



INSTITUTO
MEXICANO DEL
TRANSPORTE



Certificación ISO 9001:2008 ‡

Estudio de la motorización en México mediante la dinámica de posesión vehicular: determinantes macro y microeconómicos

Eduardo Macario Moctezuma Navarro

**Publicación Técnica No. 374
Sanfandila, Qro. 2012**

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

**Estudio de la motorización en México mediante la
dinámica de posesión vehicular: determinantes
macro y microeconómicos**

Publicación Técnica No. 374
Sanfandila, Qro. 2012

Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Economía de los Transportes y Desarrollo Regional del Instituto Mexicano del Transporte, por el M.C. Eduardo Macario Moctezuma Navarro.

Se agradece la colaboración del Mtro. en Ec. Víctor Manuel Islas Rivera para la realización de la presente investigación, en particular, por su ayuda al completar la serie de datos sobre automóviles en circulación (período 1970-1990), por haber facilitado las referencias bibliográficas iniciales, la orientación general realizada sobre el tema, y, sobretodo, por la motivación ofrecida para abordar esta temática de investigación.

De la misma manera, se agradece también la amable colaboración del Dr. Eric Moreno Quintero, por haber facilitado la obra de Ortúzar (2000) en las etapas iniciales de esta investigación.

Índice

Resumen		v
Abstract		vi
Resumen ejecutivo		vii
Introducción		1
Capítulo 1.	Antecedentes	5
Capítulo 2.	Motorización y posesión vehicular en México	11
Capítulo 3.	Planteamiento de modelos econométricos	29
Capítulo 4.	Determinantes microeconómicos	33
	4.1. Salario mínimo	35
	4.2. Desempleo	37
	4.3. Inflación	38
	4.4. Acceso al crédito	39
	4.5. Tasa de interés	41
	4.6. Infraestructura carretera	43
Capítulo 5.	Determinantes macroeconómicos	49
	5.1. Población	49
	5.2. Ingreso per cápita	51
	5.3. Desigualdad del ingreso	54

Capítulo 6.	Calibración e interpretación de los modelos	57
Capítulo 7.	Conclusiones	77
Bibliografía		81
Apéndice	I. Anexo estadístico	87
	II. Anexo metodológico	89
	III. Anexo econométrico	91

Resumen

El presente estudio aborda la dinámica de *car-ownership* (o posesión vehicular) en México, como aproximación a la motorización. Se construye una serie de modelos *sigmoidales* para tratar de reproducir el comportamiento de la posesión vehicular a nivel nacional desde 1924 hasta 2011. Además, el valor de estado estacionario de la motorización, predicho por el modelo con mejor ajuste, se encuentra en el rango de valores de motorización propios de países desarrollados. Posteriormente, en el caso de la aproximación macroeconómica, el modelo estimado sugiere que la cantidad de autos particulares en circulación, debería ser mayor a la observada; en contraste, cuando se emplearon variables micro como explicativas, el nivel de *car-ownership* es superior a lo que debería ser a partir de la situación cotidiana que confrontan los agentes. El resultado del macromodelo podría explicarse en función del papel que la desigualdad en el ingreso está desempeñando, tentativamente el grado actual de desigualdad podría restringir las posibilidades de crecimiento de la flota vehicular.

En lo que se refiere al micromodelo definitivo, la creciente tendencia de adquirir autos usados provenientes de Estados Unidos, podría ser la causa de los niveles superiores con respecto a la flota vehicular que las condiciones microeconómicas parecen justificar.

Abstract

This paper addresses the dynamics of *car-ownership* in Mexico. We build a series of sigmoid models to try to reproduce the behavior of national *car-ownership* from 1924 to 2011. Also, the steady-state value of motorization predicted by the model with best fit, is in the range of values of motorization used in developed countries.

Later, explanatory variables were incorporated into micro and macro nature to try to explain the *car-ownership* tendencies, obtaining a reasonable adjustment, but markedly different results depending on the approach used. In the macroeconomic approximation, the estimated model suggests that the number of private cars in circulation should be greater than the observed; in contrast, when we used variables at the micro level, the results indicate that the size of the fleet is actually higher than it should be from the everyday situation faced by individual agents. The results of macromodel could be explained, tentatively, because the current degree of inequality could be a restriction to the potential growth of the vehicle fleet.

