

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS, A.C.



IMPACTO DE LA DENSIDAD RESIDENCIAL Y LA DIVERSIDAD DE SUELOS EN EL  
CONSUMO DE GASOLINA. CASO: ZONAS METROPOLITANAS EN CRECIMIENTO  
EN MÉXICO.

TESINA

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN ECONOMÍA

PRESENTA

RAFAEL DÁVILA BUGARÍN

DIRECTOR DE LA TESINA: DR. DAVID RICARDO HERES DEL VALLE

CIUDAD DE MÉXICO

JUNIO, 2016

## **Agradecimientos**

*A Eva y Pedro por sus valiosos comentarios. A David por guiarme y ayudarme a poner palabras y matemáticas a una motivación que yo tenía por ayudar a mi ciudad. A mis roomies que fueron una familia para mí. A mis hermanas que aguantaron la distancia y el poco tiempo que compartí con ellas estos dos años y aún así siempre me apoyaron. A mis padres por su amor, su apoyo incondicional, por sus llamadas todos los días, consejos, regaños y besos. A ellos que nunca me dijeron que los límites existían y que los sueños son solo para alcanzarse. A ellos que siempre respondieron en mis momentos de flaqueza. Por último, a Miguelito y Ricardo Dávila que no dejaron que el sufrimiento bajara su amor por la bicicleta.*

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Revisión de literatura</b>	<b>5</b>
<b>3. Datos</b>	<b>10</b>
3.0.1. Unidad de Estudio . . . . .	10
3.1. Estadística Descriptiva . . . . .	13
<b>4. Modelo</b>	<b>16</b>
<b>5. Resultados</b>	<b>19</b>
5.0.1. Escenarios sobre el ahorro . . . . .	22
<b>6. Conclusiones</b>	<b>26</b>
Referencias . . . . .	28

# Índice de cuadros

3.1. Descripción de las variables . . . . .	12
3.2. Estadística ENIGH 2014 . . . . .	14
3.3. Censo Económico . . . . .	14
5.1. Regresiones de las ZZMM con densidad por ageb y mix . . . . .	20
5.2. Regresiones de las ZZMM con densidad por AGEB y mix por ZM . . . . .	23
5.3. Efectos en consumo en la media de las ZZMM con densidad por ageb y mix . .	24
5.4. Ahorro mensual . . . . .	25

# Capítulo 1

## Introducción

Sin duda, si a una persona se le preguntase si quisiera empeorar su salud, tardar más tiempo en llegar al trabajo o tener servicios vitales lejos, la respuesta sería un contundente "no". Sin embargo, a pesar de esta negativa pocas personas se interesan por revertir o prevenir esta situación. El uso desmedido del coche tiene repercusiones directas e indirectas sobre los temas mencionados: salud, eficiencia laboral y servicios. Es importante entonces investigar los factores que influyen de manera positiva o negativa en el uso del vehículo. Este trabajo medirá el efecto sobre dos de los factores que impactan el uso del coche: densidad residencial y la diversidad en el uso del suelo<sup>1</sup>. Con esto, se pretende generar una herramienta más en la creación de políticas públicas sobre los Desarrollos Orientados al Transporte (DOT) en las ciudades que más han crecido en México.

La alta producción de gases efecto invernadero (GEI) a nivel global ha generado cambios drásticos en el clima<sup>2</sup>, desde 1850 hasta la fecha las últimas tres décadas han sido las más calientes ocasionadas por un crecimiento de la población y de las economías desde la era in-

---

<sup>1</sup> Se dice que un área es más diversa en el uso del suelo si tiene una distribución similar en amenidades, servicios, fuente de trabajos y viviendas. Un área poco diversa sería una zona industrial o una en la cual sólo existan viviendas.

<sup>2</sup> Estos cambios han provocando, entre otros males, olas de calor como la sucedida en Europa en el año 2003. Gran número de muertes fueron asociados al choque más grande de calor registrados desde 1901 (Endlicher, 2006). Además, las altas temperaturas provocan sequías y propician enfermedades por interacción con insectos: mosquitos, garrapatas, etc. (Ize-Lema, 2002).

dustrial. Estos cambios tienen impactos en los ecosistemas y en los fenómenos naturales que el hombre ha presenciado con mayor frecuencia en los últimos años, inundaciones, temperaturas extremas, fuertes nevadas, entre otros (IPCC,2014). Por ello, actualmente el control y medición de los GEI han cobrado relevancia para los gobiernos en gran parte del mundo. El gobierno de México no es ajeno a esta preocupación y ha recolectado y analizado información pertinente en este tema mediante sus respectivas dependencias<sup>3</sup>. En México y en Estados Unidos (EEUU) la segunda causa más importante en la generación de GEI es el transporte (SEMARNAT, INE, 2006 : EPA, 2013).

La producción en masa del transporte motorizado<sup>4</sup> facilitó que los hogares se mudaran a los suburbios donde los terrenos suelen ser más baratos. Este fenómeno derivó en el alejamiento entre las viviendas y los sistemas de transporte e indujo a las personas a utilizar más el vehículo<sup>5</sup> (Anas, Arnott y Small, 1998). Para contrarrestar esta dispersión de las ciudades, los gobiernos han dado soluciones a corto plazo, construyendo infraestructura que favorezca el uso del automóvil y dejando a un lado transportes más amigables con el ambiente y de uso masivo. Galindo, Heres-Del-Valle y Sánchez (2005) explican como en México la creación de estas nuevas vías mejora la circulación a corto plazo pero fomenta el tráfico inducido, a largo plazo el número de viajes y el tiempo de traslado aumentan.

En la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) sólo el 29 % de las personas viven a 1km de distancia de los sistemas de transporte masivo, en tanto que ciudades como Hong Kong y Londres están en 75 % y 53 % respectivamente. Para la ciudad china, el 84 % de sus residentes se trasladan a pie, en bicicleta o en transporte público masivo (ITDP,2014). Por el contrario, en la ZMVM para el 2007 los viajes en bicicleta fueron tan solo del 0.9 %, el 21 % se

---

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Secretaría de Energía (SENER), Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

<sup>4</sup>La compañía Ford en 1913.

<sup>5</sup>El uso desmedido del automóvil no solo tiene externalidades negativas a través de los GEI, sino además fomenta el sedentarismo que puede derivar en obesidad y los problemas que esta enfermedad acarrea como los son los cardíacos (Frumkin,2002; Ewing et al.,2008 ).

realiza en automóvil particular y el 46 % en microbús y combis (ITDP, 2015). En las ciudades mexicanas en general, la mayor parte del recurso federal se ha destinado a las construcción de nuevas calles y avenidas y el mantenimiento de las mismas. En el 2012 en promedio el 22 % de los fondos federales para movilidad fue destinado a la infraestructura en transporte público y sólo el 1 % para la infraestructura para bicicleta (Moliner, 2014). Esto solo expone una mala respuesta a corto plazo por parte de los gobiernos. Actualmente cada vez más políticas se han implementado y otras más están en etapas de construcción o aprobación, principalmente para la ZMVM. No obstante, implementar políticas preventivas suele ser más costo-efectivo que un cambio radical en la infraestructura ya establecida. Por ello, surge el interés en estudiar a las ciudades en crecimiento y como la densidad residencial y el uso mixto de suelo afectan el uso del vehículo para generar una herramienta para políticas preventivas.

