

# HACIA BARRIOS AUTO-CONTENIBLES EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

## Marco metodológico para identificar características sociodemográficas y de estructura urbana con potencial para reducir la cantidad de viajes no laborales en automóvil

**Jorge Alberto Montejano Escamilla\***

Profesor-Investigador en CentroGeo\*\*

Dr. en Urbanismo por la Universitat Politècnica de Catalunya

Mail: jmontejano@centrogeo.org.mx

**Pablo López Ramírez**

Profesor-Investigador en CentroGeo

M. en Geomática por el CentroGeo

Mail: plopez@centrogeo.org.mx

**Camilo Alberto Caudillo Cos**

Profesor-Investigador en CentroGeo

M. en Geomática por el CentroGeo

Mail: ccaudillo@centrogeo.org.mx

### RESUMEN

Se plantea la elaboración de un marco metodológico que permita la ulterior creación de políticas públicas orientadas a la reducción de la generación de viajes no laborales en automóvil dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México. El análisis de resultados obtenidos a través de modelos de regresiones lineales que definen el comportamiento del viaje en función de variables independientes sociodemográficas y de estructura urbana, será la base de la que se desprendan dichas políticas.

**Palabras clave:** Barrios Auto contenidos; Viajes no obligados; movilidad; uso del suelo.

### ABSTRACT

*We propose the creation of a methodological framework that allows further development of public policies aimed to reduce the generation of non-work trips by car within the Metropolitan Area of Mexico City. The analysis results obtained through linear regression models that define the behavior of the trip in terms of socio-demographic variables and independent urban structure will be the basis of such policies.*

**Keywords:** *Self-restrained neighborhoods; Non-work trips; mobility; land-use.*

## 1. CONTEXTO

### 1.1. Ámbito de estudio

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) —con una superficie de 7,854 Km<sup>2</sup>, una población estimada de 20.1 millones de habitantes y una flota vehicular de 4.5 millones de vehículos— abarca 16 delegaciones políticas del Distrito Federal, 58 municipios del Estado de México y un municipio del Estado de Hidalgo; ostenta el décimo puesto por población en el ranking mundial de megalópolis sólo después de las zonas metropolitanas de Nueva York y Sao Paulo, y genera aproximadamente 22 millones de viajes diarios (EOD, 2007) que, contabilizando los realizados a pie, podría alcanzar los 27 millones (CTS e ITDP, 2011).

### 1.2. Estructura territorial

La configuración reciente del territorio que actualmente ocupa la ZMVM es resultado de una sumatoria de procesos donde la concentración geográfica de los poderes administrativos fue un factor fundamental. Tanto los suburbios como las periferias metropolitanas de los años cincuenta —década que marca el inicio de la explosión de la ciudad— se fueron gestando principalmente por una movilización masiva a las ciudades, especialmente a la Ciudad de México, que en su proceso de expansión fue engullendo antiguos pueblos originarios y tierras agrícolas que a la postre terminarían por formar parte de una gran conurbación (Lindón, 1997).

La expansión física de la ciudad fue consecuencia directa de un significativo crecimiento económico y demográfico ocurrido a mediados del siglo XX; de una expulsión de la población del Distrito Federal aparejada con un aumento de inversiones industriales en el Estado de México hacia los años sesenta, y de un crecimiento demográfico de la metrópoli concentrado en los municipios metropolitanos durante los años ochenta (Rébora, 2000). Estas circunstancias coadyuvaron a que dicho crecimiento rebasara los límites administrativos con el colindante Estado de México, hecho que dio lugar al proceso de metropolización, entendido éste fenómeno como la integración funcional —y en la mayor parte de las veces física— de diversos conjuntos urbanos, actividades económicas y relaciones sociales.

Éste crecimiento de tipo centrífugo, caracterizado por una falta de planificación y regulación, ha sido explicado también por otros autores como el resultado de una transformación en la base económica (desindustrialización) y una especialización territorial cuyo resultado fue la fragmentación del tejido urbano. Al menos hasta la década pasada, la tercerización de la base económica supuso un despoblamiento en las áreas centrales y la consecuente ocupación indiscriminada de áreas naturales en zonas periféricas (Fideicomiso de Estudios Estratégicos sobre la Ciudad de México, 2000).

Gran parte de la expansión de la Ciudad de México y de los poblados circunvecinos tiene su origen en una ocupación irregular del suelo, entendida como la discrepancia existente entre el uso del suelo planeado y el uso del suelo real, y también como la tenencia ilegítima de un solar. Este tipo de asentamientos, localizados generalmente en zonas periféricas, son en su mayor parte producto del impedimento histórico que han tenido los grupos de bajos recursos para acceder al mercado inmobiliario formal (Metrópoli, 2025 2006).

En años recientes, el crecimiento de la ZMVM ya no solo se ha dado en forma de “mancha de aceite”, es decir, con características de contigüidad, sino que han comenzado a aparecer enclaves urbanos dispersos y aislados de la trama urbana. Gran parte de estos enclaves son producto de políticas públicas erradas como la extensión en el tiempo de la congelación de rentas en la zona central de la Ciudad de México hacia 1940, la prohibición de edificación de nuevas viviendas de interés social y nuevas industrias dentro de la Ciudad de México hacia los años 50, la sobre-especialización comercial de las zonas centrales de la Ciudad de México comenzada en los años 80,

la reforma de 1992 al artículo 27 constitucional que permitió la incorporación de tierra ejidal al mercado legal del suelo urbano en México o la implementación del Bando 2 en la década pasada que restringía severamente la edificación en la periferia de la Ciudad de México, trasladando el problema a los municipios conurbados del Estado de México (Iracheta, 2004; Metropoli, 2006; Ward, 2004).

Resultado de lo anterior, la ZMVM presenta grandes contrastes en la ocupación del territorio, tanto en densidad e intensidad como en forma urbana y calidad edilicia. Existe una distribución inequitativa del equipamiento y los servicios (públicos y privados). La ausencia de acciones coordinadas en materia metropolitana ha provocado una supuesta subutilización de la infraestructura instalada y se han agudizado procesos tales como la expulsión de la población de áreas centrales (gentrificación), la auto-segregación —en su connotación negativa— y la informalidad. La fragmentación y segregación residencial se expresan claramente en el territorio, dejando la inadecuada zona otrora lacustre del oriente del Valle de México y algunas de las laderas de las montañas para el asentamiento de los grupos de menor ingreso, y reservando la zona poniente y sur (con mayores valores medioambientales) para los grupos de más ingresos.

El desequilibrio territorial se evidencia en el modo de distribución de las personas y de las unidades económicas. Tan sólo en el Distrito Federal, aproximadamente la mitad de la población trabaja en micro y pequeñas empresas que se encuentran diseminadas en un patrón homogéneo en toda la ciudad (muchas de ellas economías de subsistencia). La otra mitad, trabaja en empresas medianas y de gran tamaño que tienden a concentrarse en la zona central (SINFIN, 2011). Éste bajo nivel de policentrismo laboral detectado en la ZMVM (Suárez y Delgado, 2008), aunado a la generalizada tendencia de localización de vivienda en segundas y terceras coronas, son algunas de las circunstancias participantes en la cantidad y longitud de los viajes obligados residencia-trabajo que se efectúan diariamente y que se presume puede ser reducida substancialmente mediante acciones estratégicas que aumenten la capacidad de atracción de inversiones en subcentros periféricos con el objeto de reducir la distancia en los viajes.

### **1.3. Ausencia de planificación y gobernanza metropolitana**

La necesidad de planificar formalmente el crecimiento de los nuevos desarrollos urbanos en la Ciudad de México no se hizo explícito sino hasta 1925, año en que se celebró la Conferencia Internacional de Planificación en Nueva York y a la cual asistió por primera vez una delegación mexicana encabezada por el Arq. Carlos Contreras (Sánchez et. al., 2003). De esta experiencia emanó el primer y único Plan Regulador del Distrito Federal de 1933 (5 años antes se crea el Departamento del Distrito Federal) hasta la aprobación del Plan General de Desarrollo Urbano en 1980, resultado directo de la Ley General de Asentamientos Humanos en 1976, la cual establecía la estructura de la planificación urbana para toda la federación.

Es a partir de este momento cuando se desarrolla el Sistema Nacional de Planificación, el cual contemplaba desde el Plan Nacional de Desarrollo Urbano hasta planes de desarrollo estatales, municipales y de centros de población (Eibenschutz, 2009). También de 1976 datan los intentos por llevar la planificación a un nivel metropolitano, con la creación de la Comisión de Conurbación de la Zona Centro País, aprobándose el Plan de Ordenación de la Zona Conurbada. Previamente, hacia 1971 se crea el Instituto de Acción Urbana e Integración Social (AURIS), el cual estaba encargado de la planificación urbana no solamente de la parte de la Ciudad de México que se había extendido hasta el Estado de México, sino de todo el Estado de México (DDF, 1982). Se reconocía entonces el problema metropolitano.

Hacia 1983 se le otorgan mayores atribuciones a los municipios en materia de desarrollo urbano, coincidiendo con la introducción de corrientes privatizadoras, globalizadoras y adelgazantes del aparato del Estado, dando como resultado un debilitamiento sistemático de la

planificación territorial (Iracheta, 2004; Eibenschutz, 2009). Ésta pérdida de control rector por parte del Estado se transformó en un *laissez faire* de facto, brindando la oportunidad para un crecimiento anárquico en toda la ZMVM.