As regards the final micromodel, the increasing trend to purchase used cars from the United States could be the cause of the size of vehicle fleet that microeconomic conditions seem to justify.

Resumen ejecutivo

Esta investigación se centra en el análisis del comportamiento de la posesión vehicular como una aproximación a la motorización en México, así como en sus determinantes. Se plantean modelos de tipo sigmoidales para reconstruir la dinámica de motorización de 1924 a 2011 y posteriormente se introducen variables de naturaleza económica, a nivel micro y macro, para tratar de mostrar que el comportamiento de la posesión vehicular no es meramente aleatorio sino que obedece a factores concretos que la impulsan. De los modelos obtenidos se seleccionaron tres, los cuales alcanzan un grado razonable de éxito en la reproducción de los datos oficiales y las predicciones de largo plazo son congruentes con las estadísticas reportadas para naciones desarrolladas.

Introducción

La cotidianeidad hace pensar que algunos aspectos coyunturales y actuales de las grandes ciudades, como son la movilidad, la congestión vehicular o la contaminación, son relativamente recientes. En realidad, desde los años cincuenta del Siglo XX, en la mayor parte de las principales ciudades del mundo, ya se estaban enfrentando serios problemas en cada uno de estos aspectos (Delgado; 1998, p. 27). Buena parte de tales conflictos están asociados al debate entre la utilización de automóvil privado o transporte público. Generalmente, cuando se tiene la oportunidad de escoger entre ambos modos de transporte, las personas optan por desplazarse en vehículos particulares, ya sea al trabajo, a la escuela o por recreación, en detrimento del transporte público. Sin embargo, justamente en la amplia utilización de autos privados se prefigura el origen de la mayor parte de los problemas de movilidad, congestión y contaminación atmosférica de las zonas urbanas. Esto se debe en buena medida, a que los efectos adversos de un aumento de la planta vehicular pueden alcanzar consecuencias realmente graves para la población. Para dar un ejemplo específico, basta con considerar la situación actual en la Ciudad de México en donde la congestión vehicular y la contaminación atmosférica se han vuelto un escenario cotidiano, siendo resultado, entre otras cosas, de la decisión de algunos automovilistas de adquirir un segundo vehículo para eludir la inmovilidad asociada al programa “Hoy No Circula”.

De problemáticas como la anterior, surge la necesidad de conocer qué variaciones ha experimentado el total de automóviles en circulación y de ser posible, determinar causales, tendencias y posibles escenarios futuros. De esta manera, la realización de modelos predictivos de la dinámica de posesión vehicular (*car-ownership*), es un tema muy pertinente en la planeación del transporte y en el correspondiente diseño de políticas públicas. Como un acercamiento al problema, el presente trabajo describe una investigación realizada en tres etapas, siendo la primera de ellas, el análisis del comportamiento histórico de la motorización en México, y las dos etapas restantes estando concentradas en la determinación de los factores que la impulsan tanto a nivel de toma de decisiones por parte de los individuos, como en un nivel agregado. En ambos casos, se estudia el proceso de la motorización mediante el comportamiento de la “posesión vehicular”. A continuación se detalla el significado y alcances de estas tres fases.

Para empezar, en la primera parte de este trabajo, se ensayan diferentes configuraciones de curvas sigmoidales para tratar de reproducir el fenómeno del *car-ownership*, a partir de los primeros registros con que se cuenta en México. Sin embargo, se reconoce que los parámetros de ajuste obtenidos necesariamente estarán reflejando el entorno económico, social y cultural (o de idiosincrasia) en el país. Reconocer estas influencias nos vincula con la parte (b) de esta investigación: El problema típico del enfoque de regresión sigmoideal es que, una vez realizado el ajuste, sus parámetros no están explícitamente relacionados con ninguno de estos entornos ni con las características propias de la posesión vehicular que los agentes consideran al comprar o adquirir un automóvil. Por esta razón, resulta relevante investigar a partir de los resultados reportados en la bibliografía, cuáles son esos aspectos que a nivel individual están impulsando la adquisición vehicular en México. Para ello, introduciremos como posibles variables explicativas, aquellas que reflejan¹ las condiciones de acceso al mercado de automóviles: tasa de interés, variaciones de precios, dinámica crediticia, entre otros, así como una variable de infraestructura carretera para incluir el impacto de la oferta de vialidad por parte del gobierno, como un factor positivamente sugerente de la movilización en automóvil propio.