Es natural pensar que hay un impacto positivo de dichos factores en el uso vehicular. Es decir, a mayor densidad y mayor diversidad las personas utilizan menos el coche. Si existen amenidades a distancias cortas de los individuos, esto generará que eviten conducir además de ahorrarse los costos de utilizar el vehículo (gasolina, estacionamiento, mantenimiento, etc.). Sin embargo, no es del todo claro distinguir si esta disminución al conducir es por las preferencias de los individuos que no quieren manejar o si lo genera la densidad y la riqueza de servicios. Un individuo al cual no le guste manejar puede preferir vivir en una zona rica en amenidades y además densa, lo que le permitiría transportarse de distintas maneras como a pie o en bici. Este tipo de zonas sirven como atractores de personas con preferencias similares por transportes diferentes al automóvil y podría pensarse erróneamente que en esos fraccionamientos se conduce menos por la densidad y no por las preferencias de los individuos. Para aislar estas preferencias, los economistas han recurrido a herramientas econométricas que bajo supuestos particulares permiten cuantificar estos efectos.

Las ciudades propensas a tener un crecimiento desmedido<sup>6</sup> y están a tiempo de dar un giro

---

<sup>6</sup>Las que han presentado mayor crecimiento de 1990 a 2010 (SEDESOL, CONAPO e INEGI, 2012)

de paradigma sobre el crecimiento urbano son nuestro objeto de interés. El estudio se realizará con las zonas metropolitanas<sup>7</sup> (ZM) debido a su estructura la cual puede incluir más de un municipio. Las personas se movilizan en el total de la mancha urbana<sup>8</sup> y no solo en las municipalidades que comprenden algún estado.

Esta tesis está elaborada de la siguiente manera: capítulo 2, presenta los trabajos realizados previamente a esta tesis, capítulo 3 se describen los datos que se utilizan para las estimaciones de los modelos, capítulo 4 expone diferentes técnicas econométricas que pueden aplicarse a los datos y se desarrolla el modelo en dos partes que suponemos es el más adecuado a las características de los datos, capítulo 5 se presentan los resultados y capítulo 6 conclusiones.

---

<sup>7</sup>Para la definición y las delimitaciones véase (SEDESOL, CONAPO, INEGI, 2012)

<sup>8</sup>Entiéndase como el área geográfica urbanizada la cual se extiende hacia las zonas rurales de poca densidad poblacional.

## Capítulo 2

### Revisión de literatura

Diferentes estudios abordan los factores más relevantes que tienen incidencia sobre los kilómetros manejados (VKT por sus siglas en inglés), por ejemplo, para el caso alemán Vance y Hedel (2007) utilizan el Panel de Movilidad Alemana que contiene datos de los hogares en el periodo de 1996 a 2003. En el artículo se encuentra que el incremento en una unidad de la densidad edificada (un edificio en cualquiera de las categorías posibles, casas, negocios, oficinas, etc.) disminuye 4.3 km viajados en coche por hogar. Además, se encontró que si el tiempo que tarda una persona caminando de su hogar hacia el transporte público más cercano aumenta un minuto esto incrementa 2.56km en los viajes vehiculares. Es decir, la densidad genera un decremento en el uso del coche, por otra parte, si se vive más lejos del transporte público esto conlleva a un aumento en el uso del coche.

Posteriormente, para el caso de California, Heres-Del-Valle y Niemeier (2011) utilizan la encuesta sobre traslado de los hogares del estado en 2000-2001. Los autores utilizan variables como densidad residencial, edad, educación, tamaño del hogar e ingreso para medir el impacto de las mismas sobre VKT. En el artículo señalan que la variable más relevante fue la densidad residencial y apuntan que manteniendo todas las variables constantes el efecto marginal en el hogar promedio de incrementar un 10 % la densidad disminuirá entre 1.4 % y 1.9 % los VKT.

El impacto encontrado a pesar de ser mayor que el calculado en literatura previa, sigue siendo bajo de acuerdo a los autores. Sin embargo, Salon (2015) expone que el impacto también depende del tipo de viaje que se realice y del tipo de vecindario al que se pertenece, lo que podría aumentar los impactos encontrados en Heres y Niemeier (2011) en vecindarios específicos y menor impacto en otros.

Recientemente, para el sur de California, Dillon, Saphores y Boarnet (2015) utilizan la encuesta nacional de movilidad de los hogares del 2009 para estudiar el impacto de la forma urbana y los precios de la gasolina en el uso del vehículo. Coinciden con los estudios previos en que la forma urbana tiene un impacto directo y significativo en el uso del coche. Por otro lado, un incremento en 1 % en el precio de la gasolina disminuirá 0.17 % los viajes que no son de trabajo (los viajes que son de trabajo no se vieron afectados por los incrementos en precios). Para el caso mexicano, la ciudad de México en específico, Guerra (2014) utiliza encuestas nacionales de distintas dependencias gubernamentales y analiza la incidencia de la forma urbana en el uso de coche a través del tiempo (Encuesta Origen Destino: 1994 y 2007). Esta forma urbana se mide mediante diferentes factores como densidad poblacional, densidad de trabajos, densidad de intersección, entre otros. Guerra encuentra que sólo la densidad poblacional ha cambiado su relación con VKT, además, expone que al incluir todos los hogares, la relación de los factores con los VKT es más fuerte que el encontrado en las ciudades para EEUU y además esta relación parece irse fortaleciendo .

El aporte que tienen los trabajos mencionados anteriormente cobra relevancia al momento de exhibir cuáles son los factores de mayor impacto. En el trabajo realizado por Salon (2012) se hace un resumen de la literatura sobre factores, metodologías e impactos que tienen la forma urbana sobre el uso del vehículo. Estos trabajos se vuelven una herramienta para quienes hacen política urbana y de transporte. Mediante estos resultados se puede hacer un ejercicio de costo-impacto que facilite la toma de decisiones y derive en una política óptima para fomentar

el transporte bajo en emisiones.

Todas las investigaciones anteriores tienen su base en modelos econométricos que permiten cuantificar los impactos que los diversos factores tienen sobre VKT. Dos de los problemas más recurrentes en estos modelos econométricos son, (1) tener hogares o individuos que reporten cero kilómetros desplazados en vehículo y (2) la autoselección. Para entender mejor este concepto Boarnet y Crane (2001) explican que las personas que no desean manejar se mudan a zonas donde tengan la posibilidad de evitar conducir. Estas personas se desplazan en transporte público o por otros medios, entonces las zonas densas y diversas funcionan como un atractor de dichos individuos y este reacondo incrementa la densidad de la zona y disminuye los VKT no por la densidad como tal sino por el tipo de individuos que se autoseleccionaron en dicha zona. Entonces, si no se puede percibir estas preferencias de localización, erróneamente se podría concluir que la densidad disminuye los kilómetros manejados, cuando en verdad fue la decisión de los habitantes que decidieron mudarse por la accesibilidad al transporte público.