En 1993 se vuelve a cambiar el marco legislativo y se promulga la nueva Ley de Asentamientos Humanos. En ella, se reconocen problemáticas medioambientales inherentes al crecimiento descontrolado y se abre la puerta para la coordinación metropolitana mediante el acuerdo de las partes involucradas. A pesar de aceptar la necesidad de acuerdos metropolitanos, esa ley es ambigua en el sentido en que no existe una obligatoriedad, sino que queda sujeto el acuerdo a las voluntades entre las distintas partes mediante convenios.

Hacia 1995, el Ejecutivo Federal y los gobiernos del Estado de México y del Distrito Federal suscriben un convenio de coordinación relacionado con el fenómeno metropolitano, dando origen a la Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos (COMETAH) del cual emana el Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México (POZMVM) en 1998. Posteriormente, surgirían las comisiones de Transporte y Vialidad (COMETRAVI), de Agua y Drenaje (CADAM), de Seguridad Pública y Procuración de Justicia (COMSP y PJ), la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) y la de Protección Civil (COMEPROC). Dichas comisiones no han funcionado ni se han reunido como deberían de haberlo hecho. Diversos investigadores —principalmente Roberto Eibenschutz y Alfonso Iracheta—, han señalado insistentemente que éstas han realizado trabajos coyunturales, de corte sectorial y de corto plazo.

#### 1.4. Movilidad en la ZMVM

Las última encuesta origen – destino muestra que de los casi 22 millones de viajes que se realizan diariamente en la ZMVM, dos terceras partes (14.8 millones) se llevan a cabo mediante transporte público y casi una tercera parte (6.8 millones) en automóvil particular (EOD, 2007). Este dato es alentador en tanto que deja un umbral abierto para la implementación de políticas públicas que favorezcan o incrementen el uso del transporte público. Sin embargo, en años recientes se ha observado un aumento en la tasa de motorización y un incremento notable en el parque vehicular (ITDP, 2012).

Parte central de los argumentos en contra del uso extendido del automóvil es la generación de externalidades negativas. En términos medioambientales, es responsable por el 95% de emisiones de CO<sub>2</sub> en áreas urbanas, lo que significa 4 mil muertes anuales por enfermedades respiratorias asociadas a la mala calidad del aire. En términos económicos, se calculan pérdidas anuales por congestión vial por aproximadamente 12 mil millones de euros en México, siendo señalada la Ciudad de México como la ciudad con mayor malestar provocado por la congestión vehicular. Ello se traduce en un tiempo promedio de viaje por persona al día de 2 horas y de hasta 5 horas al día en viajes metropolitanos. La saturación de automotores ha causado una reducción promedio de la velocidad de desplazamiento entre 1990 y el 2007 de 38.5 km/h a 17 Km/h, poniendo en peligro la viabilidad económica de la ZMVM. Adicionalmente, procesos engendrados dada la estructura territorial descrita anteriormente (1.2) como la alta concentración de empleos en el área central, la expulsión de habitantes de bajos recursos a la periferia metropolitana y la generalización de vivienda en espacios *exurbanos*, han sido los causantes del incremento en las distancias de los viajes. Éste aumento en la cantidad de kilómetros recorridos al día han comportado a su vez un aumento en el gasto promedio por transportación cercano al 50% del salario mínimo (28 pesos por día), situación que, aunada a las precarias condiciones de renta para la mayoría de los habitantes de la ZMVM, podría tornarse insostenible (Ciudadanos con Visión, 2012; ITDP, 2012).

La problemática por el costo del transporte se ha vuelto tan grave para las familias de menores ingresos que una alta proporción de la vivienda de interés social desarrollada en el país se encuentra actualmente deshabitada. Para el Estado de México, se calcula que la tasa de abandono es superior

al 18%, llegando en algunos municipios como Huehuetoca a 45%. Un estudio realizado por el Instituto Mexicano de la Competitividad (IMCO) reveló que 38% de los encuestados han abandonado dichas viviendas por carecer de servicios básicos y otro 31% por estar situadas lejos del trabajo o de la escuela (Excelsior, 2011-12-01). Otro estudio reciente señala que la distancia media de este tipo de conjuntos residenciales al centro urbano más cercano para el caso de la ZMVM es de 21.9Km, hecho que ha provocado un mayor aumento en la utilización de taxis y automóviles particulares para la realización de sus viajes y el abandono de las viviendas para las personas que no pueden sufragar esos gastos (Eibenschutz y Goya, 2010).

### 1.5. Uso del suelo y movilidad

A pesar de que el gobierno de la Ciudad de México ha intentado paliar las problemáticas de la movilidad mediante la detección de corredores susceptibles de ser transformados en corredores de transporte masivo (emanados directamente de las líneas de deseo consignadas en las encuestas origen – destino de 1983, 1994, y 2007), y de que el Gobierno Federal ha participado recientemente en la movilidad metropolitana con la implementación de un tren suburbano entre el Distrito Federal y el Estado de México, las soluciones propuestas desde el ámbito gubernamental no se han planteando como soluciones de ordenación del territorio, sino paliativas a una situación territorial determinada. Ellas han servido para apuntalar la estructura territorial segregada imperante en la metrópoli, acentuando las diferencias entre los que pueden vivir dentro y los que tienen que vivir fuera de ella.

Mientras que la mayoría de las políticas públicas en materia de transporte han favorecido un aumento del uso del automóvil<sup>1</sup>, las destinadas a ampliar la red de transporte público masivo han sido diseñadas para atender las líneas de deseo, definidas como “las corrientes de viajes que se formarían según las intenciones de desplazamiento” (Metrópolis 2025 2006) y que en su mayoría, son resultantes de una hiper-aglomeración de empleos en el área central y algunos corredores de la ZMVM. Así, tanto metro, tren suburbano y buses confinados, se han convertido en corredores de transporte cuyo trazo originario estuvo ligado a la atención de los viajes laborales, atendiendo principalmente los viajes pendulares de las clases obreras asentadas en la periferia.

Ya que no ha existido una planificación y regulación del uso del suelo a lo largo de los años que permitiera tener una distribución más homogénea y menos jerarquizada de la localización del empleo y los servicios a todo lo largo y ancho del territorio metropolitano, se plantea *a priori* la dificultad para revertir —en el corto plazo— el fenómeno de la hiper-concentración de actividades en el área central y con ello, disminuir la distancia y número de viajes laborales. Sin embargo, existe un nicho potencial donde nuevas políticas públicas podrían fomentar —de manera efectiva— la reducción en el uso del automóvil: los viajes no laborales.

De la EOD 97 se desprende que los viajes no laborales efectuados en automóvil particular representan casi 30% del total de viajes realizados en el mismo modo en la ZMVM. Esto es, 1 de cada 3 viajes efectuados en automóvil podrían reducirse de implementarse políticas públicas que aumentaran las probabilidades de que el viaje fuera efectuado en otro modo distinto. De confirmarse la posibilidad de reducción del uso del automóvil, se podrían generar políticas *ad hoc* para aumentar el grado de autocontención de los barrios.

Dentro de la corriente de planificación urbana sustentable, una de las premisas que le da soporte a toda la teoría es que una mayor mezcla del uso del suelo tendería a reducir los desplazamientos en automóvil debido a la cercanía entre los orígenes y destinos, pero también, debido a la disponibilidad de estaciones cercanas de transporte (Calthorpe, 1993). En estricto sentido, la premisa es válida en tanto que al aumentar las probabilidades de que alguien camine, se estarían reduciendo las probabilidades de que alguien utilice su automóvil para ir a comprar el periódico. Sin embargo —y a pesar de estar comprobadas las virtudes sociales sobre la vida en barrios de uso

mixto—, se desconocen los efectos que pudiera conllevar el generalizar políticas públicas que favorezcan la mezcla del uso del suelo en un territorio determinado; no se ha comprobado de manera fehaciente —y en términos científicos— que la correlación entre mezcla de usos del suelo y generación de viajes en automóvil sea estadísticamente significativa y, finalmente, no se han perfeccionado los métodos para cuantificar las supuestas relaciones.

Dado lo anterior, la presente investigación —de largo aliento y de la cual aquí se presentan solo algunos avances al momento—, plantea como hipótesis central la probabilidad de la reducción de viajes no laborales en automóvil mediante la introducción de políticas públicas que fomenten la mezcla de usos de suelo en barrios de la ZMVM. Asumimos que existen indicios en la literatura relacionada como el comportamiento de viajes – usos del suelo, desarrollada fructíferamente desde hace más de 20 años principalmente en los EEUU, que permiten vislumbrar la existencia de una estrecha correlación entre el uso del suelo y el uso del automóvil. A pesar de ello, planteamos la hipótesis como una probabilidad, en tanto que pueda ser cuantificada la relación existente de manera contundente.

