

# Movilidad y Ambiente Construido en la Ciudad de Córdoba

Julia Brusa  
arqbrusa@gmail.com

Carlos Lucca  
clucca2009@gmail.com

Alicia Riera  
rieraalicia@gmail.com

Héctor Taborda  
hector.taborda@hotmail.com

Instituto de Investigación y Formación en Administración Pública  
Universidad Nacional de Córdoba. Argentina

## RESUMEN

El artículo presenta un análisis acerca de la relación entre la elección modal y el ambiente construido, centrándose en tres de sus dimensiones, densidad, diversidad y diseño. Tales asociaciones proveerían a urbanistas y profesionales del transporte de valiosas herramientas para asistirlos en la evaluación de políticas y en la toma de decisiones. El análisis de un caso local, aún con fuertes restricciones en relación a la información disponible y su escala, permite establecer un antecedente que impulse a avanzar sobre esta línea de investigación. Los hallazgos ratifican la relevancia de las políticas urbanas en relación al transporte sustentable.

*Palabras clave:* movilidad, ambiente, políticas

## ABSTRACT

This paper presents an analysis of the relationship between modal choice and the built environment, focusing on three of its dimensions, density, diversity and design. Such associations would provide urban planners and transportation professionals with valuable tools to assist them in policy appraisal and decision making. Even with strong restrictions concerning available data and its scale, the analysis of a local case puts forward a reference to keep on this trend of research. Findings prove the relevance of urban policies concerning sustainable transport.

*Keywords:* mobility, environment, policies.

## 1. INTRODUCCIÓN

La carencia de políticas públicas adecuadamente articuladas y consensuadas entre áreas gubernamentales ha traído como consecuencia un patrón de desarrollo de la ciudad capital de Córdoba que impacta desfavorablemente sobre la calidad de vida de la población. La expansión urbana hacia la periferia ocupando suelo rural a baja densidad, con el formato de barrio cerrado o de planes de vivienda social estatales ó cooperativos, tiende a generar áreas intermedias despobladas y un bajo nivel de consolidación. El avance de este fenómeno impone exigencias sobre las prestaciones de los servicios de transporte público, desalienta los viajes a pie y en bicicleta y propicia el uso de modos motorizados privados como el automóvil y la motocicleta.

Las medidas dirigidas a atenuar los problemas de transporte que aquejan a las grandes urbes, se han orientado a aumentar la provisión de infraestructura vial, extender los recorridos de los servicios masivos existentes, ó bien a proveer servicios públicos alternativos. Otras estrategias han apelado a la gestión del tránsito y prácticas para controlar la demanda de viajes. Más recientemente, se comenzó a introducir la idea de actuar sobre la demanda por medio de la planificación y el diseño urbano. Este enfoque contiene esquemas urbanísticos que propiciarían el uso de modos no motorizados, ejerciendo acciones para desalentar el uso del automóvil particular. En concordancia con lo anterior, se ha desarrollado una línea de investigación que se orienta a estudiar en qué medida el ambiente construido influye sobre las elecciones modales de la población.

Se ha demostrado que los factores socioeconómicos individuales y de los hogares (Schwanen y Mokhtarian, 2005) como así también los factores actitudinales (Kitamura et al. 1997), ejercen una influencia significativa sobre las elecciones modales. Numerosos trabajos han indagado sobre la hipótesis de que el ambiente construido influye sobre las decisiones de viajes. Sin embargo este enfoque, incorporado más tardíamente dentro las investigaciones realizadas en ingeniería del transporte, constituye un campo menos explorado y más controversial que no ha permitido realizar generalizaciones a partir de los resultados de los estudios disponibles. La contrastación de la hipótesis planteada en torno a esta relación significaría un avance en lo que se refiere a la inclusión de medidas de la forma urbana dentro de los modelos de predicción del comportamiento de viajes.

## 2. ANTECEDENTES

Una considerable cantidad de investigaciones realizadas en Estados Unidos y en Europa han producido avances en relación a la posibilidad de abordar los problemas de transporte a través de intervenciones en la forma urbana. Esto queda reflejado en los enfoques del Nuevo Urbanismo en los Estados Unidos y de la ciudad compacta en Europa (Schwanen y Mokhtarian, 2005). Estudios empíricos realizados han logrado demostrar que en aquellos vecindarios donde las densidades son elevadas y existe diversidad en los usos del suelo, existe una menor propensión a realizar viajes en automóvil y una mayor tendencia a compartir viajes ó utilizar el transporte masivo (Cervero y Kockelman, 1997; Cervero y Arrington, 2008; Cervero, 2002). Otros autores han encontrado que la decisión de viajar a pie se encuentra estrechamente relacionada con factores del ambiente construido (Targa y Clifton, 2004; Rodríguez y Joo, 2004; Shay y Khattak, 2006) mientras que la tenencia y el uso del automóvil se encuentran positivamente relacionados con el valor de la propiedad y negativamente con los usos industriales (Shay y Khattak, 2006). Otros trabajos han confirmado la mayor factibilidad de trasladarse a pie en ambientes construidos compactos para viajes por motivos distintos al trabajo (Greenwald y Boarnet, 2001; Rajamani et al, 2002; Zegras, 2004).

Una de las mayores controversias respecto al impacto del ambiente construido, se verifica en torno a la densidad residencial. Cervero y Kockelman (1997) demuestran que la densidad reduce sólo marginalmente la probabilidad de viajar en automóvil, incrementando la probabilidad de caminar ó utilizar el transporte público. Greenwald y Boarnet, (2001) concluyen que el efecto de la densidad sobre la decisión de realizar viajes a pie se encuentra altamente localizado en contraste con las características de desarrollo a nivel regional que influyen los viajes en auto. En estudios realizados por Zegras, (2004) y Rodríguez y Joo, (2004) la variable densidad residencial no resulta significativa. En contraposición, se han publicado estudios (Levinson y Houston, 1963; Holtzclaw, 1994; Rajamani et al, 2002) donde se informa que una mayor densidad residencial y de empleos reduce la frecuencia de realización de viajes en auto.