En la tercera parte de este reporte de investigación, se aborda la perspectiva de que sean factores macroeconómicos quienes actúen como impulsores de la dinámica de la posesión vehicular. En este sentido, tradicionalmente pero no siempre, una sola variable macro suele ser contemplada, en particular el PIB per cápita. Sin embargo, lo que se plantea en esta sección, es que el ingreso per cápita no es suficiente para reproducir la curva de la posesión vehicular y que debe agregarse el efecto simultáneo de la distribución del ingreso y del tamaño poblacional como fuentes impulsoras de adquisición vehicular, si lo que se desea es tratar de redondear un escenario de determinantes a nivel macro.² Tentativamente, un modelo econométrico basado en esta idea, permitirá discernir (al menos en el caso de México), si las estimaciones en la literatura considerando sólo al PIB per cápita, son realmente apropiadas o si acaso son insuficientes al ignorar el efecto de variables regresoras adicionales como las aquí propuestas, lo que supondría una mejora en la forma de modelar este fenómeno. Hacemos esto en las páginas correspondientes.

De esta manera, retomando las tres partes que constituyen esta investigación, la cuestión es determinar, en el contexto mexicano:

¹ Hasta donde es posible, en lo que se refiere a cantidad y calidad de datos.

² A final de cuentas, en un escenario de ingreso per cápita ceteris paribus, si el ingreso se distribuye más equitativamente y si el tamaño poblacional correspondiera a Haití o a China, seguramente el número de personas dispuestas a adquirir un vehículo se vería afectado, suponemos que drásticamente.

- ¿Qué formas funcionales pueden representar más apropiadamente los datos reportados de *car-ownership* (y de motorización)?
- ¿Qué aspectos a nivel micro, tienen impacto en los agentes o individuos al tomar la decisión de adquirir un vehículo?
- ¿Qué aspectos a nivel macroeconómico influyen en el comportamiento de la posesión vehicular y la motorización?

Así, en esta investigación se busca ofrecer respuestas concretas a las preguntas anteriores, mediante: primero, un análisis estadístico de la serie de tiempo asociada a la posesión vehicular; y segundo, a través de una investigación de gabinete sobre los aspectos que están propiciando en los mexicanos las tendencias históricas en la adquisición de vehículos. Para realizar lo anterior, las hipótesis a evaluar son las siguientes:

- Hipótesis 1: Una curva logística ofrece el mejor ajuste de los datos disponibles de la posesión vehicular en México.
- Hipótesis 2: Subyacentes a los parámetros que reproducen la dinámica mexicana de la posesión vehicular, se encuentran una serie de aspectos y variables que a nivel micro, son determinantes en la decisión de los individuos de adquirir un vehículo o no hacerlo. Es decir, dicha toma de decisiones no es aleatoria.
- Hipótesis 3: La dinámica de motorización en México, aproximada mediante la posesión vehicular, puede expresarse en dependencia de variables económicas agregadas seleccionadas es decir, la situación macroeconómica influye en la motorización.

Estas hipótesis se refutan o se validan -o bien, no se rechazan- de la siguiente manera: en lo que concierne a la hipótesis uno, a partir de un análisis comparado de bondad de ajuste entre, al menos, dos curvas sigmoidales representativas, una de las cuales será la curva de Verhulst; y en cuanto a la hipótesis dos, mediante una investigación bibliográfica para varios países y para México, seguida del contraste de resultados; finalmente, para la tercera hipótesis se pretende considerar al PIB per cápita, el tamaño poblacional y alguna medida apropiada de desigualdad en el ingreso,³ como variables regresoras en un modelo econométrico de tipo sigmoidal que reproduzca la dinámica de motorización actual.

³ Con la posibilidad de excluir o incluir solo parcialmente en el estudio a la variable de desigualdad, debido a la latente carencia de suficientes datos disponibles para efectuar la regresión.