## 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

### 2.1. Investigaciones sobre el comportamiento del viaje - uso del suelo

Después de la promulgación en 1956 de una ley en EEUU que pretendía fomentar el desarrollo del sistema carretero norteamericano, se desarrollaron modelos que permitieran a los planificadores predecir los flujos con el objeto de utilizar dicha información en el diseño de la red. El modelo utilizado para el desarrollo de esta tarea, denominado de los 4 pasos (*fourstepmodel*), no se preocupaba por las características ni el comportamiento de los viajes, sino que únicamente utilizaba datos agregados de los viajes pendulares<sup>2</sup> para predecir zonas de atracción y zonas de generación. No es sino hasta los años ochenta del siglo pasado cuando los planificadores plantean que la información espacial de los viajes podría servir no solo como herramienta de predicción, sino como herramienta de política pública (Boarnet, 2011). Como política pública, la información podría ser utilizada para intentar racionalizar la gran cantidad de viajes que ya se generaban en el territorio metropolitano.

El agudo proceso de dispersión urbana (*sprawl*) generalizado en EEUU y la paulatina toma de conciencia ecológica (emanada de la crisis mundial de las energías de 1973), fomentaron la emergencia de planteamientos teóricos urbanísticos que propugnaban por una vuelta a la ciudad, pero sobre todo, proponían una transformación de los suburbios con el objetivo de reducir la movilidad automotriz. Para ese entonces, más del 40% del tráfico en los EEUU, se generaba sobre las carreteras a causade los viajes pendulares (residencia–trabajo) entre suburbios, producto de una descentralización masiva de unidades productivas, de espacios secundarios de servicios (*backoffices* u oficinas de respaldo) y desde luego, de la vivienda (Berry, 1976, Calthorpe, 1993, Garreau, 1991).

En su *Pedestrian Pocket*, el arquitecto Peter Calthorpe (1993) propuso entonces el re-desarrollo de los suburbios como una estrategia para reducir la movilidad automotora. El supuesto se basaba en el desarrollo de espacios de 20 a 40 ha, con distancias caminables de 400m de radio como máximo para alcanzar una estación de transporte, cuyo uso de suelo permitiera la mezcla de viviendas, oficinas, comercios, sanidad, recreación y parques. En pocas palabras, se trataba de la traslación de los valores urbanos de la ciudad compacta en los territorios *exurbanos*. La propuesta intuitiva de Calthorpe se centró en la hipótesis que planteaba que entre más mezcla del uso del suelo existiera en un área determinada y adecuadamente servida por medios de transporte masivo, la gente reduciría la distancia de sus viajes y tendría más de una opción de modo de desplazamiento.



Sus ideas evolucionaron y cimentaron una corriente de pensamiento ecológicamente orientada denominada Nuevo Urbanismo (New Urbanism), la cual estaría soportada por teóricos denominados neo-traditionalistas y que apoyarían estos desarrollos mediante un aval científico. El producto, resultado del proceso de planificación, sería más tarde denominado TOD (*Transit-Oriented Development*) o Desarrollo Orientado al Transporte<sup>3</sup>.

Los TOD son reminiscencias de los *neighbourhood units* (unidades barriales), herencia de los planteamientos de Ebenezer Howard (Ciudad – Jardín) y proyectadas con éxito en los EEUU por Clarence Stein y Henry Wright bajo las ideas de Clarence Perry, Patrick Geddes y Lewis Mumford. Mientras que los conceptos base de las unidades barriales eran la creación de una supermanzana, la separación del tráfico rodado del peatón y la inclusión de equipamientos en un centroequidistante peatonalmente a todo el conjunto (Mumford, 1954), los TOD se propusieron como “barrios estables de rentas mezcladas que reduzcan los impactos del entorno y provean alternativas reales de movilidad” (Dittmar y Ohland, 2004).

En esencia, los TOD buscan reducir el gasto familiar por la transportación mediante el crecimiento urbano denso y compacto; donde la localización de los usos comerciales, residenciales, empleos y usos cívicos se encuentren a una distancia caminable de las paradas de transporte; donde exista una red de calles “amigables” con el peatón y que conecten directamente a los destinos locales; donde exista una mezcla de tipologías de vivienda, densidades y rentas y donde se preserve el hábitat y los sistemas de espacios abiertos. El supuesto principal es que la reducción en el costo por el transporte se creará a partir del desarrollo de usos mixtos en torno a estaciones de transporte, fenómeno que teóricamente puede ser replicado a lo largo de corredores de transporte de escala metropolitana. Sin embargo, ellos han sido criticados debido a que los TOD edificados hasta ahora, no han cumplido las premisas teóricas o simplemente no han encontrado una mezcla de usos adecuada capaz de generar las pretendidas sinergias.

Una de las personas más identificadas con los TOD ha sido Robert Cervero quien, junto con otros investigadores neo-traditionalistas, han buscado la forma de validar científicamente los supuestos planteados de manera empírica por Calthorpe sin haber logrado demostrar plenamente su hipótesis (Crane y Crepeau, 1998). De esta línea de investigación, se han realizado al menos cien publicaciones que dan cuenta de ello (Boarnet, 2011a).

## 2.2. Principales resultados

Los estudios desarrollados para verificar la hipótesis anteriormente mencionada, han utilizado en su mayoría el método de la regresión estadística, donde la fuente principal de información proviene de encuestas origen – destino<sup>4</sup>. Cervero fue uno de los pioneros en la utilización de este método, planteando que el comportamiento del viaje estaba en función de una sumatoria de variables independientes, tales como las variables socioeconómicas y las variables del uso del suelo, entre otras.

Para el caso de las variables del uso del suelo, se plantea que existe una correlación<sup>5</sup> entre la generación de viajes y al menos 3 vectores de la variable del uso del suelo: la *densidad*, la *diversidad* (o mezcla del uso del suelo) y el *diseño*<sup>6</sup> (las características físicas de la forma urbana) (Cervero y Kockelman, 1997).

Para el caso de la densidad, se ha utilizado generalmente la densidad de población.

Para el caso de la diversidad del uso del suelo (ver ecuaciones 2 y 3), se han desarrollado dos indicadores ampliamente aceptados: el *índice de entropía*, el cual mide cuan mezclado es el uso del suelo en una unidad de medida específica (Cervero, 1989; Frank y Pivo, 1994), y el *índice de*

*disimilaridad* (Cervero y Kockelman, 1997; Kockelman, 1996), que mide cómo usos del suelo colindantes o adyacentes son iguales o diferentes (Boarnet, 2011a).

Para el caso de la forma urbana (diseño) como factor que pudiera afectar el comportamiento del viaje, se han contabilizado principalmente el número de cruces viales cercanos al origen del viaje, partiendo de la premisa en que a mayor número de cruces, el tejido urbano tiende a ser uno de tipo compacto y tradicional, en contrapartida con los desarrollos suburbanos donde ha primado la poca conectividad y la proliferación de *cul-de-sacs*. La forma urbana como vector del uso del suelo parte principalmente de las investigaciones sobre las diferencias entre la forma urbana y suburbana norteamericana, desarrolladas principalmente por Michael Southworth (Southworth y Owens, 1993; Southworth, 1997).

Boarnet (2011) señala que recientemente se han agregado otros vectores adicionales a la variable del suelo urbano: la *accesibilidad*, entendida como una medida de gravitación de acceso al empleo (*distancia a centralidades*), pero también de acceso a servicios comerciales; y la *distancia al transporte*, entendida como la distancia a la estación más cercana de transporte (paradas de autobús, estaciones de metro, tranvía, etc.). Además, los estudios recientes han puesto mayor atención a la distancia recorrida (VMT o millas viajadas en automóvil) que a los viajes generados (cuántos viajes).

Una de las críticas principales al modelo general —el cual parte de una ecuación lineal simplificada— es que ella no alcanza a captar la complejidad del problema. Por ello, Crane y Boarnet propusieron expandir la forma reducida de la ecuación de regresión incorporándole una variable adicional basada en un modelo microeconómico de la demanda: el uso del suelo como determinante del costo del viaje. Se argumenta que “el uso del suelo influye en el comportamiento del viaje impactando el costo del viaje, ya sea localizando orígenes y destinos más cerca entre ellos (desarrollos compactos) o cambiando el tiempo necesario para viajar entre ellos” (Boarnet 2011; Crane y Crepeau, 1998).

Según Zhao y Lu (2011), aun cuando hay estudios que ponen en duda la contundencia de los principios planteados por Calthorpe (Boarnet, 2011a; Crane y Crepeau, 1998), y otros que enfatizan los límites en los que la alta densidad en ciudades es deseable debido a su capacidad de generar congestión (Levinson y Kumar, 1997), la mayoría han apuntado a que existe una correlación positiva entre el aumento en la mezcla de usos del suelo y la reducción de viajes motorizados (Cervero 1989; 1995; Frank y Pivo 1994); que un mejor equilibrio en la co-localización casa-trabajo están asociados con altas proporciones de viajes no motorizados (Hanson y Schwab, 1987); que los patrones de desarrollo de la forma urbana —dicotomía concentración/ dispersión— impactan directamente en la elección del modo de transporte y número de viajes generados (Cervero y Landis 1995, Camagni, 2002); que el modelo de ciudad compacta tiene impactos positivos en el medio ambiente y que el desarrollo de modelos de alta densidad pueden reducir la distancia de los viajes (Ewing et. al., 2003, Giuliano y Narayan, 2003); y que la alta densidad está directamente relacionada a un mayor uso del transporte público y a una mayor tendencia hacia la movilidad pedestre (Cervero 1996, Dunphy y Fisher, 1996).