Diferentes técnicas se han utilizado para solventar, primero, el problema de tener muchos ceros en los datos y segundo, la autoselección. Para el problema de muchos ceros en la encuesta, existen modelos como el *Zero Inflated Poisson* (ZIP) (Lambert, 1992) el cual tiene un supuesto muy fuerte. El modelo supone que el valor esperado de los datos y su varianza son iguales. Un modelo similar al anterior es el *Zero Inflated Negative Binomial* (ZINB) adaptado por Greene (1994). Ambos modelos evitan la mala identificación de sobredispersión ocasionada por la gran frecuencia de ceros. Existe también el modelo Tobit propuesto por Tobin (1958) en los cuales se tiene una variable latente, las preferencias por conducir por ejemplo, nosotros sólo observamos si se conduce o no. Dentro de las personas que no conducen existen unas más cerca de conducir que otras pero esto no es observable, por tanto, se descompone el valor esperado en la probabilidad de conducir primero y posteriormente se busca el valor esperado de conducir dado que ya se conduce. Otro modelo que resuelve dicho problema es el modelo en dos partes, que consiste

primero estimar un modelo logit o probit el cual determina la probabilidad de utilizar o no el automóvil. Posteriormente se realiza otro modelo, normalmente mínimos cuadrados ordinarios, sujeto a que el coche sí fue utilizado. La diferencia entre un modelo de dos artes (o modelos Hurdle) es que las especificaciones de la primera y segunda etapa no tiene porque ser iguales, en el modelo Tobit<sup>1</sup> sí lo son.

Para la autoselección, Dillon et al (2015) utilizan un modelo de ecuaciones estructurales simultaneas (SEM por sus siglas en inglés). En este modelo se especifican ecuaciones donde la forma urbana, la eficiencia en la quema de combustible y VKT por hogar se determinan simultáneamente. Estos modelos permiten corregir la autoselección por lo que su uso es común en estudios que relacionan el uso del vehículo y la pertenencia del mismo. Otra metodología que permite corregir dicho problema es presentada por Salon (2015). La autora se basa en el modelo de Dubin y McFadden (1984) en el cual primero se realiza un modelo logit multinomial donde la variable dependiente es el tipo de vecindario, este primer paso es el que controla la autoselección<sup>2</sup>, posteriormente se realiza un modelo con VKT como variable dependiente que incluye las variables de selección, es decir, las variables que controlan las preferencias de localización. Otro modelo que es recurrente para el mismo problema es el de variables instrumentales (IV por sus siglas en inglés), este modelo nos permite aislar los efectos de variables que no son observables por el investigador (las preferencias en este caso) de las variables que sí son observables. Como ejemplo Vance et al (2007) utilizan como instrumentos el porcentaje de edificios construidos antes de 1945, porcentaje de residentes mayores a 65 años, porcentaje de residentes extranjeros, entre otros. La idea es que los instrumentos tengan efecto directo en como eligen el lugar donde viven más no en cuanto es lo que manejan.

Por último tenemos el modelo que resuelve ambos problemas, el modelo en dos partes con IV (2PM con IV) utilizado ya en Vance (2007) y también en Heres-Del-Valle et al (2011). En este último artículo se utiliza el modelo modificado sugerido en Mullahy's (1998). Por el tipo

---

<sup>1</sup>También está el modelo Heckman una generalización del modelo Tobit.

<sup>2</sup>Se crean variables de selección derivada de los resultados del logit multinomial.

de datos del que se dispondrán, se considera seguir a Heres-Del-Valle et al (2011) para nuestro trabajo.

Este trabajo pretende contribuir en dos aristas al cuerpo de estudios sobre las características urbanas y su relación con el uso del automóvil. Primero, tener evidencia para las ciudades que más han crecido en México, hasta donde se ha investigado no hay literatura reciente sobre México en regiones distintas a la capital. Segundo, controlar la autoselección. Como se mencionó anteriormente, existen trabajos como el de Guerra (2014) que sí hace un análisis para México pero no controla por autoselección, posteriormente Guerra (2015) analiza el impacto del tipo de residencia en el uso del vehículo, esta vez controlando por autoselección enfocándose sólo en la Ciudad de México. De este modo, la herramienta para las decisiones sobre las políticas urbanas y de transporte que pretendemos desarrollar, tiene un enfoque preventivo al aplicarse a las ciudades que más están creciendo. Como se expone en Gomez-Ibanez et al (2009) las políticas remediales pueden tener costos muy elevados, por ello el interés en zonas metropolitanas que puedan evitar un crecimiento desmedido, con consecuencias que actualmente se viven en la Ciudad de México, creemos es de vital interés.

# Capítulo 3

## Datos

### 3.0.1. Unidad de Estudio

El estudio se realizará con los hogares de las ZZMM que tengan el mayor crecimiento poblacional de 1990 a 2010, se escogen dichas zonas por la oportunidad que ofrecen para fomentar un desarrollo urbano orientado al transporte bajo en emisiones (DOT). Las categorías elegidas son las ZZMM entre 500 mil a 999,999 habitantes y de un millón a 4,999,999 habitantes. Dichas categorías tuvieron un crecimiento anual medio de 2.8 % y 2.7 % en la primer década (1990-2000) respectivamente y un crecimiento de 2 % para la segunda década (SEDESOL, 2012), en ambas categorías siendo las de mayor crecimiento nacional. Son un total de 29 zonas metropolitanas para las cuales se evaluará el impacto de manera conjunta.

Para realizar el trabajo econométrico se usarán las siguientes bases:

- **Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2010)<sup>1</sup>**: Este censo se realizó del 31 de mayo al 25 de junio, su objetivo es recabar las características principales demográficas y socioeconómicas de los hogares, características individuales y sobre el hogar. La cobertura es nacional y llega hasta las localidades con 50 mil o más habitantes. Los principales resultados se pueden obtener a un nivel de agregación de las áreas geoestadísticas básicas

---

<sup>1</sup><http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>

(AGEB) y manzanas urbanas, 56 195 y más de un millón respectivamente.