1 Antecedentes

El comportamiento de la denominada adquisición o posesión vehicular ha sido objeto de estudio a nivel internacional, siendo reconocido en la literatura especializada como el *car-ownership problem*. Al respecto, aunque se valora la importancia de los estudios hechos en otros países, es imprescindible conocer cuál es la dinámica específica que existe en México y para ello, en esta sección haremos una revisión de las principales metodologías empleadas y los resultados obtenidos. De entrada, Ortúzar et al. (1999; p. 406), hace referencia a tres métodos estándar que se han empleado en la literatura:

- (i) estimación de curvas sigmoideas, en particular de la función logística, para determinar tendencias en una serie de tiempo y realizar extrapolaciones tras el ajuste de parámetros⁴;
- (ii) métodos econométricos, más bien dirigidos a explicar el comportamiento de los consumidores y para lo cual consideran variables como: precio del vehículo, ingreso familiar, cantidad de integrantes del hogar, etc.;
- (iii) la combinación de los enfoques anteriores.

En efecto, en el caso del método (i), la curva más popular para modelar la posesión vehicular es la logística, atribuida a Verhulst:

$$\frac{dC(t)}{dt} = a C(t) [C_{sat} - C(t)] \quad (1.1)$$

en donde “a” representa la tasa “inicial” de crecimiento de posesión vehicular, y C_{sat} , indica el nivel de saturación de la posesión vehicular.⁵ Así, una vez que se conocen los parámetros de (1.1), es posible extrapolar $C(t)$ para cualquier año o período posterior a los considerados en el ajuste del modelo. De manera más general, una curva sigmoideal puede plantearse como sigue:

$$\frac{dC(t)}{dt} = g(t) [C_{sat} - C(t)] \quad (1.2)$$

⁴ Parámetros que, de forma estándar, carecen de una interpretación socioeconómica específica.

⁵ También se suele denotar por C_{max} .

Las posibilidades para definir la forma exacta de $g(t)$ son relativamente amplias, lo cual ha dado lugar a una gran variedad de modelos, en donde la elección entre uno u otro suele depender de la capacidad de ajuste alcanzada; todo esto sin dejar de observar que el fenómeno de posesión vehicular, tiene como determinantes tanto al entorno económico, social y cultural (o de idiosincrasia) de la región bajo análisis, consideración que se trata de incluir en este trabajo.

Por lo general, cuando se analiza el entorno macroeconómico como factor impulsor de la motorización, el PIB per cápita suele ser la variable independiente elegida en los modelos y partir de las fluctuaciones encontradas entre sí, se intenta encontrar aspectos clave para entender el fenómeno de *car-ownership* y/o motorización. Por ejemplo, en su introducción al tema, Téllez Ballesteros et al. (2011; p. 41) mencionan la siguiente regularidad: “A nivel mundial, la relación entre la posesión vehicular y el ingreso per cápita es no lineal, dado que los primeros crecen relativamente despacio para niveles de ingreso per cápita bajos, acelerando su incremento para los niveles medios (de 3,000 a 10,000 dólares per cápita) y estabilizándose para los niveles altos, antes de alcanzar un punto de saturación en niveles extremadamente altos de ingreso per cápita”.⁶

En este contexto, un trabajo de referencia casi obligada es el de Dargay y Gately (que a su vez servirá de base para la tercera parte de nuestra investigación). Dargay et al. (1999), estudiaron el patrón de comportamiento de la posesión vehicular⁷ con respecto al ingreso per cápita, para 26 naciones (20 miembros de la OCDE y 6 países en desarrollo), que cubren un rango muy amplio de niveles de ingreso, en el período de 1960 a 1992. Las curvas sigmoideas correspondientes a cada país fueron ajustadas mediante la siguiente función de Gompertz:

$$V_t^* = \gamma e^{\alpha e^{\beta GDP_t}} \quad (1.3)$$

más la consideración de una función de ajuste para tomar en cuenta el rezago de la posesión vehicular cuando cambia el ingreso per cápita. En la expresión (1.3) la notación utilizada se refiere a lo siguiente:

V_t^* = nivel de equilibrio de largo plazo de la proporción de vehículos por cada 1000 habitantes

γ = nivel de saturación

⁶ Nótese que la relación descrita entre estas variables por Téllez Ballesteros et al., es la de una curva sigmoideal típica.

⁷ De inicio, el objetivo de dicho artículo está dirigido al *car ownership* (autos particulares), pero en realidad, también incluyeron un modelo para el *vehicle ownership* (que incluye camiones, autobuses, entre otros, no sólo autos particulares).