Leck, (2006); Cervero, (2002); Rajamani et al, (2002); Zegras, (2004) y Cervero y Arrington, (2008) reafirman la relación entre el comportamiento de los viajes y la diversidad de usos del suelo estimando modelos donde esta variable resulta significativa. Kockelman (1996) también especifica la significación de esta variable y desarrolla un “índice de diversidad” para cuantificar la medida en que difieren usos del suelo contiguos, probando la hipótesis de que intensidad, equilibrio y mezcla de usos del suelo contribuyen a explicar el comportamiento de viajes favoreciendo la reducción del uso del automóvil. Parte de la heterogeneidad observada en los resultados relativos a la influencia de la mezcla de usos del suelo sobre los viajes se debe a la subjetividad inherente a definir y cuantificar el ambiente mixto.

Numerosos autores investigaron los beneficios de los patrones de configuración vial típicos de los planes urbanísticos neo-tradicionales que muestran una configuración vial de grilla. Diseños con cuerdas más cortas, veredas continuas y rutas muy interconectadas reducen los viajes en automóvil, la cantidad de vehículos-kilómetros recorridos y generan un mayor tránsito peatonal (Crane, 1996; McNally y Ryan, 1995; Plaut y Boarnet, 2003). Shay y Khattak al (2006) verifican que los viajes a pie se encuentran positiva y estrechamente relacionados con ambientes dotados de caminabilidad y accesibilidad.

Un estudio realizado en Maryland (Cervero, 2002) demuestra que sectores con infraestructura peatonal bien

desarrollada influyen la elección modal a través de escenarios más atractivos para caminar o pedalear.

Leck (2006) desarrolla un “meta-análisis estadístico” que intenta resumir los resultados a veces heterogéneos y hasta contradictorios de 17 estudios desarrollados dentro de esta temática. Evaluando la significación estadística de las relaciones entre el ambiente construido y los viajes, encuentra que las variables densidad residencial, densidad de empleos y diversidad de usos del suelo se encuentran inversamente relacionadas con los vehículos-millas recorridos a un nivel de significación  $p < 0,001$ .

Cervero y Arrington, (2010) llevan a cabo un meta-análisis inclusivo de la literatura existente hasta el año 2009 con el objeto de obtener conclusiones que puedan generalizarse a los efectos prácticos. El estudio cuantifica la magnitud de los efectos, actualiza investigaciones previas y agrega medidas adicionales. La metodología compara las elasticidades calculadas por los estudios recopilados, combinándolas para producir promedios ponderados. El trabajo arroja los siguientes resultados y conclusiones:

- En general, las variables de viajes resultan inelásticas con respecto a cambios en las medidas del ambiente construido (elasticidades promedio inferiores a 0,39), pero el efecto combinado de varias variables sobre los viajes es significativo.
- Confirmando hallazgos anteriores, encuentra que los vehículos-millas recorridos se encuentran fuertemente asociados a medidas de accesibilidad en destino y en segundo orden, a las variables de diseño de la red. La caminata presenta una estrecha relación con medidas de la diversidad de usos del suelo y la cantidad de destinos presentes a distancia de caminata. La proximidad al transporte masivo y las variables de diseño de la red son los factores más relacionados con el uso del transporte masivo, resultando la diversidad de usos un factor secundario. Contrario a lo esperado, el estudio encuentra que, una vez controladas las demás variables, las densidades poblacionales y de empleos presentan una débil asociación con el comportamiento de viajes.
- Los autores hacen referencia a las posibles aplicaciones de las elasticidades derivadas del meta-análisis. No obstante, puntualizan la imposibilidad de establecer intervalos de confianza en razón del reducido tamaño de las muestras y de que muy pocas investigaciones controlan las preferencias y actitudes en la elección residencial.

Los avances de esta línea de investigación en el mundo en desarrollo se circunscriben a un reducido número de análisis conducidos en universidades brasileras en relación a ciudades de dicho país (Amancio, 2005; Grieco y Portugal, 2010). A nivel de la ciudad de Córdoba, los antecedentes específicos en esta área se limitan a la estimación de modelos generación de viajes a pie y en bicicleta (Riera y Galarraga, 2012) y a la estimación de modelos de elección de viajes, incluyendo variables del ambiente construido (Riera, 2012).

## 3. MARCO CONTEXTUAL DEL CASO ESTUDIADO

Según el Censo Provincial de 2008, la población de la ciudad de Córdoba era de 1.309.536 habitantes, mostrando un crecimiento a tasa decreciente a lo largo de los últimos períodos censales. El ejido urbano, cuya superficie es de 576 kilómetros cuadrados, presenta una baja densidad promedio del área urbanizada: la densidad bruta es de 23 habitantes por hectárea y la densidad neta de 60 habitantes por hectárea (Municipalidad de Córdoba, 2008).

La ciudad presenta un patrón de crecimiento urbano extendido y disperso, consecuencia de un proceso de expansión suburbana que se produce conjuntamente con la reestructuración del espacio metropolitano, inequidad en la distribución de recursos y la localización selectiva de nuevas inversiones privadas durante las últimas décadas, fundamentalmente en la periferia urbana. Las características físico-espaciales del modelo de ocupación del espacio son la baja densidad, la falta de consolidación de áreas intersticiales vacantes con disponibilidad de infraestructura, la conformación de sectores urbanos desvinculados de la ciudad consolidada y asentamientos que adquieren extensiones de grandes proporciones. Paralelamente se está acentuando un fenómeno de descentralización materializado principalmente a través de los Centros de Participación Comunal (unidades de gestión desconcentrada de la Administración Municipal), los grandes centros comerciales y otras atracciones que se han instalado en la periferia durante las últimas dos décadas. La figura 1 muestra la mancha urbana dentro de los límites del ejido municipal y la división en zonas de transporte correspondiente a la encuesta domiciliaria de origen y destino de viajes que fue la principal base de información empleada para el desarrollo del presente estudio.