- **Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares (ENIGH, 2014)<sup>2</sup>:** esta encuesta se realiza con una periodicidad de dos años (salvo 2005) ofrece características sociodemográficas y el comportamiento de los hogares respecto a su ingreso y su gasto. Además, se exponen características de la vivienda<sup>3</sup>. El alcance es nacional cubriendo localidades urbanas con más de 2500 habitantes y localidades rurales con menos de 2500. En esta encuesta, en el apartado 1.4 COMUNICACIONES Y SERVICIOS PARA VEHICULOS, con el código F007, F008 y F009 se presenta el consumo de gasolina<sup>4</sup> Magna, gasolina Premium y Diesel-gas, respectivamente. Se pregunta al encuestado, cuánto se compró, la forma como se pagó, dónde lo compró y su consumo de estos bienes el mes anterior. Estas variables nos permitirán construir nuestra variable dependiente en nuestro modelo. En la investigación de Crotte, Noland y Graham (2010) podemos ver un ejemplo de las complicaciones que los datos sobre el consumo de gasolina y kilómetros recorridos por coche tienen. Debido a la falta de información sobre la demanda de gasolina para la ciudad de México los autores calculan, primero, la demanda nacional y luego, mediante una técnica utilizada en un trabajo previo estiman la demanda para la Ciudad de México<sup>5</sup>. El consumo a su vez es estimado, utilizando el kilometraje y la eficiencia vehicular reportada para los automoviles de EEUU, asumen que la eficiencia es la misma para los autos en México. Posteriormente, se recaba el kilometraje de los vehículos en los centros de verificación del país y se elimina aquellos que reportaron kilometraje menor que sus verificaciones pasadas<sup>6</sup>. Por los problemas descritos anteriormente, se considera que la información ofrecida por la ENIGH es la más plausible para nuestro análisis a pesar de no tener representatividad nacional.

- **Censo Económico (INEGI,2014):** Recoge la información económica de todos los secto-

---

<sup>2</sup><http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/hogares/regulares/enigh/enigh2014/n>

<sup>3</sup>Hogar es el grupo de personas que viven en una vivienda, puede haber más de un hogar en una vivienda.

<sup>4</sup>En pesos, para transformar a gasolina sólo se dividió entre el precio de gasolina por litro en el año en cuestión.

<sup>5</sup>La inferencia genera cierto ruido al momento de desagregar la información de nacional a zonas específicas.

<sup>6</sup>En México es común alterar el kilometraje de los vehículos para no disminuir su costo al momento de la reventa.

Cuadro 3.1: Descripción de las variables

<b>Variable</b>	<b>Fuente</b>	<b>Construida</b>	<b>Definición</b>
Consumo	ENIGH	Sí	litros
Densidad	CPV 09	Sí	Viviendas por AGEB
Den. Parejas	CPV 09	Sí	Parejas por AGEB
Prop. < 40	CPV 09	Sí	Proporción de edificios con antigüedad menor a 40 años
MIX	CE 14	Sí	Ver la definición en la estadística descriptiva
Vehículos	ENIGH 14	No	No. de vehiculos por hogar
Ingreso	ENIGH 14	No	Ingreso promedio de los últimos tres meses
Edad	ENIGH 14	No	Edad del jefe del hogar
Perciben ocupados	ENIGH 14	No	Personas que están ocupadas y perciben un salario
Menores	ENIGH 14	No	No. de menores en el hogar
65 o más	ENIGH 14	No	No. de personas mayores de 65
Bcicis	ENIGH 14	No	No. de bicis en el hogar

CPV: Censo de Población y Vivienda 2009, CE 14: Censo Económico 2014

res salvo el primario (agricultura y pesca) en el 2013. Recaba datos tanto del sector privado como el público teniendo un resumen global de la economía. La cobertura es nacional con un alcance a unidad económica (empresa) que puede ser uni o multiestablecimiento. Por cuestiones de confidencialidad los datos a nivel AGEB que INEGI pudo facilitar<sup>7</sup> para la elaboración de esta tesis fueron total de trabajadores y Unidades Económicas separado en cuatro grandes bloques, manufactura, comercio, servicios y agrupados.

Las variables a utilizar para el modelo siguen a Heres y Niemeier (2011) utilizando las que estén disponibles para México por hogar o vivienda y una variable a la que no se le ha dado importancia en trabajos previos, número de bicis en el hogar. Además se incluyen las variables de interés a nivel AGEB: densidad residencial, uso mixto de suelo, número de trabajadores y unidades económicas.

En el cuadro 3.1 podemos observar la descripción de las variables utilizadas en la regresión con su respectiva descripción.

Buscamos especificar entonces un modelo del tipo siguiente:

<sup>7</sup>Este tipo de bases no es de acceso público, sólo por solicitud.

$$\text{Consumo} = \beta_0 + \beta_1 \text{densidad} + \beta_2 \text{MIX} + \gamma X + \epsilon \quad (3.1)$$

El modelo anterior busca encontrar los efectos de la *densidad* y el uso mixto de suelos (*MIX*) en el consumo de gasolina medido en litros controlando por las características  $X$  que son observables. A pesar de esto, la especificación tiene un problema de endogeneidad. La endogeneidad se da entre otras razones porque existe una variable omitida, en este caso las preferencias de los conductores, que esta recogida en el termino del error  $\epsilon$  y que tiene una correlación con las variables *MIX* y *densidad*. Por ello se recurre a instrumentos que permitan aislar estas relaciones. La variable de densidad residencial, siguiendo a Heres y Niemeier (2011), será instrumentada por densidad familiar, medido como porcentaje de hogares que viven en matrimonio o unión libre con su pareja<sup>8</sup> y a diferencia del trabajo mencionado el instrumento de porcentaje de edificios viejos será cambiado por el porcentaje de edificios nuevos. Debido a que estamos analizando el impacto en las ciudades que más están creciendo existe una relación estrecha entre el crecimiento y la nueva creación de viviendas.

### 3.1. Estadística Descriptiva

En la Cuadro 3.1 se puede apreciar las variables recogidas por la ENIGH 2014 que son utilizadas en la regresiones de este estudio. Como principales variables explicativas utilizaremos la densidad residencial (ratio de viviendas por AGEB) y el índice de diversidad de suelo (o *MIX*). Este índice es retomado de Salon (2015) el cual a su vez es una modificación del Índice de diversidad de Shannon<sup>9</sup> que se calcula de la siguiente manera:

$$\text{MIX} = \left| \frac{\sum_{i=1}^N p_i \ln(p_i)}{\ln(N)} \right| \quad (3.2)$$

<sup>8</sup>En la ENIGH existe la variable de tipo de hogar, no obstante se decidió mejor utilizar la variable de parejas proporcionada por el Censo de Población y Vivienda (2009)

<sup>9</sup>(Shannon y Weaver, 1949)

Cuadro 3.2: Estadística ENIGH 2014

Variable	Media		Media	
	Nacional	Desv. Est	ZZMM	Desv. Est.
Densidad	5000.372	(3886.587)	5837.088	(3582.44)
Índice de diversidad de suelos	0.1385	(0.114)	0.1328	(0.1016)
Ingreso medio	12650.526	(20515.424)	14045.675	(23658.287)
bicicletas en el hogar	0.195	(0.517)	0.147	(0.458)
Vehiculos en el hogar	0.698	(0.9)	0.754	(0.904)
Litros/mes	49.055	(84.757)	57.648	(93.367)
ocupados/AGEB	316.102	(385.5)	357.907	(399.958)
Edad del jefe de familia	48.428	(15.394)	47.684	(15.077)
Educación del jefe del hogar	5.974	(2.611)	6.359	(2.54)
personas65	0.262	(0.561)	0.241	(0.546)
Perceptores	1.62	(1.027)	1.62	(1.015)
menores	0.792	(1.014)	0.772	(1.01)
Consumo	0.455	(0.498)	0.489	(0.5)
N=14,338 n=5,478				