GDP_t = ingreso per cápita

t = tiempo

Con α como un parámetro asociado con la máxima elasticidad del ingreso y siendo β un parámetro de curvatura. En el análisis de Dargay et al., se destaca que las naciones industrializadas muestran un nivel de saturación, C_{sat} , de entre 500 y 600 automóviles particulares por millar de habitantes, muy por encima del C_{sat} de China e India que no rebasan la media centena de autos por cada mil habitantes. En el Cuadro 1.1, se muestra una selección de las proyecciones obtenidas por estos autores.⁸

Un trabajo también importante es el de Medlock y Soligo (2001), quienes cubrieron el período de 1978 a 1995 para analizar el efecto del PIB per cápita sobre la demanda de vehículos privados para un panel de 28 países, con contrastes muy marcados en su nivel de desarrollo. Estos autores ajustaron un modelo con variables instrumentales para cada nación y obtuvieron los correspondientes niveles de saturación del stock de vehículos per cápita, encontrando por un lado, una variación importante entre cada C_{sat} nacional, y por otro, una asociación entre la evolución del stock de vehículos con los costos de usuario; todo esto antes de vincular sus resultados con aspectos energéticos que podríamos contemplar en una continuación de esta investigación, pero que no consideraremos por ahora. La relación estimada por Medlock y Soligo es la siguiente:⁹

$$v_{t,j} = \sigma_j + \beta_1 p_{g,t,j} + \beta_2 y_{t,j} + \beta_3 y_{t,j}^2 + (1-\gamma) v_{t-1,j} + \eta_t \quad (1.4)$$

donde: $v_{t,j}$ = número de vehículos

$p_{g,t,j}$ = precio del combustible

$y_{t,j}$ = ingreso per cápita

σ_j = efecto específico del país (puede ser fijo o aleatorio)

mientras que los subíndices t , j y g , denotan “tiempo”, “país” y “consumo de combustible”, respectivamente; los términos restantes son coeficientes a estimar. En el Cuadro 1.2 se reproducen parcialmente las predicciones derivadas del modelo (1.4) y se comparan con las correspondientes a Dargay, para el mismo año. De manera general, el nivel de saturación per cápita promedio reportado por

⁸ Para precisar la relación entre autos (o carros) per cápita y autos por millar de habitantes, se sugiere la revisión del anexo metodológico, de ser necesario.

⁹ En realidad, todas las variables están expresadas con el logaritmo natural de sus valores.

Medlock es de 403 carros por millar de personas, aunque con variaciones significativas para cada país, en particular, entre países desarrollados y en desarrollo.

Cuadro 1.1. Proyecciones de *car* y *vehicle ownership* para el 2015 (a partir del modelo de Dargay et al.)

País	Millones de carros	Carros per cápita	Millones de vehículos	Vehículos per cápita
Canadá	20.3	0.59	27.3	0.80
México	22.1	0.17	32.3	0.25
Estados Unidos	190.8	0.61	259.3	0.82
Francia	36.0	0.57	46.6	0.74
Gran Bretaña	33.5	0.56	42.8	0.71
Japón	72.2	0.55	101.4	0.78
China	50.9	0.04	79.3	0.06
India	15.9	0.01	27.8	0.02
Alemania	36.9	0.58	48.7	0.77
Grecia	3.9	0.35	5.5	0.50
Irlanda	2.1	0.52	2.8	0.68
Corea del Sur	21.5	0.41	28.8	0.55
OCDE (media)	524.1 (total)	0.50 (media)	705.3 (total)	0.66 (media)

Fuente: Dargay et al. (1999; p. 119)

Cuadro 1.2. Proyecciones de vehículos de pasajeros por millar de habitantes para el 2015 (a partir del modelo de Medlock et al.)