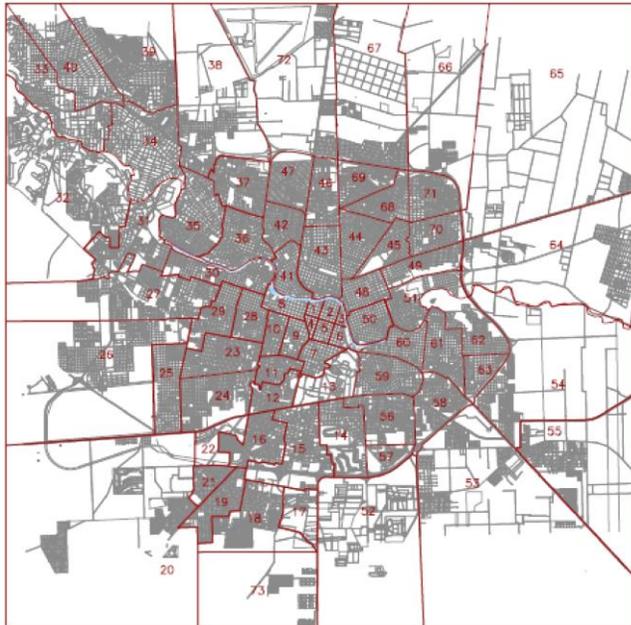


FIGURA 1: Ciudad de Córdoba-Zonificación EOD 2008

Los criterios de definición de las zonas de análisis espacial empleadas para la realización de la encuesta, además de considerar barreras geográficas naturales y artificiales, elementos urbanísticos y emprendimientos comerciales e industriales importantes, procuraron que las zonas conservaran la mayor homogeneidad socioeconómica hacia su interior, ya que el uso de los medios de transporte en sus diferentes modalidades se encuentra asociado al nivel socioeconómico de la población usuaria de los mismos. La caracterización socioeconómica de los sectores se realizó conjugando el conocimiento empírico de la ciudad por parte del equipo profesional interviniente, con el uso de indicadores tales como el valor de la tierra, la disponibilidad de servicios, el uso del suelo, etc. Los promedios y las desviaciones estándar para la población y la superficie de las zonas de transporte resultaron de 18.094 habitantes ( $\text{dest} = 9.033 \text{ hab.}$ ) y de 334 hectáreas ( $\text{dest} = 223 \text{ ha}$ )

De acuerdo a los resultados arrojados por la citada encuesta, el medio de transporte más utilizado es el modo de transporte masivo cuya participación alcanza al 49%. El auto particular concentra la cuarta parte de los viajes realizados por personas pertenecientes a hogares de la ciudad de Córdoba, de los cuales un 20%, equivalente a 75.000 viajes diarios, tienen origen ó destino en el Área Central. Considerando que el factor de ocupación se estima en 1,17 personas por vehículo, se deduce que a fines del año 2008 ingresaban diariamente al centro de la ciudad alrededor de 64.000 automóviles particulares además de taxis, autos de alquiler, vehículos de carga y unidades del transporte público de pasajeros.

La participación del transporte no motorizado es baja, con un 10% de viajes caminando y apenas un 3% de viajes en bicicleta. Estos guarismos revelan los problemas estructurales asociados a la movilidad urbana desde diversas perspectivas, tales como la inadecuación de la infraestructura, ciertos patrones de conducta de los usuarios y una evidente falta de conciencia ambiental.

#### 4. ANÁLISIS EMPÍRICO

##### 4.1 Datos de la Encuesta de Viajes

La fuente de información primaria empleada en este estudio fue la encuesta domiciliaria de origen y destino de viajes realizada en la ciudad de Córdoba durante el mes de noviembre del año 2008. Esta encuesta relevó los desplazamientos efectuados en todos los medios de transporte por los miembros de los hogares encuestados, el día previo a la visita del encuestador. Así pudo contarse con una base de datos donde cada registro contiene, entre otras variables, medio empleado; motivo, horario de inicio y finalización, periodicidad y duración del viaje; zona de origen y destino de acuerdo a la zonificación definida y campos relativos a los viajes que incluyeron transbordos. Además se encuentra asociada por medio del número de encuesta a otras dos bases que contienen información de carácter socioeconómico relativa a los hogares y a las características individuales de sus integrantes.

##### 4.2 Datos del Ambiente Construido

Las variables representativas del ambiente construido suelen describirse a partir de la letra D, identificándose seis categorías que han sido incluidas en diversos estudios realizados, a saber:

- Densidad poblacional, residencial, de empleos ó combinaciones de las anteriores.
- Diversidad de usos del suelo en función de la superficie destinada a cada tipo de uso.
- Diseño urbano definido por medio de las características de la red vial, tipo de manzanas, "índices de caminabilidad", etc.
- Destinos accesibles en términos de distancias a centros de atracción de viajes.
- Distancia a las paradas del transporte masivo.
- Demanda o gestión de demanda de estacionamiento en términos de plazas disponibles y costos asociados.

Las variables del ambiente construido se estiman al nivel de agregación de las zonas de transporte definidas para la encuesta, para asociarlas a los orígenes y los destinos de los viajes. En relación a estas variables se presentaron limitaciones en los datos, tanto en relación al grado de precisión como a la factibilidad de estimarlos adecuadamente por medio de los recursos disponibles.