Cuadro 3.3: Censo Económico

Unidades económicas	P. razón social total (No. personas)	P. ocupado	P. remunerado	Total de Remunerados
4,230,745	17,998,111	21,576,358	12,197,140	5,800,971
Nacional				

Donde  $N$  es el número de posibilidades, en este caso 5, viviendas o unidades de los 4 grandes grupos económicos: servicios, manufactura, comercio y agrupados por confidencialidad. La variable  $p$  es la proporción de la categoría. Se observa también en el cuadro anterior una densidad mayor en las ZZMM que en el total del país. Un ingreso por hogar mayor por parte de las ZZMM, así como un mayor nivel educativo<sup>10</sup>, más consumo de gasolina relacionado con mayor número de vehículos en el hogar. La diversidad de suelo no cambia en promedio pero sí la densidad de trabajadores. En promedio el jefe de familia a nivel nacional es poco más de un año mayor que en las ZZMM lo que puede estar relacionado con el flujo de jóvenes-adultos hacia las ciudades en busca de mejores oportunidades. Se tiene un total de 5,478 hogares para los cuales se hace el análisis.

<sup>10</sup>1 significa sin instrucción, 2 preescolar, 3 primaria incompleta (in), 4 primaria, 5 secundaria (in), 6 secundaria, 7 preparatoria (in), 8 preparatoria, 9 profesional (in), 10 profesional, 11 posgrado.

En el cuadro 3.2 tenemos los datos proporcionados por INEGI para los cuatro grandes sectores, comercio, servicios, manufactura y agrupados por confidencialidad. Estos datos no permiten tener un índice de diversidad de suelos más desagregado, sin embargo puede ser referencia en la dirección de los efectos que este factor pueda tener sobre el consumo de gasolina.

# Capítulo 4

## Modelo

Debido al sesgo en los estimadores que resultan de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS por sus siglas en inglés) cuando las variables dependientes truncadas (Wooldridge, 2001) surgen los modelos Tobit, Heckit y en dos partes (2PM por sus siglas en inglés), entre otros. El modelo Heckit se deriva como una modificación del modelo Tobit (o de Muestra Seleccionada), exponiendo una posible omisión de variable<sup>1</sup> que volvería los estimadores Tobit sesgados( Verbeek, 2004). Por otra parte, el Modelo en Dos Partes presenta una ventaja que es de nuestro interés ante el modelo Heckit<sup>2</sup>. Un impedimento para el modelo Heckit se da cuando hay alta multicolinealidad con el Ratio de Mills y las variables independientes. Otra ventaja (o desventaja del modelo Heckit) es que 2PM trata la variable dependiente como valores reales, no supone que es una respuesta a una variable latente no observada (Vence y Hedel, 2007).

El 2PM se descompone de la siguiente manera:

$$E[y|x] = Pr(y > 0|x) \times E[y|y > 0, x] \quad (4.1)$$

---

<sup>1</sup>El ratio de Mills.

<sup>2</sup>Ante el modelo Tobit, 2PM tiene la ventaja de no restringir la probabilidad de participación y la cantidad de utilización a tener las mismas variables deterministas.

Denotaremos con  $\pi(x; \alpha)$  a  $Pr(y > 0|x)$ <sup>3</sup> donde  $\alpha$  es el parámetro a estimar de este modelo y  $x$  son las variables observables, usualmente se realiza una log-transformación para calcular la segunda parte:

$$\ln(y) = \ln(\mu(x; \beta)) + \epsilon \quad (4.2)$$

En este modelo especifica  $\ln(\mu(x; \beta)) = x\beta$  donde  $\mu$  es alguna transformación (exponencial comúnmente) y  $\beta$  son los parámetros a estimar de la segunda parte. Se especifica así la esperanza de los errores condicionada a valores positivos sea cero. Lo anterior implica que:

$$E[\ln(y)|y > 0, x] = x\beta \quad (4.3)$$

Mullahy (1998) señala que lo anterior no es necesariamente cierto y que además los efectos marginales ( $\delta(x)$ ) y las elasticidades  $\eta(x)$  pueden estar sesgados. Para demostrar lo primero,  $E[y|x]$  se puede descomponer como  $E[y|x] = \pi(x) \times E[y|y > 0, x] = \pi(x) \times \{\mu(x) \times E[\exp(\epsilon)|y > 0, x]\}$  denotando  $E[\exp(\epsilon)|y > 0, x] = \rho(x)$ , (4.1) se reescribe como:

$$E[y|x] = \pi(x) \times E[y|y > 0, x] = \pi(x) \times \{\mu(x) \times \rho(x)\} \quad (4.4)$$

El último término de la ecuación anterior es la transformación inversa del error y la estructura de esta función  $\rho(\cdot)$  es importante. La Ecuación (4.4) muestra que si  $\rho(x) \neq 1$  entonces  $E[y|y > 0, x] = \mu(x)$  no es necesariamente cierto<sup>4</sup>. Entonces la ecuación (4.2) y la primer parte del modelo (el modelo Probit) no permiten transformar de manera inversa la log-transformación a la esperanza  $E[y|y > 0, x]$ <sup>5</sup> y por tanto no es posible volver a  $E[y|x]$ . Para las estimaciones de los efectos marginales y las elasticidades, en el mismo trabajo Mullahy muestra que ignorar la estructura de  $\rho(x)$  puede sesgar estos estimadores, inclusive si se utiliza el estimador de *smearing*<sup>6</sup>. Por las problemáticas explicadas anteriormente el autor propone un 2PM Modificado

<sup>3</sup>Normalmente estimada mediante modelo Probit.

<sup>4</sup>Violando la primer especificación  $\ln(\mu(x; \beta)) = x\beta$

<sup>5</sup>Por la desigualdad de Jensen tenemos  $E[\exp(\ln(y))|y > 0, x] > \exp(E[\ln(y)|y > 0, x]) = \mu(x)$

<sup>6</sup>Para mayor detalle véase (Mullahy, 1998).

(M2PM). La modificación se hace en la ecuación (4.3) teniendo así:

$$E[y|y > 0, x] = \exp(x\beta_M) \quad (4.5)$$

Este cambio<sup>7</sup> permite regresar a la forma original de  $E[y|x]$  denotada como  $\Psi_M(x, \theta_M)$  con  $\theta_M = [\alpha \beta_M]$ . A diferencia de la ecuación (4)  $\Psi_M(x, \theta_M)$  se descompone solo en dos factores. Lo que permite una estimación de los efectos marginales  $\delta(x_j)$  y de las elasticidades  $\eta_j(x)$  más directo. Siguiendo el desarrollo de Heres y Neimeier (2011) el modelo puede verse como:

$$E[y|x] = \Psi_M(x, \theta_M) = Pr(x\alpha)\exp(x\beta_M) \quad (4.6)$$

El efecto marginal de la variable  $x_j$  es la derivada parcial de  $E[y|x]$  por lo que se puede estimar de la siguiente manera:

$$\frac{\partial E[y|x]}{\partial x_j} = \alpha_j \pi(x\alpha) \exp(x\beta) + \beta_j \frac{\partial \pi(x\alpha)}{\partial x_j} \exp(x\beta) \quad (4.7)$$

Del mismo modo la elasticidad de  $y$  respecto de  $x_j$  se calcula como:

$$\frac{\partial E[y|x]}{\partial x_j} \times \frac{x_j}{E[y|x]} = \left( \beta_j + \alpha_j \frac{\partial \pi(x\alpha) / \partial x_j}{\pi(x\alpha)} \right) \quad (4.8)$$

Es importante notar que la implementación del M2PM no excluye la posibilidad de utilizar IV, por lo que M2PMIV es un modelo que permite corregir los siguientes problemas: 1) autoselección y 2) tener una proporción mayor de ceros, tomar el cero como valor y no como respuesta de variable censurada y también evita el problema de posibles sesgos en los efectos marginales y las elasticidades.