A pesar de verificarse indicios de la correlación entre el uso del suelo y el comportamiento del viaje, muchas de ellas no han sido estadísticamente significativas<sup>7</sup> y no parecen explicar por sí solas el aumento o disminución en el uso del automóvil particular. Y cuando se detectan, no es posible —mediante el método de análisis de regresión— determinar la causalidad.

Boarnet (2011) argumenta que uno de los puntos de debate sobre esos estudios es que se ha asumido en la mayoría de los estudios la posibilidad de que las personas escojan su lugar de residencia basados en cómo desean viajar, dejando de lado la posibilidad de que las personas escojan donde vivir dependiendo de su herencia cultural. De aplicarse políticas públicas



generalizadas que fomenten el uso del suelo mixto en un territorio determinado, se corre el riesgo de incurrir en un resultado contrario al buscado, obligando a los residentes actuales en barrios de bajo grado de mezcla del uso del suelo a buscar otras opciones más lejanas de localización residencial que cumplan con sus cánones culturales.

Otro punto débil de la serie de trabajos realizados hasta el momento, es el enfoque en la escala urbana, cuando todo apunta a que la gran problemática de la movilidad parece estar dándose en la escala metropolitana (grandes flujos). Se ha observado que la accesibilidad regional tiene mayor asociación con las VMT que las variables del suelo a nivel urbano. Recientemente, han surgido una serie meta-análisis<sup>8</sup> que se han enfocado en determinar la elasticidad de las variables que generalmente se estudian para determinar la relación comportamiento del viaje – uso del suelo (Ewing y Cervero, 2010), encontrando que tienen relativamente poca elasticidad. Lo anterior apunta a aumentar los estudios de carácter regional dada la estabilidad de las elasticidades (Boarnet, 2011).

De lo anterior se puede concluir que existe un debate constante entre los neo-tradicionalistas, quienes buscan validar los postulados de una ciudad compacta y orientada al transporte como solución a los problemas de congestión vehicular, y los investigadores de corte más científica, quienes ponen en constante cuestionamiento tanto métodos como resultados de los primeros. No se duda de las bondades sociales de un territorio con mayor mezcla de usos del suelo, sino que se pone en cuestionamiento por un lado, la falta de rigor sistémico en los diversos estudios y por otra, la falta de contundencia en los resultados.

A pesar de esta disputa, parece ser que el mayor crítico de los estudios de comportamiento de viaje – uso del suelo —Marlon G. Boarnet—, recientemente ha aportado con su último estudio (Boarnet et al., 2011) nueva evidencia que apoya las bondades teóricas planteadas por los neo-tradicionalistas. Entre los hallazgos más importantes de su investigación realizada para la bahía sur de Los Ángeles —donde el tema central es la posibilidad de tornar a los suburbios en TOD's—, destacan que la gente que vive en los barrios con características de mayor compacidad, camina más que la gente que vive en barrios asentados sobre corredores con características de dispersión, y que la gente que vive en los centros, generalmente realiza viajes más cortos tendentes a ser más peatonales.

Para responder a la pregunta de por qué la gente caminaba más en los centros que en las franjas urbanas carreteras (polarizaciones lineales), realizaron un análisis de regresión estadística que incluía, como novedad, la cantidad de negocios (unidades económicas) por unidad de área. El resultado de la regresión mostró que el indicador unitario más robusto fue el número de negocios por m<sup>2</sup>, el cual revela si la gente está dispuesta a caminar por el vecindario. Esto es, que la gente viviendo en barrios con más establecimientos comerciales, orienta sus deseos de viaje dentro del vecindario y esto hace más propenso a los vecinos a caminar.

Finalmente, un hallazgo particularmente interesante fue el determinar cuál era la relación de unidades económicas que permitía que este fenómeno se diera con respecto a las polarizaciones lineales, donde la cantidad de negocios es menor y se encuentran dispersos a lo largo del corredor. Es decir, si la relación entre cantidad de negocios y movilidad pedestre es causal. Encontraron que en las zonas con un diseño orientado a la movilidad peatonal, los establecimientos sobrepasan por 4 veces las necesidades de la propia comunidad donde se encuentran asentados, significando que para que se dé el fenómeno de la peatonalización, el stock de negocios debe de poder servir más allá del mercado local.

### 3. METODOLOGÍA

En esta primera etapa de la investigación, planteamos una aproximación al estudio formal de la relación entre los viajes no laborales y las características estructurales y socioeconómicas de los lugares donde se generan dichos viajes para la ZMVM. El objetivo es demostrar que existe una relación, estadísticamente significativa, entre el uso del suelo y la longitud de los viajes generados. Como se mencionó en la sección 2.2, dicha relación ha sido ampliamente investigada y demostrada para diferentes ciudades, principalmente de EEUU. Sin embargo, el contexto particular del desarrollo metropolitano en el Valle de México nos hace suponer que las relaciones reportadas en la literatura no son extrapolables de manera directa a la ZMVM.

Como punto de partida para el estudio, tomamos el modelo más simple de relación entre el uso del suelo y la longitud de los viajes: una regresión lineal controlada por variables socioeconómicas, expresada en la siguiente ecuación:

$$V = \beta_0 + \beta_1 \vec{D} + \beta_2 \vec{S} + u \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde  $V$  es la variable de comportamiento de viaje (duración del viaje, distancia viajada u otra variable continua que represente el ‘tamaño’ del viaje),  $\vec{D}$  es el vector de variables estructurales (relacionadas con el uso de suelo),  $\vec{S}$  es el vector de variables socioeconómicas, los términos  $\beta$  (escalares) son los coeficientes a estimarse mediante la regresión lineal y  $u$  representa el error en la estimación. La inclusión en el modelo de los términos socioeconómicos funciona para controlar la regresión y estimar el efecto neto de las variables de uso de suelo de manera independiente del efecto del nivel socioeconómico.

#### 3.1. Selección de las variables de estudio

Los datos sobre los viajes en la ZMVM se obtuvieron de la Encuesta Origen-Destino 2007 (EOD, 2007). Éste instrumento permite localizar los orígenes y destinos de los viajes a nivel manzana para la ZMVM. Por otro lado, el Censo Nacional de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2010) está disponible públicamente y desagregado a nivel manzana, lo que nos permitió utilizar el mismo nivel de agregación geográfica para los datos socioeconómicos y los datos sobre los viajes. Finalmente, los usos del suelo se extrajeron del Directorio Nacional de Unidades Económicas 2010 del INEGI (DENUE, 2010), el cual provee información a nivel puntual sobre las actividades económicas en México, de modo que fue posible localizar las diferentes actividades económicas a nivel manzana para la ZMVM.

##### 3.1.1. Selección de los viajes de estudio

Dado que el objetivo de esta investigación es estudiar la relación entre los viajes no laborales y el entorno estructural, seleccionamos los viajes de la EOD07 a partir de los siguientes criterios:

El encuestado realizó al menos un viaje el día de la encuesta. Este criterio es necesario para evitar un sesgo hacia el cero en la cantidad de viajes.

Los viajes partieron del hogar. El interés último del estudio está en la intervención sobre la mezcla de usos del suelo en los lugares donde viven las personas, por lo tanto son las características del entorno de los hogares las que nos interesan.

Viajes realizados en automóvil particular. Las consecuencias nocivas para la calidad de vida están relacionadas principalmente con los viajes en auto, aunque las características particulares de la zona

de estudio y la relación con la captura de viajes por el transporte público sugieren incluir también los viajes realizados en otros modos de transporte. Este aspecto será discutido más adelante. Consideramos como viajes no laborales los siguientes propósitos de la EOD07:

- Estudiar
- Comprar
- Llevar o acompañar a alguien
- Social, diversión
- Trámites
- Otros

Aplicando los criterios de selección arriba mencionados, obtuvimos un universo de estudio de 34,319 personas, distribuidos homogéneamente a lo largo de la ZMVM como se puede ver en la siguiente figura:

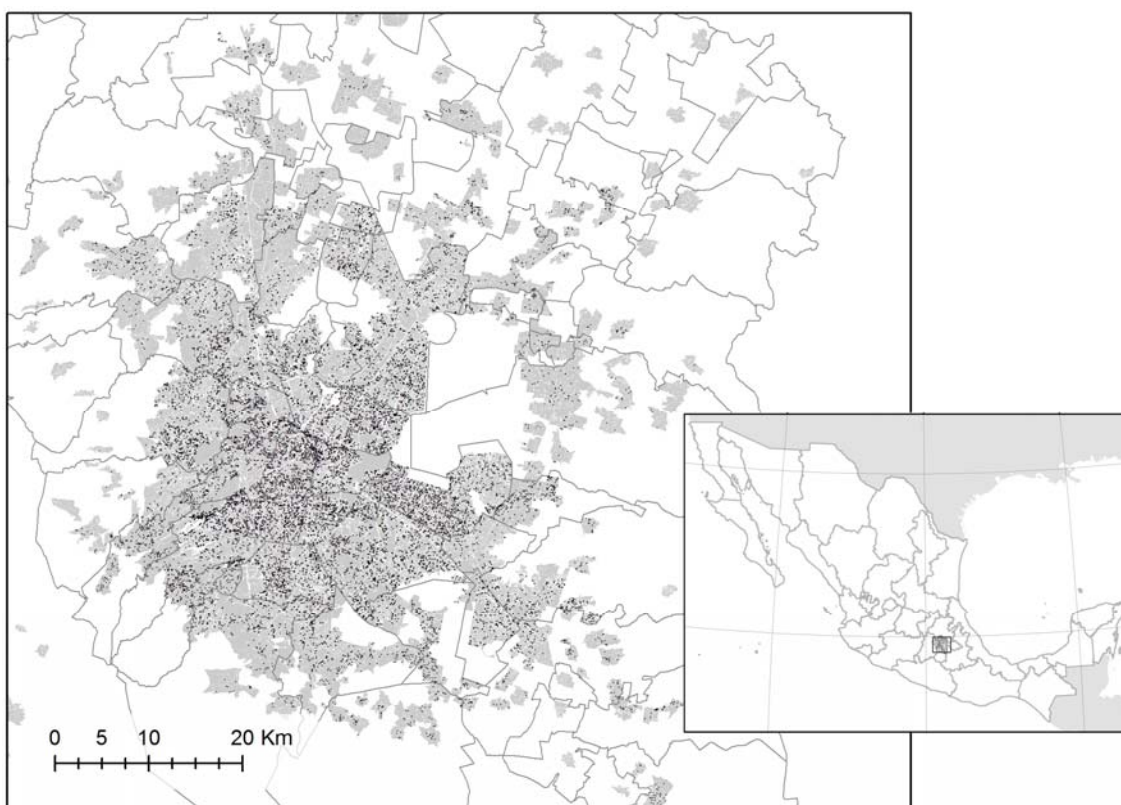


Figura 1: Localización de los lugares de residencia del universo de estudio en la ZMVM. El sombreado representa las zonas habitadas. Fuente: elaboración propia a partir de EOD 2007.

### 3.1.2. Variables de estructura urbana y socioeconómica

Para describir la estructura urbana (es decir, el vector  $\vec{D}$  de la ecuación 1), utilizamos cuatro variables que han sido ampliamente usadas en la literatura. Como medida de la mezcla de usos de suelo usamos el índice de entropía:

$$\text{Entropía} = \sum_j \frac{p_j \cdot \ln(p_j)}{\ln(J)} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde  $j$  representa los usos de suelo considerados en el estudio,  $p_j$  es la proporción del  $j$  –ésimo uso de suelo con respecto al total y  $J$  es el total de usos de suelo. El índice se calcula para cada manzana. Sin embargo —para reflejar mejor la escala del vecindario caminable—, consideramos en el cálculo del índice los usos de suelo en vecindades de 500 m alrededor de cada manzana (Figura 2). La entropía toma valores entre 1 y 0 y es un indicador de qué tan homogénea es la mezcla de usos del suelo en una vecindad de cada manzana: valores cercanos a 1 indican una mayormezcla del uso del suelo, mientras que valores cercanos a 0 indican que hay un solo uso dominante, pudiendo ser mayormente residencial, mayormente industrial, etc. Los usos del suelo considerados en este estudio son: habitacional, comercial, equipamiento (en su mayoría servicios) y ocio.

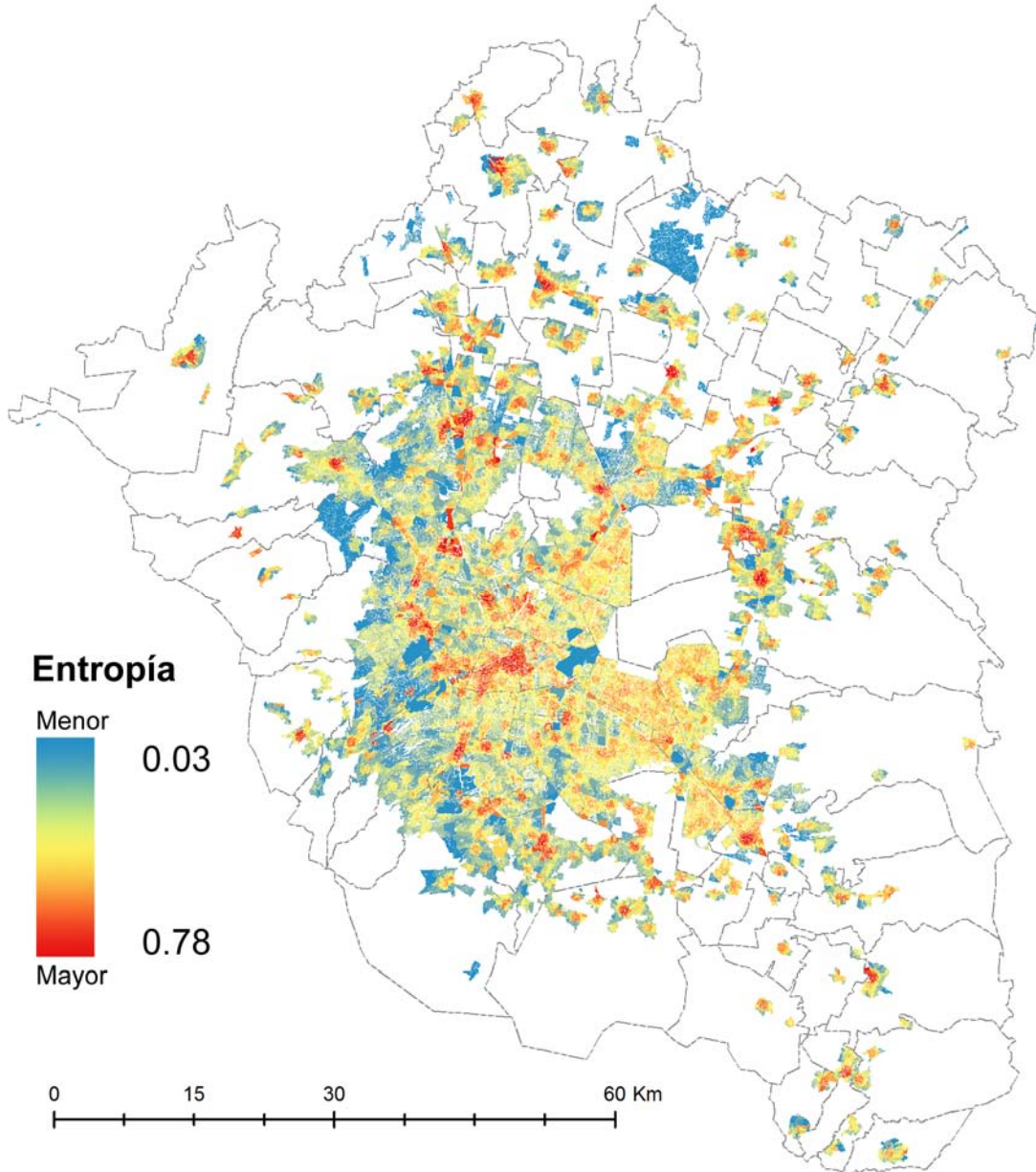
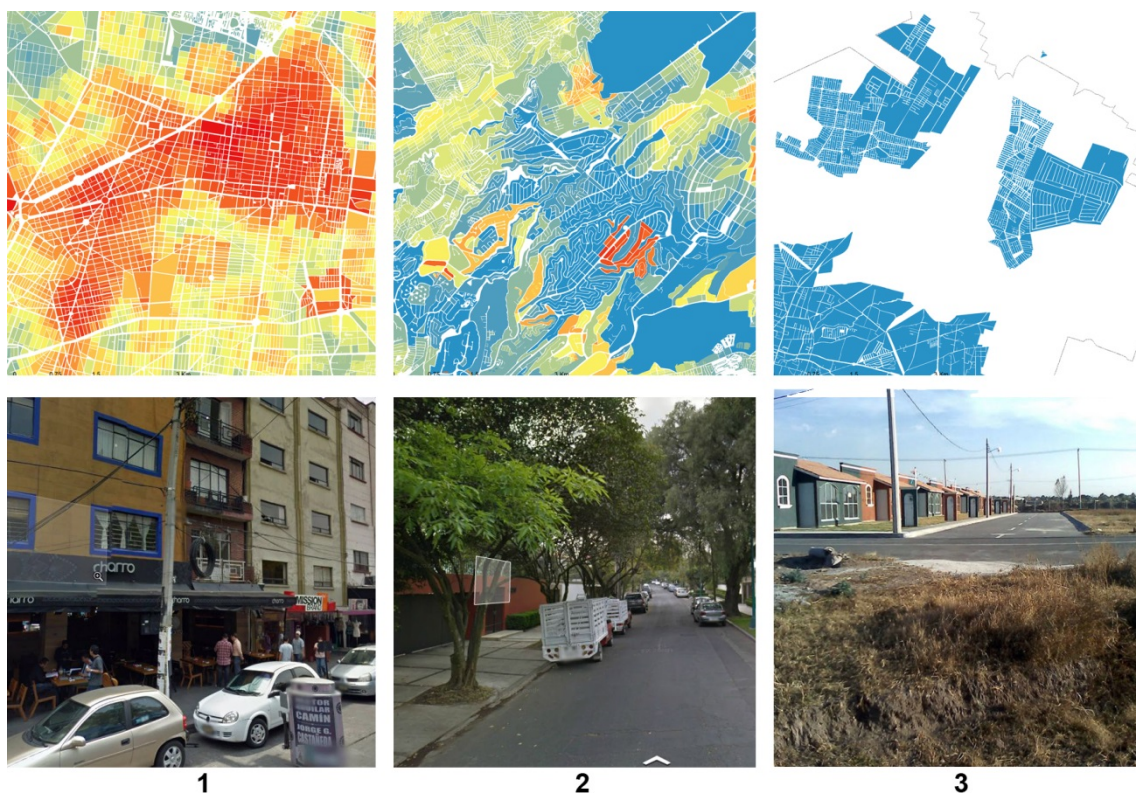


Figura 2: Mapa de la variable de entropía para la ZMVM (Mezcla de uso de suelo). Fuente: elaboración propia a partir de EOD 2007 e INEGI 2012.