TABLA 1: Variables del Modelo de Comportamiento de Viajes

| Variable  | Tipo de variable | Descripción   | Valores asumidos  |
|-----------|------------------|---|---|
| medioele  | Dependiente      | Elección del medio transporte público, auto o no motorizado         | Transporte público =1<br>Automóvil=2<br>No Motorizado=3<br>Otro=4 |
| sexo      | Independiente    | Sexo de la persona que realiza el viaje                             | Masculino=1<br>Femenino=2   |
| edad      | Independiente    | Edad de la persona que realiza el viaje                             | Variable continua   |
| educa     | Independiente    | La persona que viajó asiste a un establecimiento educativo          | 1=asiste<br>0=no asiste   |
| trabaja   | Independiente    | La persona que viajó trabaja  | 1=trabaja<br>0=no trabaja   |
| nivel     | Independiente    | Nivel socioeconómico de la persona que viajó                        | Nivel bajo/medio bajo=1<br>Nivel medio alto/alto=2                |
| licenauto | Independiente    | La persona que viajó posee licencia de conductor                    | Posee licencia=1<br>No posee licencia=0                           |
| tiempo    | Independiente    | Tiempo de viaje   | Variable continua   |
| costo     | Independiente    | Costo monetario del viaje   | Variable continua   |
| dresorig  | Independiente    | Densidad residencial en la zona donde tiene origen el viaje         | Variable continua   |
| diverori  | Independiente    | Diversidad de usos del suelo en la zona donde tiene origen el viaje | Variable continua   |
| manzori   | Independiente    | Manzanas por hectárea en la zona donde tiene origen el viaje        | Variable continua   |
| dresdest  | Independiente    | Densidad residencial en la zona de destino del viaje                | Variable continua   |
| diverdes  | Independiente    | Diversidad de usos del suelo en la zona de destino del viaje        | Variable continua   |
| mnzdest   | Independiente    | Manzanas por hectárea en la zona en la zona de destino del viaje    | Variable continua   |
| vacland   | Independiente    | Área de tierra vacante  | Variable continua   |

### 4.3 Construcción de la Muestra

La base de información que conforma la muestra empleada para desarrollar el presente análisis, se construyó a partir de los viajes relevados por la encuesta de origen y destino de viajes. Datos de tipo socioeconómico de los viajeros y sus hogares obtenidos durante la misma encuesta fueron incorporados a la base, la que terminó de completarse con las variables que describen el ambiente construido a nivel de cada zona.

La muestra consta de 11.265 viajes de individuos pertenecientes a 2.943 hogares representativos de las 73 zonas de transporte en que fue dividida la ciudad. El 35 % de los viajes fue motivado por razones de trabajo ó estudio y un 15% por motivos diversos tales como salud, trámites, compras y recreación, mientras que cerca de la mitad del total de los viajes (49%) son de regreso al hogar. En la Tabla 1 se listan las variables que forman parte de la muestra, además de sus descripciones y rangos de valores.

### 4.4 El Modelo

Se examina la hipótesis que plantea que el ambiente construido contribuye a explicar las elecciones modales de la población.

Se intenta representar el ambiente construido por medio de variables que describen la forma urbana conjuntamente con el carácter y distribución de los usos del suelo.

Las alternativas de elección modal se reagrupan en cuatro categorías definidas de acuerdo a los objetivos de la presente investigación: transporte público, automóvil, medios no motorizados y otros. Consecuente con la necesidad de modelar más de dos alternativas, se ajusta un modelo logit multinomial que permite clasificar a los sujetos según los valores de un conjunto de variables predictoras. Este modelo se caracteriza por efectuar la estimación de los parámetros a través de un algoritmo iterativo de máxima verosimilitud, procedimiento que es ejecutado mediante la aplicación del software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

### 4.5 Variables del Modelo

La variable dependiente modelada en este estudio es la probabilidad de elegir entre cuatro alternativas modales que se hallan disponibles en el transporte de la ciudad de Córdoba: el transporte masivo, el auto particular, los modos no motorizados que incluyen la caminata y la bicicleta u otros medios entre los que figuran por ejemplo taxis, autos de alquiler y transportes especiales. Las variables independientes consideradas para evaluar su incorporación al modelo son de tres tipos:

- Variables sociodemográficas que caracterizan a los hogares y a los individuos que los integran. Las características analizadas son sexo, edad, posesión de licencia de conducir, situación ocupacional, asistencia a institución educativa y nivel socioeconómico del hogar.
- Variables representativas de los costos generalizados. El tiempo de viaje percibido y su costo monetario caracterizan el costo de viaje generalizado.
- Variables que describen el ambiente construido. Se estudian la densidad poblacional/residencial, la diversidad de los usos del suelo, el diseño de la red vial y el área de tierra vacante.

La información censal proveyó datos de cantidad de habitantes y de viviendas ocupadas por fracción y radio censal a partir de los cuales se calcularon la densidad de población y la densidad residencial por zona de transporte. No se dispuso de los datos necesarios para determinar la densidad de empleos.

La estimación de la variable elaborada para representar la diversidad de usos del suelo exigió la determinación por zona de transporte, del área destinada a cada tipología. En una primera instancia se empleó el programa Google Earth para analizar imágenes históricas correspondientes al año de realización de la encuesta, estimando dentro de cada zona de transporte la proporción de suelo dedicado a uso residencial, comercial, industrial, institucional, educación y salud y recreacional, respectivamente. Durante esta inspección también se midió el área de tierra vacante y de espacios verdes, considerando la posterior inclusión de estas variables en el análisis estadístico. Estas estimaciones se ajustaron en base a los datos contenidos en una publicación oficial del Observatorio Urbano de la Universidad Nacional de Córdoba, orientada a la actividad económica en la cual se consigna la cantidad de establecimientos comerciales, de servicios e industriales registrados por barrio de la ciudad de Córdoba, requiriéndose para tal fin agrupar los barrios contenidos dentro de cada zona de transporte. Con los datos estimados se calculó una variable que describe la diversidad del uso del suelo de acuerdo a la siguiente expresión (Rajamani et al, 2002):

$$Diversidad\ de\ la\ mezcla\ de\ usos\ del\ suelo = 1 - \frac{\left\{ \left\{ \frac{r-1}{T-4} \right\} + \left\{ \frac{c-1}{T-4} \right\} + \left\{ \frac{i-1}{T-4} \right\} + \left\{ \frac{o-1}{T-4} \right\} \right\}}{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

dónde: r = hectáreas de uso residencial (viviendas uni y multi-familiares); c = hectáreas de uso comercial; i = hectáreas de uso industrial, o = hectáreas destinadas a otros usos, y T = r + c + i + o.