---

<sup>7</sup>Conocido como Media Exponencial condicionada (ECM por sus siglas en inglés).

# Capítulo 5

## Resultados

En la Cuadro 5.1 se utilizan cinco modelos distintos de los cuales sólo el primero no controla el hecho de tener en la muestra casi la mitad de observaciones con cero consumo de gasolina. Se puede ver que, salvo el modelo Tobit, existe un efecto negativo de la densidad residencial en el consumo de gasolina, además la variable *mix* no presenta impacto significativo salvo en los modelos Tobit y OLS. Se puede ver la significancia de otros controles y en particular vemos que el uso de la bicicleta es significativo en todos los modelos.

Cuadro 5.1: Regresiones de las ZZMM con densidad por ageb y mix

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	OLS	Tobit	Heckit	ZIPoisson	ZIBN	2PM
Densidad	-0.000560** (-2.00)	-0.000146 (-0.29)	-0.00105* (-1.93)	-0.0000249*** (-45.31)	-0.0000103** (-2.54)	-0.00000928* (-1.79)
Mix	-33.69** (-2.06)	-69.04*** (-3.04)	-18.18 (-0.78)	-0.0264 (-1.52)	-0.201 (-1.20)	-0.175 (-0.71)
Vehículo	58.95*** (13.98)	113.8*** (52.04)	32.91*** (14.18)			
Ingreso medio	0.000679 (1.32)	0.000578*** (8.55)	0.000416*** (6.31)	0.00000184*** (104.88)	0.0000189*** (20.06)	0.00000626*** (14.76)
Edad del jefe del hogar	-0.103 (-1.44)	-0.223 (-1.39)	-0.238 (-1.35)	0.000824*** (4.77)	-0.00109 (-0.82)	0.00109 (0.69)
Perceptores de ingreso ocupados	1.284 (0.76)	2.971* (1.68)	2.181 (1.16)	0.0791*** (45.41)	0.0267* (1.90)	-0.0654*** (-3.09)
Integrantes menores	-2.216** (-2.36)	-2.123 (-1.15)	-3.984** (-2.02)	-0.0647*** (-32.57)	-0.0319** (-2.23)	0.000780 (0.04)
Integrantes de 65 años y mas	-3.068 (-1.43)	-6.291 (-1.49)	-3.793 (-0.85)	-0.0919*** (-20.57)	-0.0583* (-1.78)	-0.0770* (-1.80)
Número de bicicletas del hogar	-9.971*** (-5.46)	-18.83*** (-4.73)	-10.05** (-2.40)	-0.230*** (-46.06)	-0.161*** (-5.19)	-0.0891** (-2.17)
N	5478	5478	5478	5478	5478	5478

estadístico  $t$  en paréntesis: \*  $p < 0,1$ , \*\*  $p < 0,05$ , \*\*\*  $p < 0,01$

No obstante, anteriormente se habló de problemas de endogeneidad, es decir, de variables no observables que generan una correlación entre la variable independiente y el error. En nuestro modelo estaríamos sobre estimando el efecto al decir que toda la disminución del consumo se da por la diversidad y/o la densidad y sin considerar la autoselección. Para erradicar este problema se utiliza IV. La idea principal es buscar variables que impacten la decisión de donde vivir (un lugar denso y diverso) y que no afecten directamente cuanto se va a conducir.

En la literatura existente para EEUU un instrumento que ha sido utilizado en más de un trabajo es la proporción de edificios mayores a 45 años, y siguiente a Heres y Niemier (2011) densidad de familias en la población como se mencionó anteriormente. Este primer instrumento está relacionado con la re-densificación que se ha dado en las ciudades americanas como la de Nueva York donde se densificó el centro, algo similar ha ocurrido en la Ciudad de México en colonias como la Roma y la Condesa. Sin embargo, al estar analizando ciudades en crecimiento se consideró más oportuno instrumentar con porcentaje de viviendas menores a 40 años justificado por las preferencias sobre viviendas nuevas que tienen los consumidores en las ZZMM analizadas. Si instrumentamos la densidad residencial, se controla la endogeneidad en dicha variable, a pesar de esto, las preferencias por vivir en un lugar cerca de centros de trabajo, comercios y servicios tampoco puede ser observada directamente. Es decir, también se presenta endogeneidad en el índice de MIX. Para evitar que MIX este correlacionada con el error se hará un cambio a MIX por ZM de esta manera veremos el efecto de que tan diversa es la ciudad donde se vive y no el AGEB. La lógica de este cambio supone que uno no se saldrá de la ZM para trabajar o estudiar, pero esto sí afecta el consumo de la gasolina debido a que un aumento en la diversidad de suelo aumenta la probabilidad de encontrar con el servicio deseado de manera más rápida. Por ello en el Cuadro 5.2 observamos cuatro modelos que controlan por IV y utilizan la variable MIX por ZM, el primer modelo es un IV normal, el segundo es un IV Tobit, el tercero es un IV Poisson <sup>1</sup> y por último tenemos el modelo IVM2PM que solventa tanto el problema de endogeneidad como el problema de muchos ceros. Para tener un análisis más robusto se uti-

---

<sup>1</sup>Para evitar el problema de muchos ceros sólo se estima para la población que conduce.

liza otro instrumento ya mencionado que sugieren también Heres y Niemier (2011) que es el porcentaje de familias en la zona, en nuestro caso los AGEBS. Utilizamos un proxy que será la densidad de parejas, este instrumento se justifica por las preferencias que se tienen al momento de querer vivir en una zona con hogares similares al de uno, estar con parejas jóvenes, sin hijos, o bien buscar zonas residenciales donde se buscan amenidades para la familia, por ejemplo, recreación, seguridad, tranquilidad, etc. Características muy distintas a zonas estudiantiles o de jóvenes que por lo general comparten una renta y las amenidades circundantes son de otro tipo. Es por ello que se considera relevante el instrumento. Existe una correlación entre la densidad de viviendas y la densidad de parejas del 0.91. El instrumento de la antigüedad no tiene una correlación fuerte con densidad, sin embargo en conjunto, ambos instrumentos pasan la prueba de sobreidentificación al 95 % de confianza<sup>2</sup>.