### 1. CONDESA-CENTRO HISTÓRICO

Entropía alta en zonas centrales (más mezcla de uso del suelo)

### 2. LOMAS

Entropía baja en zonas periféricas (menos mezcla de uso del suelo)

### 3. TIZAYUCA

Entropía extremadamente baja en conjuntos de vivienda exurbanos

Figura 2.1. Ejemplificaciones de zonas donde la entropía (mezcla de uso del suelo) se encuentra bien diferenciada. El primer caso, ejemplifica barrios con alta mezcla del uso del suelo, en zonas céntricas y donde el precio del suelo se ha elevado debido a la presencia de comercios de alta gama. Son espacios donde la “clase creativa” prefiere asentarse. El segundo caso ejemplifica una zona mono-funcional, de alto standing y restringida accesibilidad, donde para comprar cualquier cosa es necesario utilizar el automóvil. El tercer caso muestra el prototipo de los nuevos desarrollos de vivienda de interés social, localizados en zonas exurbanas, donde es necesario el uso del automóvil para acceder a cualquier servicio. La mayor parte de las personas que vive allí no tiene acceso a un automóvil.

Fuente: Mapas, elaboración propia a partir de INEGI 2012. Imágenes, provenientes de Google Maps (<https://maps.google.com/>).

La otra variable que mide la mezcla de usos del suelo es el índice de disimilaridad, propuesto por Robert Cervero y calculado de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Disimilaridad} = \sum_k \frac{1}{K} \sum_i \frac{X_{ik}}{I} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde K es el número de usos totales desarrollados (es decir la suma de unidades económicas y viviendas),  $X_{ik}$  es igual a 1 si el uso dominante en la manzana central i es diferente del uso dominante en la manzana k y es cero de otro modo. I es el número de manzanas involucradas en el cálculo, de acuerdo a la vecindad considerada (Figura 3).

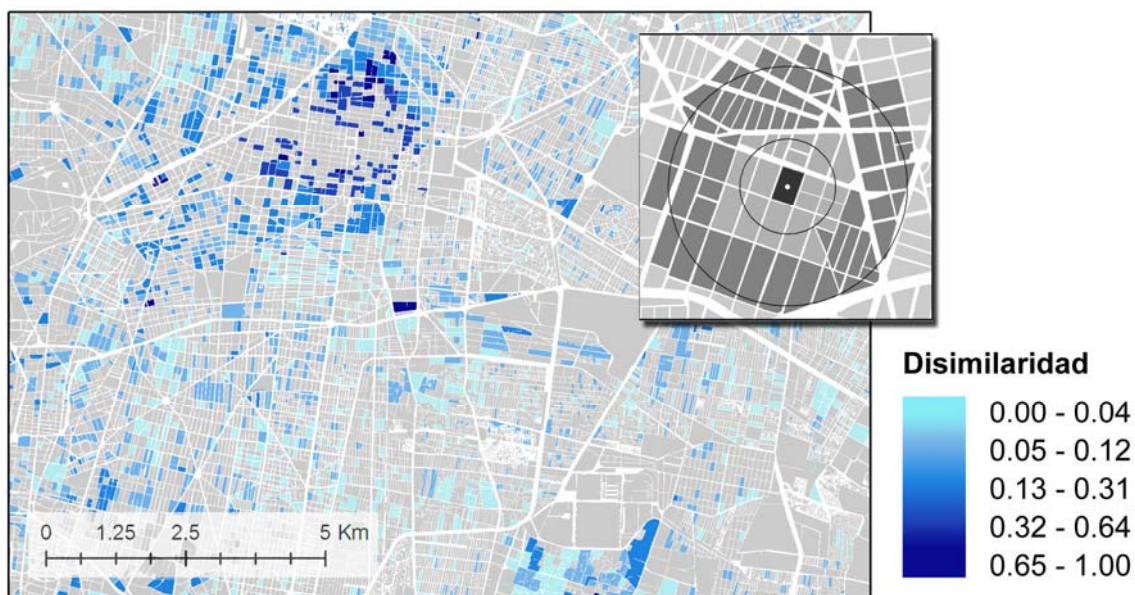


Figura 3. La disimilaridad para la manzana en negro se calcula mediante las diferencias entre los usos de suelo dominantes en las zonas gris oscuro y gris claro. En el mapa se muestran los valores de disimilaridad para las manzanas con hogares encuestados. Fuente: elaboración propia a partir de INEGI 2012

La diferencia con la entropía radica en que mientras ésta mide únicamente el balance de usos del suelo sobre un área dada y no toma en cuenta la localización de las actividades dentro de dicha área, el índice de disimilaridad es sensible al grado de concentración de las actividades económicas. Por ejemplo, si en el área de influencia de una manzana hay un centro comercial, es probable que la manzana tenga una entropía alta (cercana a 1) aun cuando el único lugar con usos distintos al habitacional sea el centro comercial. En este caso, un índice de disimilaridad alto indica que la diferencia de actividades está concentrada.

Las otras dos medidas que utilizamos para representar la estructura urbana son, por un lado, la densidad de viviendas en cada manzana, relacionada con la capacidad de generación de viajes y por otro lado, la distancia al Distrito Central de Negocios (DCN), que pretende incorporar la fuerte tendencia monocéntrica —y por lo tanto, la capacidad del DCN de atraer viajes incluso no laborales— de la ZMVM.

Para la estructura socioeconómica, encontramos que el mejor ajuste del modelo lineal (Ecuación 1) se da utilizando la edad del residente, el total de automóviles en el hogar y el total de personas que trabajan. Es relevante destacar que el nivel de ingresos no resultó significativo. Sin embargo, ello se puede deber al conocido sesgo al reportar los ingresos en una encuesta.

Finalmente, la variable dependiente LN\_t\_No (Ven la Ecuación 1) es el logaritmo natural del tiempo de viaje. Utilizamos el logaritmo y no directamente el tiempo de viaje, porque detectamos que había una tendencia importante en los tiempos reportados a agruparse en intervalos de 5 minutos. Es decir, los respondientes de la encuesta reportaban el tiempo que había durado el viaje como múltiplos de 5 minutos, de modo que decidimos utilizar el logaritmo para linealizar la medida del tiempo de viaje. En la Tabla 1 se pueden ver los estadísticos descriptivos para las variables de estudio.



**Tabla 1. Estadísticos descriptivos para las variables de estudio**

	Min	Max	Media	Desviación estándar
LN_t_Noob con auto	0	6.66	0.90	1.56
Entropía de colonias	0	0.69	0.24	0.09
Distancia al centro (Km)	0.24	57.09	14.82	8.61
Disimilaridad	0	1.00	0.05	0.07
Densidad de viviendas por manzana	0	4073.21	123.52	181.83
Edad del residente	17	99.00	38.15	17.17
Total de unidades de transporte privado (por hogar)	0	9.00	0.78	0.98
Total de personas que trabajan en el hogar	0	11.00	1.69	1.12

Fuente: elaboración propia a partir de datos de EOD 2007

#### 4. RESULTADOS

El ajuste de la regresión lineal (Ecuación 1) por el método de mínimos cuadrados ordinarios arrojó una bondad de ajuste de 26%. Esto significa que con las variables utilizadas se alcanza a explicar 26% de la variación total de la variable dependiente. Si bien este ajuste parece modesto, está dentro del rango reportado en la literatura (Ewing y Cervero, 2010). Es importante notar que todas las variables resultaron significativas al 95% de confianza; sin embargo, la distancia al centro, la densidad de viviendas y la edad del residente, presentan coeficientes muy pequeños o cero. Los valores de los coeficientes de regresión y sus significancias se pueden observar en la Tabla 2.

Por otro lado, los signos de los coeficientes para las variables de estructura urbana, es decir, la dirección de la influencia de las variables, son consistentes con los reportados en la literatura. La entropía tiene un coeficiente negativo, lo que quiere decir que una mezcla balanceada de usos de suelo realmente contribuye a disminuir la longitud de los viajes no laborales. Por el contrario, la disimilaridad tiene un coeficiente positivo, lo que nos indica que la concentración de usos (por ejemplo en centros comerciales) tiende a aumentar la duración del viaje.