El diseño, asociado a la configuración de la red vial, puede caracterizarse por medio de diferentes índices como por ejemplo la longitud de cuadra promedio, el porcentaje de intersecciones en cruz y la cantidad de intersecciones por unidad de superficie. En función del tamaño y complejidad del área de estudio y de limitaciones en cuanto a recursos informáticos, la descripción del diseño de la red debió limitarse al número de manzanas por hectárea, obtenidas a partir de un simple conteo.

**4.6 Estimación del Modelo**

La formulación del modelo se divide en dos etapas. En primer lugar se testean variables socioeconómicas asociadas a las personas que declararon viajes y a sus hogares. En esta primera etapa también se incorporan las variables relativas a los costos generalizados de viaje. El procedimiento parte del modelo solo constante y las variables se van introduciendo una por una para verificar su nivel de significación y una eventual correlación entre ellas. Al modelo obtenido se lo denomina modelo base. La segunda etapa consiste en ampliar el modelo base a partir de la incorporación de las variables que describen el ambiente construido, para lo cual se procede de manera análoga al caso anterior introduciendo las variables de manera sucesiva. Una vez seleccionadas las variables que formarán parte de este modelo ampliado, se evalúa la mejora comparando los valores de los estadísticos resultantes en el caso del modelo base y el modelo ampliado, respectivamente.

Se definen dos grupos de datos de acuerdo a los motivos de los viajes. El primer grupo corresponde a los viajes realizados por motivos de trabajo ó estudio mientras que el grupo restante contiene los viajes efectuados por motivos diferentes al trabajo y el estudio. Se estiman modelos en base a cada agrupamiento de datos lo que contribuye a la interpretación de los resultados, dada la distinta naturaleza de los viajes correspondientes a cada grupo. En la Tabla 2 que resume los estadísticos obtenidos para distintas estimaciones del modelo, es posible apreciar que existe una contribución, aunque marginal, por la incorporación al modelo de las variables del ambiente construido.

**TABLA 2: Comparación de los Modelos Básicos y Ampliados**

| Modelo                                   | Chi-cuadrado | Grados de libertad | Sig  | Estadísticos pseudo R <sup>2</sup> |            |          |
|--|--------------|--------------------|------|------------------------------------|------------|----------|
|  |              |                    |      | Cox and Snell                      | Nagelkerke | McFadden |
| Básico<br>Viajes por trabajo o estudio   | 1.697        | 21                 | 0,00 | 0,446                              | 0,525      | 0,311    |
| Ampliado<br>Viajes por trabajo o estudio | 1.807        | 42                 | 0,00 | 0,467                              | 0,550      | 0,331    |
| Básico<br>Viajes por otros motivos       | 794          | 21                 | 0,00 | 0,578                              | 0,672      | 0,439    |
| Ampliado<br>Viajes por otros motivos     | 910          | 42                 | 0,00 | 0,629                              | 0,732      | 0,505    |

En todos los casos se rechaza la hipótesis de que no existen efectos de las variables. La prueba de chi-cuadrado que compara la máxima verosimilitud entre el modelo final y el modelo solo constante, arroja estadísticos que superan al valor crítico del chi-cuadrado correspondiente a 21 y 42 grados de libertad, respectivamente. La hipótesis de ausencia del efecto de las variables se rechaza a cualquier nivel de confianza razonable. La contribución de las variables del ambiente construido a explicar el modelo se manifiesta a través de la mejora experimentada en los valores de los estadísticos razón de verosimilitud y los pseudo R<sup>2</sup>.

Las estimaciones de los parámetros correspondientes a la regresión multinomial se sintetizan en las tablas siguientes. El análisis se efectúa para los viajes que fueran motivados por razones de trabajo ó estudio, por un lado y para aquellos viajes realizados por otras motivaciones tales como compras, salud, recreación, etc. Los viajes cuyo motivo fuera el regreso al hogar, son excluidos del presente análisis. El efecto de las variables exógenas sobre las utilidades de los tres modos (transporte público, automóvil y modos no motorizados) relativas al modo "otro" se encuentra representado por los coeficientes estimados y su respectiva significación a un nivel de confianza del 95%.

**TABLA 3: Modelo Estimado-Viajes Motivados por Trabajo o Estudio**

| Variable                               | Transporte público |       | Automóvil    |       | No motorizado |       |
|--|--------------------|-------|--------------|-------|---------------|-------|
|  | Coefficiente       | Sig   | Coefficiente | Sig   | Coefficiente  | Sig   |
| <b>Constantes</b>                      | -3,874             | 0,285 | 2,497        | 0,519 | 34,125        | 0,097 |
| <b>Sociodemográficas del hogar</b>     |                    |       |              |       |               |       |
| Nivel socioeconómico                   | 0,081              | 0,562 | -1,147       | 0,000 | 0,711         | 0,200 |
| <b>Sociodemográficas del individuo</b> |                    |       |              |       |               |       |
| Sexo                                   | 0,831              | 0,000 | 0,176        | 0,271 | -0,043        | 0,934 |
| Edad                                   | 0,039              | 0,000 | 0,041        | 0,000 | 0,021         | 0,415 |
| Asistencia a establecimiento educativo | -0,875             | 0,000 | -0,804       | 0,001 | -0,871        | 0,269 |
| Situación ocupacional                  | 0,513              | 0,008 | 0,112        | 0,605 | -0,105        | 0,893 |
| Poseción de licencia de conductor      | -0,137             | 0,415 | -1,941       | 0,000 | 0,867         | 0,257 |
| <b>Características de los viajes</b>   |                    |       |              |       |               |       |
| Tiempo de viaje percibido              | 0,076              | 0,000 | -0,002       | 0,748 | 0,066         | 0,000 |
| Costo del viaje en \$                  | -0,331             | 0,000 | -0,031       | 0,000 | -0,020        | 0,273 |
| <b>Medidas del ambiente construido</b> |                    |       |              |       |               |       |
| Densidad residencial en origen         | 0,010              | 0,024 | -0,009       | 0,083 | 0,013         | 0,184 |
| Índice de diversidad en origen         | 3,440              | 0,273 | 4,248        | 0,194 | -33,226       | 0,107 |
| Manzanas por hectárea en origen        | 0,287              | 0,451 | -0,866       | 0,035 | -2,301        | 0,043 |
| Densidad residencial en destino        | 0,012              | 0,000 | 0,002        | 0,397 | -0,027        | 0,155 |
| Índice de diversidad en destino        | -1,263             | 0,573 | -4,754       | 0,054 | -8,611        | 0,329 |
| Manzanas por hectárea en destino       | -0,185             | 0,662 | -0,043       | 0,924 | 2,026         | 0,151 |