Podemos observar impactos significativos para todos los modelos salvo el modelo Tobit. Al momento de controlar por los problemas que se mencionaron anteriormente vemos que los efectos son mayores que al momento de no controlar la endogeneidad o el problema sobre el tipo de muestra. Lo que indica que la densidad residencial sí reduce la cantidad de litros que se consumen al mes y por tanto, la cantidad de kilómetros que se maneja.

### 5.0.1. Escenarios sobre el ahorro

Para tener mejor referencia sobre los impactos que se puede generar, se calcula los efectos marginales a partir de la media la cual vemos en el Cuadro 5.3.

Aproximadamente la media nacional de viviendas por AGEB es de cinco mil, se hace entonces un ejercicio de comparación de agregar 100 viviendas cada vez, es decir, cinco edificios de diez pisos con 20 viviendas o un total de  $1000m^2$  de construcción si suponemos el área del edificio en  $200m^2$  ( $100m^2$  por cada departamento). Añadir un total de 10 edificios en las condiciones mencionadas (aumentar 8 % la densidad promedio) generaría para el modelo OLS una disminución de 0.11 litros por hogar por mes (lthm), el ZI-Poisson 0.12 lthm y para el modelo

---

<sup>2</sup>En la variable densidad se corrobora la endogeneidad mediante la prueba Durbin Wu Hausman.

Cuadro 5.2: Regresiones de las ZZMM con densidad por AGEB y mix por ZM

	(1) OLS IV	(2) IV Tobit	(3) IV Poisson	(4) M2PMIV
Densidad	-0.000781** (-2.57)	-0.000583 (-0.91)	-0.0000222*** (-3.89)	-0.00269*** (-3.69)
Mix_zm	-58.64** (-2.27)	-110.5** (-2.26)	-0.590 (-1.40)	-59.89*** (-2.90)
Vehículo	58.85*** (13.90)	113.7*** (16.17)	0.253*** (10.36)	
Ingreso medio	0.000674 (1.30)	0.000567 (0.99)	0.000000918 (1.49)	0.000649 (1.03)
Edad del jefe del hogar	-0.107 (-1.49)	-0.231 (-1.56)	-0.000859 (-0.61)	0.187 (1.43)
Perceptores de ingreso ocupados	1.411 (0.83)	3.199 (1.35)	0.0564*** (3.48)	8.948*** (3.05)
Integrantes menores	-2.243** (-2.38)	-2.232 (-1.25)	-0.0498*** (-2.87)	-4.551* (-2.53)
65 años y más	-3.431 (-1.59)	-7.120* (-1.68)	-0.0765** (-2.07)	-10.45** (-2.56)
No. de bicis	-10.01*** (-5.39)	-18.95*** (-4.59)	-0.208*** (-5.27)	-21.36*** (-4.32)
N	5478	5478	2680	5478

Estadístico  $t$  en paréntesis.

\*  $p < 0,1$ , \*\*  $p < 0,05$ , \*\*\*  $p < 0,01$

Cuadro 5.3: Efectos en consumo en la media de las ZZMM con densidad por ageb y mix

	(1)	(2)	(3)	(4)
	OLS	ZIPoisson	ZIBN	2PM
5,000 viviendas	58.12*** (59.31)	68.45*** (49.39)	59.85*** (38.70)	59.82*** (28.75)
100 viviendas adicionales a la media	58.06*** (59.72)	68.29*** (49.39)	59.79*** (38.78)	59.65*** (28.98)
200 viviendas adicionales a la media	58.01*** (60.08)	68.12*** (49.39)	59.73*** (38.84)	59.48*** (29.21)
N	5478	5478	5478	5478

estadístico  $t$  en paréntesis\*  $p < 0,1$ , \*\*  $p < 0,05$ , \*\*\*  $p < 0,01$ 

en dos partes 0.34 lthm manteniendo todas las demás variables constantes. Un litro de gasolina equivale a 2.3kg de  $CO_2$ , en nuestra situación más pesimista fue de 0.1 litros la reducción en consumo lo que equivale a 230 gramos de disminución en  $CO_2$  por hogar. En México para el 2009 había un total de 12,514,002 viviendas en las ZZMM que se estudian sin incluir la ZMVM. Es decir, al mes se estarían reduciendo 2,9 toneladas de  $CO_2$  con un incremento de 10 edificios por AGEB que en promedio sólo es el 0.3 % de la superficie de una AGEB promedio.

Es importante aclarar, que ni la ENIGH ni los análisis son generalizables dada la falta de representatividad de la muestra a un nivel inferior al estatal. Sin embargo, ofrecen un panorama sobre los impactos que tendría una densificación mayor de las ciudades. Para esclarecer los impactos que esto puede generar, el cuadro 5.4 muestra tres escenarios DF, Nuevo León y Zacatecas. Se utilizan estas ciudades porque DF presenta la velocidad promedio menor según el REPORTE NACIONAL DE MOVILIDAD URBANA EN MÉXICO 2014-2015 y además brinda información para Nuevo León, por otro lado de IMCO<sup>3</sup> se obtiene el estado con el tránsito más rápido, Zacatecas.

Este breve análisis se hace bajo el supuesto de que los individuos siguen conduciendo y no cambian el modo de transportarse. Si se utiliza rendimiento promedio de un auto compacto de

<sup>3</sup>Base de datos OMENT 2015.

Cuadro 5.4: Ahorro mensual

Estado	Vel. (km/h)	vehiculos por hogar	viviendas por estado	Ingreso medio/hr	Ahorro IV .15 lts	Ahorro IVP .5 lts	Ahorro medio por estado
Mty	25	0.8	2,838,166	34.21	4.88	16.28	24,032,622.44
DF	11	0.59	5,465,770	33.94	11.01	36.71	76,963,150.11
Zac	53	0.79	595,140	23.78	1.60	5.33	1,631,708.33

23.8 km/l<sup>4</sup>, nos permite calcular las horas que se pierden al conducir una vez que se tiene la velocidad promedio por estado. Vemos en el cuadro anterior como incrementar en 200 viviendas por AGEB para el DF ahorraría a cada hogar 36 pesos al mes, cifra que no parece significativa. Pero llevando el cálculo a nivel DF el ahorro sería de casi 77 millones de pesos. Ambas cifras son mayores al utilizar los parametros estimados por el M2PMIV donde el cambio de 200 viviendas más generó un ahorro de 0.54 litros por hogar un poco mayor al modelo Poisson con IV lo que genera un mayor ahorro. Otros estudios han hecho este análisis costo beneficio enfocados principalmente a una mejora en la calidad del aire, disminuyendo la mortalidad infantil, problemas respiratorios, etc.<sup>5</sup>

<sup>4</sup><http://www.ecovehiculos.gob.mx/>

<sup>5</sup>Véase (Davis,2008).