**Tabla 2. Tabla de clasificación múltiple. Variable dependiente: Logaritmo natural del tiempo ocupado en viajes no laborales en automóvil particular.**

Variable	Coeficiente	E. E.	
(Constante)	0.549	0.049	***
Entropía de colonias	-0.688	0.081	***
Total de negocios por manzana	-0.0002	0.000	***
Distancia al centro en kilómetros	-0.004	0.001	***
Disimilaridad	0.801	0.117	***
Densidad de viviendas por manzana	-0.0002	0.000	***
Sexo del residente	-0.215	0.015	***
Edad del residente	0.015	0.001	***
Dummy de trabajó el día de la encuesta	0.597	0.019	***
Total de personas que trabajan en el hogar	-0.117	0.007	***

Más de educación básica (Dummy)	0.419	0.017	***
Total de unidades de transporte privado (por hogar) (disponibilidad)	0.646	0.008	***
Edad promedio de los miembros del hogar	-0.009	0.001	***

\*\*\* p < 0.001

R<sup>2</sup> 0.265

Fuente: elaboración propia a partir de datos de EOD 2007

Para analizar mejor los resultados, conviene utilizar las elasticidades de las variables en lugar de los coeficientes de regresión (Boarnet, 2011). Las elasticidades miden la influencia global neta de las variables en una regresión y para el caso de regresiones lineales se calculan de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Elasticidad} = \beta * \frac{\bar{x}}{\bar{y}} \quad \text{Ecuación (4)}$$

Donde  $\beta$  es el coeficiente de la regresión,  $\bar{y}$  es el promedio de la variable dependiente (logaritmo del tiempo de viaje en nuestro caso) y  $\bar{x}$  es el promedio de la variable independiente. En la Tabla 3 se pueden ver las elasticidades para las variables de estudio.

**Tabla 3. Elasticidades para las variables de estudio**

Entropía de colonias	-0.183
Total de negocios por manzana	-0.087
Distancia al centro en kilómetros	-0.062
Disimilaridad	0.048
Densidad de viviendas por manzana	-0.023
Sexo del residente	-0.385
Edad del residente	0.028
Dummy de trabajó el día de la encuesta	0.136
Total de personas que trabajan en el hogar	-0.219
Más de educación básica (Dummy)	0.783
Total de unidades de transporte privado (disponibilidad por hogar)	0.561
Edad promedio de los miembros del hogar	-0.335

Fuente: elaboración propia a partir de datos de EOD 2007

De las elasticidades es importante destacar que los resultados coinciden en general con lo reportado en la literatura (Boarnet, 2011) tanto en signo como en magnitud. Las variables con elasticidades mayores son las socioeconómicas, siendo el total de automóviles particulares por hogar la más importante; ésta variable opera de dos formas complementarias, por un lado, es evidente que entre más automóviles haya en un hogar, mayor será la propensión a utilizar automóvil para todo tipo de viajes. Por otro lado, la cantidad de automóviles funciona como proxy del nivel socioeconómico, de modo que el valor de la elasticidad indica que a mayor nivel socioeconómico, mayor tiempo promedio de los viajes en automóvil.

Por otro lado, la variable de estructura urbana que presenta mayor elasticidad es la entropía. Importante a destacar es que su valor es un orden de magnitud mayor que los promedios reportados en el meta-análisis de Ewing y Cervero (2010), quienes consignaron un promedio de -0.09 sobre 10 estudios en ciudades de EEUU. Si bien las elasticidades para el resto de las variables estructurales son más pequeñas, es interesante que tanto la distancia al DCN como la densidad de viviendas tengan signo negativo: esto es, disminuyen la longitud de los viajes. Por el contrario, la

disimilaridad tiende a aumentarlos, haciendo necesario viajar mayores distancias debido a la concentración de actividades económicas.

## 5. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

La primera —y quizá más importante conclusión de esta primera etapa de la investigación—, es que efectivamente es observable, con los instrumentos usados, la relación entre las variables de la estructura urbana y la duración de los viajes no laborales para la ZMVM. Además, la magnitud de la elasticidad para la entropía muestra que existe el potencial para la reducción del tiempo de viaje a partir de intervenciones sobre el uso del suelo.

Ahora bien. Los resultados obtenidos en este primer análisis son todavía limitados y es importante expresar dichas limitaciones. En primer lugar, como lo hacen notar Crane y Crepeau (1998), la relación entre las variables de estructura urbana y la duración de los viajes no implica causalidad, es decir, no es posible concluir del análisis aquí realizado que sea efectivamente la mezcla de usos del suelo la que está causando la disminución en el tiempo de viaje. Es posible que lo que estemos observando sea el efecto de la interacción entre la accesibilidad a servicios (a través de la entropía) con las preferencias de localización de quienes buscan evitar los viajes en automóvil particular. Para controlar este tipo de efectos, se podría utilizar un modelo de dos etapas, en el que se acople un modelo microeconómico de selección residencial y, a partir de ese modelo, se estimen los deseos de viaje para alimentar el modelo de regresión. Abordar el problema de la co-localización es fundamental sobre todo al hacer política pública: si el efecto de la co-localización de las preferencias residenciales en función de las preferencias por modos de transporte es más grande que el efecto de la accesibilidad a servicios en la reducción del tiempo (o cantidad) de los viajes no laborales, entonces, implementar políticas que favorezcan la mezcla de usos de suelo podría tener un efecto inverso o no deseado, como el obligar a los residentes de un vecindario céntrico a mudarse hacia la periferia debido al crecimiento en el valor del suelo (es decir, un proceso de gentrificación).

Por otro lado, uno de los objetivos de esta investigación es generar herramientas metodológicas para hacer y evaluar política pública que tienda a disminuir la cantidad y longitud de viajes no obligados en automóvil particular. En este sentido, hay otras variables de la estructura urbana que hemos dejado fuera del estudio y que es indispensable incorporar:

- La accesibilidad al transporte público
- La accesibilidad a centralidades de menor orden jerárquico

Es evidente que un factor importante en la elección de modos de transporte es la accesibilidad al transporte público. La dificultad de incorporar esta variable dentro de nuestro estudio radica en la falta de información sobre las rutas e intensidades de uso de los sistemas de transporte. Por un lado, el Sistema de Transporte Colectivo (Metro) cuenta con información sistematizada sobre sus rutas y flujos de personas, y la Red de Transporte Público (RTP) - la operadora del gobierno del DF de autobuses urbanos- ofrece información confiable por lo menos sobre sus rutas. Por otro, los sistemas de transporte colectivo concesionado, son los encargados de movilizar a las personas desde y hacia el transporte público masivo, principalmente en la periferia de la ciudad.

Además, si bien es cierto que la estructura de la ZMVM es eminentemente monocéntrica, también es cierto que no es sólo el DCN (Distrito Central de Negocios) el que captura los viajes no obligados. El proceso de metropolización de la ciudad —esbozado a lo largo de la primera sección—, fue incorporando en su estructura a pueblos originarios que desde un principio tenían una estructura urbana definida con oferta de servicios y comercios, lo que dio origen a un tejido de

micro-centros urbanos que, si bien no tienen gran peso en la estructura laboral a una escala metropolitana, si lo pueden tener en términos de accesibilidad local a bienes y servicios, es decir, con relación directa con los viajes no obligados. En este sentido, la principal dificultad para incorporar esta variable de accesibilidad en el modelo, es un proceso automatizado para detectar y clasificar estas centralidades de menor jerarquía. Al momento, estamos experimentando con algoritmos de detección de conglomerados que parecen un camino promisorio. En la Figura 4, se pueden observar algunos de los conglomerados detectados que se pueden asociar directamente con centralidades de orden menor.



Figura 4. Centralidades de orden menor (en negro) obtenidas mediante detección de conglomerados. A la izquierda se pueden observar los centros de los pueblos de Coyoacán y San Ángel al sur de la ZMVM y a la derecha los centros de Chiconcuac y Texcoco al Oriente de la Ciudad.

En conclusión: los primeros resultados de esta investigación son alentadores, no sólo porque por primera vez se mide la relación empírica entre las variables de estructura urbana y la magnitud de los viajes no obligados para la ZMVM, sino porque, al hacer explícito el vínculo entre el proceso de metropolización y la estructura urbana, podemos proponer nuevas variables de accesibilidad que, en nuestra opinión, pueden jugar un papel central en la manufactura de política pública.

El proceso de investigación está apenas comenzando y por el momento todavía quedan abiertas más preguntas que respuestas. A pesar de ello, es nuestra opinión que las avenidas de investigación abiertas en este trabajo apuntan en la dirección correcta para poder generar instrumentos que contribuyan, por un lado, a esclarecer la relación entre estructura urbana y patrones de viajes y, por otro lado, a generar y evaluar política pública innovadora destinada a mejorar la calidad de vida de nuestras grandes metrópolis.

## 6. NOTAS Y REFERENCIAS

### 6.1. Notas

1 Durante el Sexenio pasado, el gasto para vialidades en la Zona Metropolitana de Toluca (Estado de México) representó el 99% del presupuesto asignado, mientras que el 1% restante se destinó al estudio de corredores de transporte masivo.

2 Por viajes pendulares es sinónimo de los viajes obligados residencia-trabajo (en inglés, *commuting*). Se le denomina pendular debido a que se asume que alguien que va a trabajar, debe de regresar a casa.

3 En realidad, debe de entenderse como Desarrollo Orientado al Transporte Público o Masivo, pues es el elemento que lo distingue de los Desarrollos Orientados al Automóvil.

4 Las encuestas origen-destino son herramientas que se utilizan en la planificación e ingeniería del transporte, con el objetivo de conocer de donde a donde se desplaza la gente en un entorno determinado. Las realizadas en México están orientadas al diseño de transporte masivo, mientras que en otros países (EEUU) se realizan *travel diaries* o diarios de viaje que consignan con mayor detalle, el comportamiento de la movilidad de las personas.