Se denota una mayor propensión de los integrantes de hogares de nivel socioeconómico bajo/medio bajo a utilizar modos no motorizados para asistir al trabajo o al estudio, mientras que en el caso del automóvil se presenta una desutilidad.

Con respecto al transporte público la variable nivel socioeconómico carece de significación. Las mujeres viajan más en medios masivos cuando se trata de obligaciones laborales o educativas.

A medida que aumenta la edad del usuario, la utilidad es positiva y significativa en relación a los viajes en transporte público y en automóvil, en tanto que la edad no es significativa en el caso de los viajes no motorizados.

La asistencia a educación, para la que el coeficiente pondera la “inasistencia”, exhibe valores negativos del mismo orden para ambos modos motorizados resultando no significativo en el caso del modo no motorizado. La situación ocupacional cuya ponderación afecta al caso del individuo que no trabaja, resulta positiva y significativa para el caso del transporte público, representando la utilidad correspondiente a viajes por estudio.

El signo negativo y significativo del coeficiente estimado para la variable “no posee licencia de conductor” en el modo automóvil indica la desutilidad lógica de no poseer licencia de conductor, teniendo en cuenta que la proporción de viajes en auto realizados como acompañante es baja.

El tiempo de viaje percibido exhibe coeficientes significativos, tanto en el caso del transporte público como de los modos no motorizados, cuyo signo positivo resulta contra intuitivo. Ello puede deberse al carácter cautivo de los usuarios de estos modos y su incapacidad de elegir viajar en un medio más veloz. Además esta variable posee una correlación significativa con el costo monetario de los viajes, la cual exhibe la mayor desutilidad para el caso del transporte público, mostrando coeficientes negativos y significativos también en el caso de los demás modos.

**TABLA 4: Modelo Estimado-Viajes por Motivos Distintos a Trabajo o Estudio**

| Variable                               | Transporte público |       | Automóvil    |       | No motorizado |       |
|--|--------------------|-------|--------------|-------|---------------|-------|
|  | Coefficiente       | Sig   | Coefficiente | Sig   | Coefficiente  | Sig   |
| <b>Constantes</b>                      | -3,050             | 0,739 | -0,923       | 0,909 | -67,648       | 0,014 |
| <b>Sociodemográficas del hogar</b>     |                    |       |              |       |               |       |
| Nivel socioeconómico                   | -0,549             | 0,071 | -1,719       | 0,000 | -1,119        | 0,310 |
| <b>Sociodemográficas del individuo</b> |                    |       |              |       |               |       |
| Edad                                   | 0,020              | 0,023 | -0,006       | 0,475 | 0,068         | 0,061 |
| Asistencia a establecimiento educativo | -1,561             | 0,002 | -1,694       | 0,000 | -3,396        | 0,057 |
| Situación ocupacional                  | 0,660              | 0,041 | -0,450       | 0,156 | -0,340        | 0,779 |
| Poseción de licencia de conductor      | 0,362              | 0,292 | -2,073       | 0,000 | 18,549        | 0,000 |
| <b>Características de los viajes</b>   |                    |       |              |       |               |       |
| Tiempo de viaje percibido              | 0,149              | 0,000 | 0,028        | 0,110 | 0,128         | 0,000 |
| Costo del viaje en \$                  | -0,862             | 0,000 | -0,134       | 0,000 | -0,672        | 0,004 |
| <b>Medidas del ambiente construido</b> |                    |       |              |       |               |       |
| Densidad residencial en origen         | 0,011              | 0,187 | -0,021       | 0,014 | -0,193        | 0,174 |
| Índice de diversidad en origen         | 14,062             | 0,052 | -0,780       | 0,905 | 40,492        | 0,047 |
| Manzanas por hectárea en origen        | 1,180              | 0,119 | 0,630        | 0,393 | 5,720         | 0,196 |
| Densidad residencial en destino        | 0,022              | 0,000 | -0,004       | 0,497 | -0,072        | 0,256 |
| Índice de diversidad en destino        | -10,963            | 0,098 | 6,989        | 0,230 | 7,160         | 0,681 |
| Manzanas por hectárea en destino       | 3,398              | 0,000 | -0,735       | 0,355 | 0,821         | 0,819 |
| Área de tierra vacante                 | -0,312             | 0,882 | 0,188        | 0,209 | 0,379         | 0,023 |

Los viajes por motivos distintos al trabajo y al estudio exhiben una utilidad negativa en relación al nivel socioeconómico bajo/medio bajo, de mayor magnitud para el automóvil y no significativa en el caso de los modos no motorizados.

La edad arroja una utilidad positiva y significativa para viajes en transporte público y no motorizados, no siendo significativa cuando se trata del automóvil.

