educación. Por último, quienes priorizan el confort en el transporte aprecian el *carpooling* tanto como el auto particular.

El análisis desarrollado en este trabajo enfoca en la demanda del sistema de *carpooling*. En el otro extremo se podría medir la disposición de propietarios de automóvil a ofrecerlo al sistema. Se realizó un experimento en paralelo al descrito en este trabajo que permitirá establecer las preferencias de la oferta. Esto abre el campo para futuros análisis de este otro aspecto del sistema y de la vinculación con la demanda. La determinación del punto de equilibrio entre la oferta y la demanda permitirá determinar el nivel de actividad potencial y la conveniencia de proveer un carril exclusivo para este grupo de usuarios. Esto se realizará en futuras etapas de esta investigación.

## 5. AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Católica Argentina por el financiamiento de la implementación del experimento de selección, y a los alumnos de Ingeniería que colaboraron en el diseño e implementación: Ignacio Giménez Losano, Zenón De Zabaleta, Eliane Otto, María Victoria Pignataro, e Ignacio Amodei.

## 6. REFERENCIAS

- Abrahamse W., Keall M. (2012). Effectiveness of a web-based intervention to encourage carpooling to work: a case study of wellington, New Zealand. *Transport Policy*, 21, 45-51.
- Asociación de Fábricas Argentina de Componentes. <http://www.afac.org.ar/>
- Almeida Correia G., Abreu E Silva J., Viegas J.M. (2013): Using latent attitudinal variables estimated through a structural equations model for understanding carpooling propensity. *Transportation Planning and Technology* 36 (6).
- Baldassare M., Ryan S., Katz C. (1998). Suburban attitudes toward policies aimed at reducing solo driving. *Transportation*, 25, 99-117.
- Ben-Akiva M., Lerman S. (1985). *Discrete choice analysis: theory and application to travel demand*. MIT Press.
- Borriello A., Scagnolari S., Maggi R. (2015). Are commuters in Lugano ready to leave the car? evaluating conventional and innovative solutions to facilitate the switch. Conference Paper STRC 2015 (*Swiss Transport Research Conference*).
- Chan N.D., Shaheen A.S. (2012). Ridesharing in North America: past, present, and future. *Transport Reviews*, 32 (1), 93-112.
- Correia G., Viegas J.M. (2011). Carpooling and carpool clubs: clarifying concepts and assessing value enhancement possibilities through a

- stated preference web survey in Lisbon, Portugal. *Transportation Research Part A*, 45, 81-90.
- Delhomme P., Gheorghiu A. (2016). Comparing French carpoolers and non-carpoolers: which factors contribute the most to carpooling? *Transportation Research Part D*, 42, 1-15.
- Dorinson D., Gay D., Minett P., Shaheen S. (2009). *Flexible carpooling: exploratory study*. University of California Davis.
- Dunlap R. E., Van Liere K. D., Mertig A. G., Jones R. E. (2000). New trends in measuring environmental attitudes: measuring endorsement of the new ecological paradigm: a revised nep scale. *Journal of Social Issues*, 56 (3), 425-442.
- Flannelly K.J., Mc Leod M.S. (1989). A multivariate analysis of socioeconomic and attitudinal factors predicting commuters' mode of travel. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 27(1), 64-66.
- Gärling T., Schuitema G. (2007). Travel demand management targeting reduced private car use: effectiveness, public acceptability, and political feasibility. *Journal of Social Issues*, 63(1), 139-153.
- Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. *Plan de movilidad sustentable*. <https://fr.slideshare.net/dianamondino/transporte-buenos-aires-2020-plan-de-movilidad-20-g-krantzler>.
- Gheorghiu A., Delhomme P. (2018). For which types of trips do French drivers carpool? motivations underlying carpooling for different types of trips. *Transportation Research Part A*, 113, 460-475.
- Giuliano G., Levine D.W., Teal R.F. (1990). Impact of high occupancy vehicle lanes on carpooling behavior. *Transportation* 17(2), 159-177.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos: Censo 2010: <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-135>
- Koppelman F.S., Bhat C.R., Schofer J.L. (1993). Market research evaluation of actions to reduce suburban traffic congestion: commuter travel behavior and response to demand reduction actions. *Transportation Research Part A*, 27(5), 383-393.
- Levofsky A., Greenberg A. (2001). Organized dynamic ride sharing: the potential environmental benefits and the opportunity for advancing the concept". *Transportation Research Board Annual Meeting 2001*.
- Margolin J.B., Lisch M.R., Stahr M. (1978). *Incentives and disincentives of ride sharing*. Program of Policy Studies in Science and Technology, George Washington University.
- Massaro D.W., Chaney B., Bigler S., Lancaster J., Iver S., Gawade M., Eccleston M., Gurrola E., Lopez A. (2014). Carpool now: just in time carpooling without elaborate preplanning. *Procedia Computer Science*, 37, 396-403.
- Mc Fadden D. (1997). *Measuring willingness-to-pay for transportation improvements*. University of California.
- Mc Fadden D., Train K.E. (2000). Mixed MNL models for discrete response". *Journal of Applied Econometrics*, 81, 447-770.

- Meyer E. (2014). *The culture map: breaking through the invisible boundaries of global business*. Public Affairs.
- Minett P., Pearce J. (2011). Estimating the energy consumption impact of casual carpooling. *Energies* 4 (1), 126-139.
- Morrales Sarriera J., Escovar G., Blynn K., Alesburry A., Scully T., Zhao J. (2017). To share or not to share. investigating the social aspects of dynamic ridesharing. *Transportation Research Record*, 109-117.
- Neoh J.G., Chipulu M., Marshall A. (2015). What encourages people to carpool? an evaluation of factors with meta-analysis. *Transportation* 44 (2), 423-447.
- Otero I., Nieuwenhuijsen M.J., Rojas-Rueda D. (2018). Health impacts of bike sharing systems in Europe". *Environment international*, 115, 387-394.
- SAIMO (2015): *El nivel socioeconómico en ARGENTINA*. Sociedad Argentina de Investigadores de Mercado y Opinión. <http://www.saimo.org.ar/observatorios/observatorio-social>.
- Shaheen S.A., Chan N.D., Gaynor T. (2016). Casual carpooling in the San Francisco bay area: understanding user characteristics, behaviors, and motivations. *Transport Policy*, 51, 165-173.
- Steg L., Vlek C., Slotegraaf G. (2001). Instrumental-reasoned and symbolic-affective motives for using a motor car. *Transportation Research Part F*, 4 (3),151-169.
- Teal R.F. (1987). Carpooling: who, how and why. *Transportation Research Part A*, 3, 203-214.
- Thurstone L. L. (1927). A law of comparative judgement. *Psychological Review*, 34, 273-286.
- Train K. (2009). *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge University Press.
- Triandis H. C., Gelfand M. J. (1998). Converging measurement of horizontal and vertical individualism and collectivism. *Journal of personality and social psychology*,74,1-118.
- Wachs, M. (1990). Transportation demand management: policy implications of recent behavioral research. *Journal of Planning Literature*.
- Wang R. (2011): Shaping carpool policies under rapid motorization: the case of Chinese cities. *Transport Policy*, 18, 631-635.
- Zhang D., Li Y., Zhang F., Lu M., Liu Y., He T. (2013). Coride carpool service with awin-win fare model for large-scale taxicab networks. *SenSys '13 Proceedings of the 11th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems* N° 9.