# Capítulo 6

## Conclusiones

Tanto los modelos presentados anteriormente, como la base ENIGH tienen sus limitaciones por lo que dar conclusiones que involucren a todo el país o inclusive a las ciudades analizadas es muy atrevido. A pesar de ello, los modelos econométricos sirven como una herramienta para explorar los efectos que, en este caso, tiene la densidad residencial y la diversidad en uso del suelo en el consumo de gasolina. Los impactos para MIX tienen una dificultad mayor de interpretación no obstante es permisible ver la dirección del efecto el cual suponemos cobraría más relevancia al tener una desagregación de las unidades económicas más específica, empero, podemos ver impactos negativos en el consumo de la gasolina. Se encontró que bajo diferentes perspectivas sí hay un efecto de disminuir el consumo de gasolina al aumentar la densidad residencial. Al controlar por autoselección en algunos modelos este efecto tuvo una mayor magnitud. La distribución de los datos en la encuesta tiene un rol importante al momento de buscar la especificación que más se adecue, por lo que se controló también por esta característica de la muestra. Se realizó además un análisis hipotético en el cual se ven los beneficios económicos que podrían generarse permitiendo así tener un herramental extra para realizar políticas urbanas y de transporte. Se encuentra que, corrigiendo por los problemas mencionados, sí hay impactos significativos para las ciudades que están creciendo en México. Estos resultados invitan a un replantamiento sobre las políticas que se utilizan al momento de planificar y construir las

ciudades. Motivar un crecimiento vertical y no horizontal de las ciudades, que densifique las mismas ciudades y además facilite la implementación del transporte público y no motorizado. Estos cambios remediales pueden evitar que las ciudades en crecimiento sufran de las contingencias y todos sus problemas que hoy en día se viven en la capital del país . Estas acciones preventivas suponen menores costos que las medidas de avatimiento que se realizan por lo que se consideran óptimas al momento de analizar la costo efectividad de las políticas.

## Referencias

- Adopted, I. (2014). "Climate change 2014 synthesis report."
- Anas, A., Arnott, R., y Small, K. A. (1998). "Urban spatial structure." *Journal of economic literature*, 36(3), 1426–1464.
- Boarnet, M. G., y Crane, R. (2001). *Travel by design the influence of urban form on travel*.
- Davis, L. W. (2008). "The effect of driving restrictions on air quality in Mexico City." *Journal of Political Economy*, 116(1), 38–81.
- Dillon, H. S., Saphores, J.-D., y Boarnet, M. G. (2015). "The impact of urban form and gasoline prices on vehicle usage: Evidence from the 2009 national household travel survey." *Research in Transportation Economics*, 52, 23–33.
- Dubin, J. A., y McFadden, D. L. (1984). "An econometric analysis of residential electric appliance holdings and consumption." *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 345–362.
- Endlicher, W., Jendritzky, G., Fischer, J., y Redlich, J.-P. (2008). "Heat waves, urban climate and human health." En *Urban ecology* (pp. 269–278). Springer.
- Environmental Protection Agency. (2015). *Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990-2013*. Descargado de <http://www3.epa.gov/climatechange/Downloads/ghgemissions/US-GHG-Inventory-2015-Main-Text.pdf>
- Ewing, R., Schmid, T., Killingsworth, R., Zlot, A., y Raudenbush, S. (2008). "Relationship between urban sprawl and physical activity, obesity, and morbidity." En *Urban ecology* (pp. 567–582). Springer.
- Frumkin, H. (2002). "Urban sprawl and public health." *Public health reports*, 117(3), 201.
- Galindo, L. M., Heres, D. R., y Sánchez, L. (2006). "Tráfico inducido en México: contribuciones al debate e implicaciones de política pública." *Estudios demográficos y urbanos*, 123–157.
- Gomez-Ibanez, D. J., Boarnet, M. G., Brake, D. R., Cervero, R. B., Cotugno, A., Downs, A., ... others (2009). *Driving and the built environment: The effects of compact develop-*

- ment on motorized travel, energy use, and co2 emissions* (Inf. Téc.). Oak Ridge National Laboratory (ORNL).
- Guerra, E. (2014). “The built environment and car use in Mexico City: is the relationship changing over time?” *Journal of Planning Education and Research*, 34(4), 394–408.
- Heres-Del-Valle, D., y Niemeier, D. (2011). “Co 2 emissions: are land-use changes enough for California to reduce vmt? specification of a two-part model with instrumental variables.” *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(1), 150–161.
- IMCO. (2012). *Movilidad competitiva en la zona metropolitana de la ciudad de México: diagnóstico y soluciones factibles*. Descargado de [http://imco.org.mx/wp-content/uploads/2012/1/costos\\_congestion\\_en\\_zmvm2\\_final\\_abril.pdf](http://imco.org.mx/wp-content/uploads/2012/1/costos_congestion_en_zmvm2_final_abril.pdf)
- INEGI. (2010). *Censo de población y vivienda*. Descargado de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>
- INEGI. (2014). *Encuesta nacional de ingreso y gasto de los hogares*. Descargado de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/hogares/regulares/enigh/enigh2014/ncv/default.aspx>
- ITDP. (2014a). *Hacia una estrategia de desarrollo orientado al transporte para el distrito federal*. Descargado de <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Hacia-una-estrategia-de-DOT-para-el-DF1.pdf>
- ITDP. (2014b). *Oportunidades de desarrollo orientado al transporte bajo en emisiones en la zona metropolitana del valle de México*. Descargado de <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Valle-de-Mexico.pdf>
- Lambert, D. (1992). “Zero-inflated poisson regression, with an application to defects in manufacturing.” *Technometrics*, 34(1), 1–14.
- Lema, I. I. (2002). “El cambio climático y la salud humana.” *Gaceta Ecológica*(65), 24–42.
- Maycotte Pansza, E., y Sánchez Flores, E. (2009). “Ciudades dispersas, viviendas abandonadas: La política de vivienda y su impacto territorial y social en las ciudades mexicanas.” En

- 5th international conference virtual city and territory, barcelona, 2, 3 and 4 june 2009* (pp. 599–610).
- Molinero, (2014). *Situación actual del transporte urbano en México*.
- Mullahy, J. (1998). “Much ado about two: reconsidering retransformation and the two-part model in health econometrics.” *Journal of health economics*, 17(3), 247–281.
- Salon, D. (2015). “Heterogeneity in the relationship between the built environment and driving: Focus on neighborhood type and travel purpose.” *Research in Transportation Economics*, 52, 34–45.
- Salon, D., Boarnet, M. G., Handy, S., Spears, S., y Tal, G. (2012). “How do local actions affect vmt? a critical review of the empirical evidence.” *Transportation research part D: transport and environment*, 17(7), 495–508.
- SEDESOL, CONAPO, INEGI. (2012). *Delimitación de las zonas metropolitanas 2010*. Descargado de [http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Zonas\\_metro politanas\\_2010](http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Zonas_metro politanas_2010)
- SEMARNAT, INE. (2006). *Inventario nacional de emisiones de gases efecto invernadero 1990-2002*. Descargado de [http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/inegei\\_res\\_ejecutivo.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/inegei_res_ejecutivo.pdf)
- Tobin, J. (1958). “Estimation of relationships for limited dependent variables.” *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 24–36.
- Vance, C., y Hedel, R. (2007). “The impact of urban form on automobile travel: disentangling causation from correlation.” *Transportation*, 34(5), 575–588.