La asistencia a un establecimiento educativo explica los viajes motivados por razones no laborales o educativas, indicando a través del signo negativo que las personas que no viajan por estudio, realizan menos viajes por otros motivos. En el caso de las personas que no trabajan, se presentan utilidades significativas, positiva para transporte público y negativa en el caso del automóvil, mientras que para los medios no motorizados la variable situación ocupacional no resulta significativa. El no poseer licencia de conductor ejerce una desutilidad mayor sobre los viajes en automóvil cuando los viajes no son motivados por trabajo ó estudio. Con respecto a los viajes no motorizados el coeficiente estimado para esta variable es elevado y significativo.

Nuevamente aparece el signo contraintuitivo de los coeficientes estimados, para la variable tiempo de viaje percibido y su explicación probablemente se halle en las razones planteadas para el caso de los viajes utilitarios. Todos los modos exhiben una desutilidad respecto a los costos monetarios de viaje, con mayor incidencia en el caso del transporte público y un menor impacto al tratarse del automóvil.

Los modelos estimados presentan elevados valores de las constantes y significativos en el caso de los modos no motorizados, implicando que una buena parte de la variabilidad del modelo no se encuentra explicada por las variables modeladas.

#### 4.6.1. Influencia de las Variables del Ambiente Construido

Las variables del ambiente construido se asocian a las zonas de origen y destino de los viajes con lo cual los modelos incluyen la estimación de siete parámetros, asociados a la zona del hogar encuestado.

Para densidades residenciales más elevadas tanto en origen como en destino, existe una mayor propensión a utilizar medios públicos para los dos grupos de motivaciones de viajes considerados. Los viajes en auto por motivos utilitarios se relacionan negativamente con la densidad residencial en origen mientras que la densidad residencial en destino no resulta significativa para este modo. Se presenta una desutilidad respecto a la densidad en origen para viajes por motivos diferentes al trabajo y el estudio, mientras que la variable densidad residencial en destino resulta no significativa.

Se observa una mayor propensión a efectuar viajes en modos no motorizados a medida que crece la densidad residencial en origen para el primer tipo de viajes mientras que esta tendencia se revierte para viajes por otros motivos. En destino esta variable presenta una desutilidad en relación a los modos no motorizados. En el caso de los viajes por trabajo o estudio, una mayor diversidad de usos del suelo en el destino impacta negativamente sobre los viajes en auto mientras que una mayor mixtura en origen produce efecto contrario. La magnitud y el signo del parámetro correspondiente a la diversidad en origen para modos no motorizados, muestra un resultado contrario al esperado.

Para la tipología de viajes por motivos distintos al trabajo y el estudio (ver tabla 4), la diversidad de usos del suelo en la zona de origen resulta significativa y positiva para los modos públicos y no motorizados. En destino esta variable es significativa solamente en el caso del transporte público y contrariamente a lo esperado, supone una desutilidad.

Un diseño de red más interconectado en destino, representado por la cantidad de manzanas por hectárea, supone una utilidad sobre los viajes no motorizados en el caso de los viajes por trabajo o estudio.

Para viajes por otros motivos se presenta una utilidad en origen para todos los modos, con mayor impacto para los modos no motorizados. En destino se presenta una desutilidad, que resulta significativa en el caso del transporte público. El coeficiente de la variable área de tierra vacante, incluida únicamente en las estimaciones para viajes no utilitarios, resulta positivo y significativo en el caso de viajes no motorizados. Ello refleja un menor acceso a los servicios de transporte y al automóvil en zonas de la ciudad que muestran menores niveles de consolidación.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados de la investigación muestran la asociación existente entre las variables del ambiente construido y la elección del medio de transporte. A pesar de que las estimaciones no siempre son las esperadas, se verifican numerosas relaciones que inducen a pensar en la veracidad de la hipótesis planteada. De acuerdo al análisis efectuado en la sección anterior, puede afirmarse que una mayor densidad residencial, usos mixtos y diseños más compactos e interconectados tienden a desalentar el uso del automóvil y a propiciar el uso del transporte público y de los modos no motorizados.

Las variables del ambiente construido contribuyen marginalmente a las estimaciones, en contraste con la porción del modelo, explicada a través de variables socioeconómicas difícilmente modificables, mientras que las primeras son pasibles de ser intervenidas. Asimismo debe considerarse que el caso de una ciudad como Córdoba, con las características de las aglomeraciones urbanas de países en desarrollo, el rol que debiera asumir el ambiente construido suele desvirtuarse a partir de demandas socioeconómicas asociadas a la necesidad de acceso al suelo para la provisión de vivienda como así también la falta de recursos que permitan la aplicación de políticas de desarrollo sustentables.

Una descripción más completa del ambiente construido exige evaluar otras variables de las que hubo que prescindir por falta de recursos informáticos para procesamiento de datos. Además hubiese sido deseable contar con datos a nivel geográfico y de los viajes efectuados a una escala sensiblemente menor. La escala de trabajo para el caso estudiado no resulta adecuada para este tipo de análisis y su excesivo tamaño trae como consecuencia una menor apreciación de efectos locales. Tampoco fue factible evaluar si las actitudes y preferencias en la elección residencial componen parte del efecto atribuido a las variables del ambiente construido.

A pesar de las debilidades puntualizadas para esta investigación, la misma provee una base para profundizar esta temática. Futuros trabajos deberían centrarse en áreas más reducidas, cuya configuración pueda definirse con más precisión permitiendo evaluar efectos más localizados. En igual sentido la información sobre los viajes exigiría ser relevada a una escala compatible con los datos de localización, demandando la realización de encuestas específicas.

Si la sociedad persigue el objetivo de reducir la participación del automóvil, entonces la dirección de los resultados obtenidos puede dar sustento a políticas de desarrollo urbano que, por ejemplo, contengan la expansión de la trama urbana y favorezcan la diversidad de los usos del suelo.

Esto último es importante en la medida en la cual los problemas relacionados con el transporte y la movilidad son problemas de carácter sistémico, que pueden definirse siguiendo a Dunn (1998), como *problemas mal estructurados*.