5 En Estadística, existe correlación entre variables si al aumentar los valores de una (A), también lo hacen los de otra (B). Aún que exista correlación entre las variables (por ejemplo, el número de viajes y la mezcla del uso del suelo), ello no implica causalidad (Ref. Wikipedia).

6 Originalmente, Cervero trabajó sus regresiones lineales con sus famosas *3d* (*density, diversity, design*). Posteriormente, fueron aumentando las *d*'s, incluyendo la distancia a los centros y la distancia a las estaciones o nodos de transporte.

7 En Estadística, "un resultado es estadísticamente significativo" cuando no es probable que haya sido debido al azar. Esto es, que es probable que las variables correlacionadas varíen por alguna razón. Sin embargo, que un resultado sea estadísticamente significativo, no implica que la diferencia sea importante *per se*. (Ref. Wikipedia).

8 Un meta-análisis es un conjunto de herramientas estadísticas con las cuales es posible estimar si una colección de distintos estudios sobre un tema específico es consistente.

### 6.2. Referencias bibliográficas

- BOARNET, M. (2011). A Broader Context for Land Use and Travel Behavior, and a Research Agenda. *Journal of the American Planning Association*, 77, 197-213. ISSN: 1939-0130
- *et. al.* (2011). Retrofitting the Suburbs to Increase Walking. *Access*, 39, 2-7.
- CALTHORPE, P. (2000). The pedestrian pocket. En: LEGATES, R. y STOUT, F. (eds.) *The city reader*. London; New York: Routledge. ISBN: 0415556651
- CAMAGNI, R. (2002). Urban mobility and urban form: The social and environmental costs of different patterns of urban expansion. *Journal of Planning Literature*, 17, 85-168. ISSN: 1552-6593
- CERVERO, R. 1989. Jobs-housing balancing and regional mobility. *Journal of the American Planning Association.*, 55(2), 136-150. ISSN: 1939-0130
- (1995). Planned Communities, Self-containment and Commuting: A Cross-national Perspective. *Urban Studies*, 32, 1135-1162. ISSN: 1360-063X
- (1996). Mixed land-uses and commuting : evidence from the American Housing Survey. *Transportation research. Part A, Policy and practice.*, 30(5), 361-377. ISSN: 0965-8564
- y KOCKELMAN, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design. *Transportation research. Part D, Transport and environment.*, 2(3), 199-219. ISSN: 1361-9209
- y LANDIS, J. D. (1995). The transportation-land use connection still matters. *Access: Research at the University of California Transportation Center*.
- CIUDADANOS CON VISIÓN (2012). Acuerdos para la Movilidad en la Zona Metropolitana del Valle de México [En Línea]. Disponible: <<http://ciudadanosconvision.mx>>, visitado el 18/12/12.
- CRANE, R. y CREPEAU, R. (1998). Does neighborhood design influence travel?: a behavioral analysis of travel diary and GIS data. *Transportation research. Part D, Transport and environment.*, 3D. ISSN: 1361-9209
- CTS e ITDP (2011). 10 Estrategias de Movilidad para un Estado de México Competitivo, Seguro y Sustentable. México D.F.: Centro de Transporte Sustentable, Institute for Transportation & Development Policy. [En Línea]. Disponible: [http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/EDOMEX\\_VF.pdf](http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/EDOMEX_VF.pdf), visitado el 18/12/12.
- DDF. (1982). Sistema de Planificación urbana del Distrito Federal. Departamento del Distrito Federal, Dirección General de Planificación.
- DITTMAR, H. y OHLAND, G. (2008). The new transit town best practices in transit-oriented development. Princeton, N.J.: Recording for the Blind & Dyslexic. ISBN: 1559631171
- DUNPHY, R. y FISHER, K. (1996). Transportation, congestion, and density: new insights. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1552, 89-96. ISSN: 0361-1981
- EIBENSCHUTZ, R. (Coord.) (2009). *El legislativo ante la gestión metropolitana*, México, D.F., Estados Unidos Mexicanos, Cámara de Diputados, LX Legislatura, Consejo Editorial: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco : Miguel Ángel Porrúa. ISBN:

978-607-401-113-5.

— y GOYA, C. (2010). Estudio de la integración urbana y social en la expansión reciente de las ciudades en México, 1996-2006: dimensión, características y soluciones. En: IRACHETA, A. y SOTO, E. (eds.) *Impacto de la vivienda en el desarrollo urbano: Una mirada a la política habitacional en México: Memorias del III Congreso Nacional de Suelo Urbano*. Zinacantepec, México, México: El Colegio Mexiquense, A.C. ISBN: 978-607-7761-19-8.

EOD (2007). Encuesta, 2007 Origen-Destino. México, D.F.: Gobierno del Distrito Federal: Gobierno del Estado de México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

EWING, R. et. al. (2003). Measuring sprawl and its transportation impacts. *Transportation research record.*, 175-183. ISSN: 0361-1981

— y CERVERO, R. (2010). Travel and the Built Environment. *Journal of the American Planning Association*, 76, 265-294. ISSN: 1939-0130

FIDEICOMISO DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS SOBRE LA CIUDAD DE MÉXICO. (2000). *La Ciudad de México hoy: bases para un diagnóstico*, México, D.F., Gobierno del Distrito Federal, Oficialía Mayor. ISBN: 9688162930, 9789688162934.

FRANK, L. D. y PIVO, G. (1994). Impacts of Mixed Use and Density on Utilization of Three Modes of Travel: Single-Occupant Vehicle, Transit, and Walking. *Transportation Research Record*, 1466, 44-52. ISSN: 0361-1981

GARREAU, J. (1992). *Edge city: life on the new frontier*, New York, Doubleday. ISBN: 0385424345.

GIULIANO, G. y NARAYAN, D. (2003). Another look at travel patterns and urban form: The US and Great Britain. *Urban Studies*, 40, 2295-2312. ISSN: 1360-063X

HANSON, S. y SCHWAB, M. (1987). Accessibility and intraurban travel. *Environment and planning A.*, 19(6), 735-748. ISSN: 1472-3409.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (2012), Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). Aguascalientes, Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

IRACHETA, A. (2009). *Políticas públicas para gobernar las metrópolis mexicanas*, México, D.F., Colegio Mexiquense: Miguel Ángel Porrúa. ISBN: 978-607-7761-04-4.

ITDP. (2012). La importancia de reducción del uso del automóvil en México. ISBN: 978-607-95960-3-3.

KOCKELMAN, K. (1996). *Travel behavior as a function of accessibility, land use mixing, and land use balance: evidence from the San Francisco Bay Area*. Tesis, Universidad de Berkley, Los Angeles.

LEVINSON, D. y KUMAR, A. (1997). Density and the Journey to Work. *Growth and Change*, 28, 147-172. ISSN: 1468-2257.

LINDÓN, A. (1997). De la expansión urbana y la periferia metropolitana. *Documentos de Investigación* [En Línea]. Disponible: <[http://estudiosmetropolitanos.xoc.uam.mx/doc\\_elec/biblioteca/expansionurbana\\_lindon.pdf](http://estudiosmetropolitanos.xoc.uam.mx/doc_elec/biblioteca/expansionurbana_lindon.pdf)>, visitado el 18/12/12.

METRÓPOLI 2025, (2006). Una visión para la zona metropolitana del Valle de México. México, D.F.: Metrópoli 2025, Centro de Estudios para la Zona Metropolitana. Disponible en línea en: [http://www.metropli.org.mx/html/areas/0/doc\\_ejecutivo.pdf](http://www.metropli.org.mx/html/areas/0/doc_ejecutivo.pdf)

MUMFORD, L. (1954). The neighborhood and the neighborhood unit. *Town planning review*, 24(4), 256-270. ISSN: 1478-341X.

RÉBORA, A. (2000). *¿Hacia un nuevo paradigma de la planificación de los asentamientos humanos?: políticas e instrumentos de suelo para un desarrollo urbano sostenible, incluyente y sustentable: el caso de la región oriente en el Valle de México*, México, M.A. Porrúa, Grupo Editorial: Universidad Nacional Autónoma de México, Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad: Colegio Mexiquense. ISBN: 970-701-059-2.

SOUTHWORTH, M. (1997). Walkable Suburbs? An Evaluation of Neotraditional Communities at the Urban Edge. *Journal of the American Planning Association.*, 63(1), 28-44. ISSN: 1939-0130

— y OWENS, P. (1993). The Evolving Metropolis: Studies of Community, Neighborhood, and Street Form at the Urban Edge. *Journal of the American Planning Association*, 59, 271-287. ISSN: 1939-0130

SUÁREZ, M. y DELGADO, J. (2009). Is Mexico City Polycentric? A Trip Attraction Capacity Approach. *Urban Studies*, 46, 2187-2211. ISSN: 1360-063X

SÁNCHEZ, G. et. al. (2003). *Planificación y urbanismo visionarios de Carlos Contreras: escritos de 1925 a 1938*, México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 970-31-0290-5

WARD, P. (2004). *México megaciudad: desarrollo y política, 1970-2002*, México, Colegio Mexiquense: Porrúa. ISBN: 970-701-447-4

ZHAO, P. y LU, B. (2011). Managing urban growth to reduce motorized travel in Beijing: one method of creating a low-carbon city. *Journal of Environmental Planning and Management*, 54, 959-977. ISSN: 1360-0559.