Una de las principales causas del fracaso de las políticas de transporte se encuentra en su formulación. A menudo ocurre que los planes, de acuerdo a cómo son concebidos, no tienen ninguna posibilidad de cumplir sus objetivos. La profundización en la comprensión de aspectos específicos de los problemas vinculados con la movilidad de las personas (como aquellos tratados en el presente artículo), permiten generar insumos de valor para evitar la comisión de lo que se define como errores del tercer tipo, que lleva a la formulación e implementación de políticas públicas que tienden a fallar sobre todo porque se propone la solución adecuada al problema equivocado, como consecuencia de una inadecuada comprensión del mismo (Dunn, 1998).

## REFERENCIAS

- Amancio, M.A., (2005), **Relacionamento entre a forma urbana e as viagens a pé**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos. CDD: 388,4 (20)a. 88 p.
- Cervero, R. y Kockelman, K. (1997), Travel demand and the 3 Ds: density, diversity, and design. **Transportation Research D** 2 (3), 119 - 219.
- Cervero, R., (2002), Built Environments and Mode Choice: Towards a Normative Framework. **Transportation Research D**, Vol. 7, 265 - 284
- Cervero R. Arrington, G.B., (2008), Vehicle Trip Reduction Impacts of Transit-Oriented Housing. **Journal of Public Transportation**, Vol. 11, No. 3, 1 - 17.
- Cervero, R., Ewing, R., (2010), Travel and the Built Environment – A Meta-Analysis. **Journal of the American Planning Association**, 76 (3), 265 - 294.
- Crane, R., (1996), Cars and Drivers in the New Suburbs: Linking Access to Travel in Neotraditional Planning. **Journal of the American Planning Association** 62 (1) 51- 65.
- Dunn, William (1998). **Public Policy Analysis: An Introduction**. New Jersey. Prentice Hall.
- Greenwald, M., Boarnet, M., (2001), Built Environment as Determinant of Walking Behavior: Analyzing Non-work Pedestrian Travel in Portland, Oregon. **Transportation Research Record** 1780, 33 - 42.
- Grieco, E.P., Silva Portugal, L., (2010), Taxas de Geração de Viagens em Condomínios Residenciais - Niterói - Estudo De Caso. **Revista Transportes**, vol. XVIII, n 1,87 - 95.
- Holtzclaw, J., (1994), **Using Residential Patterns and Transit to Decrease Automobile Dependence and Cost**. California Home Energy Efficiency Rating Systems. San Francisco: Natural Resources Defense Council, 16 - 23.
- Kockelman, K., (1996), **Travel Behavior as a Function of Accessibility, Land Use Mixing and Land Use Balance: Evidence from the San Francisco Bay Area**. Master of City Planning Degree Thesis, University of California, Berkeley, 1-51.
- Leck, E., (2006), The Impact of Urban Form on Travel Behavior: A Meta-Analysis. **Berkeley Planning Journal**, Volume 19, 37 - 58.
- Levinson, H. F. Houston W., (1963), Effects of Density on Urban Transportation Requirements. **Highway Research Record** N°2, 38 - 64.
- McNally, M.G., Ryan, S., (1995), Accessibility of Neotraditional Neighborhoods: A Review of Design Concepts, Policies, and Recent Literature. **Transportation Research A** 29 (2) 87- 105.
- Municipalidad de Córdoba y Universidad Nacional de Córdoba (2008), **Bases para el Plan Director de la Ciudad de Córdoba**. Documento de Trabajo.
- Observatorio Urbano, U.N.C. (2008), Publicado en <http://www.cordoba.gov.ar>. Córdoba, Argentina.

Plaut, P., Boarnet, M., (2003), New Urbanism and the Value of Neighborhood Design. **Journal of Architectural and Planning Research** 20 (3), 254-265.

PÖYRY S.A., (2009), Base de datos en soporte informático de la Encuesta de Origen / Destino 2008 en la ciudad de Córdoba y Área Metropolitana.

Rajamani J., Bhat, C.R., Handy, S., Knaap G., Song, Y., (2002), Assessing the Impact of Urban Form Measures in Nonwork Trip Mode Choice after Controlling for Demographic and Level-of-Service Effects. **Transportation Research Board**.

Riera, A. (2012), **Estudio de las Perspectivas del Transporte no Motorizado en Ciudades Argentinas Aplicando Modelos de Generación de Viajes**. Tesis de Magister en Ciencias de la Ingeniería-Mención Transporte. FCEFyN. Universidad Nacional de Córdoba.

Riera, A., Galarraga, J. (2011) Modelos de Generación de Viajes a Pie y en Bicicleta en Ciudades Argentinas, a Nivel de Hogar. **IX Congreso Rio de Transportes**. Río de Janeiro, Brasil. 6 y 7 de julio, 2011.

Rodriguez, D., Joo, J., (2004), The Relationship between Non-motorized Mode Choice and the Local Physical Environment. **Transportation Research D** 9, 51 - 173.

Schwanen T., Mokhtarian P., (2005), What affects commute mode choice: neighbourhood physical structure or preferences towards neighbourhood? **Journal of Transport Geography**, Vol 13, 83 - 99.

Shay E., Khattak, A.J., (2006), Autos, Trips and Neighbourhood Type: Comparing Environmental Measures. **2007 TRB Annual Meeting** (CD-Rom) Transportation Research Record Paper 07-1119.

Targa F., Clifton, K.J., (2004), Built Environment and Trip Generation for Non-Motorized Travel. **National Household Travel Survey Conference: Data for Understanding Our Nation's Travel**, Washington, DC.

Washington, S.P.; Karlaftis, M.G.; Mannering, F.L. (2003). **Statistical and Econometric Methods for Transportation Data Analysis** - Chapman & Hall / CRC - Boca Raton, Florida.

Zegras, C., (2004), The Influence of Land Use on Travel Behaviour: Empirical Evidence from Santiago de Chile. **83rd Transportation Research Board (TRB) Annual Meeting**, Washington DC.