País	Carros por millar de habitantes	
	Dargay y Gately (1999)	Medlock y Soligo (2001)
Canadá	590	504
México	170	112
Estados Unidos	610	683
Francia	570	493
Gran Bretaña	560	484
Japón	550	464
China	40	34
India	10	27
Grecia	350	302
Irlanda	520	421
Corea del Sur	410	235

Fuente: Medlock et al. (2001; p. 181)

Un tercer estudio, llevado a cabo por Lescaoux (2010), modifica la tendencia de este tipo de análisis al contemplar la dependencia de la posesión vehicular con otros factores, pues ya no es solamente función del ingreso per cápita, sino también de su distribución (y dispersión), así como de una proporción costo/utilidad por poseer un vehículo. Aplicando su modelo a un panel de 99 países, este autor encuentra que la tendencia actual en la posesión vehicular es insostenible y hace necesario un salto tecnológico y sociológico para revertir la dinámica vigente. Más recientemente, Téllez Ballesteros et al. (2011; p. 43-46) presentaron un modelo tipo Gompertz, análogo al de Dargay et al., para los

automóviles particulares en la Ciudad de México, con el PIB per cápita como variable regresora y con información del período 1999-2009. La forma funcional utilizada es:

$$V_t = 0.90 \times e^{3.86479} e^{0.00000258 \text{ PIBpc}_t} \quad (1.5)$$

A partir de este modelo, se realizaron pronósticos de la posesión vehicular bajo escenarios de crecimiento económico optimistas (5% anual), tendencial (3%) y pesimistas (1%), con miras a establecer posibles patrones de consumo energético y emisiones contaminantes.

Finalmente, un método alternativo debido a Quarmby y Bates (1970), utiliza como variables independientes al ingreso y la densidad residencial (cantidad de residentes por acre) para determinar no la cifra acumulada de automóviles, sino la probabilidad de poseer cero, uno, dos o más autos, con tres parámetros por estimar.¹⁰ Las ecuaciones de partida del modelo son:

$$\frac{P_2}{P_1} = \alpha_1 e^{b_1 I} D^{-c_1} \quad (1.6)$$

$$\frac{P_0}{1 - P_0} = \alpha_0 I^{-b_0} D^{c_0} \quad (1.7)$$

$$P_0 + P_1 + P_2 = 1 \quad (1.8)$$

con α_i , b_i , y c_i como parámetros y donde:

I = ingreso anual familiar (en miles de dólares)

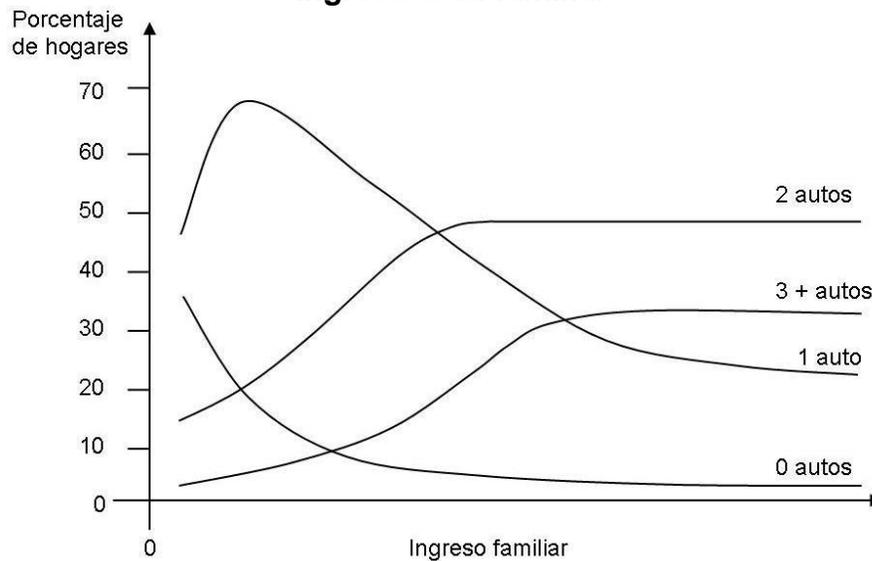
D = número de residentes por acre

P_i = probabilidad de poseer 0, 1 y 2 o más automóviles

¹⁰ Véase Ortúzar et al. (1999; pp. 409-411)

En este contexto, una variante al respecto da lugar a curvas como la que se muestra en la Figura 1.1, que reproduce el comportamiento del *car-ownership* por hogares versus su ingreso, para el área metropolitana de San Antonio, Texas. Otros estudios suelen incluir como variable independiente al número de trabajadores por familia, la densidad poblacional, edad del jefe(a) de familia, tamaño del hogar, etcétera.

Figura 1.1. Distribución de autos disponibles en los hogares por ingreso total familiar



Fuente: Pearson y Dresser (1994; p. 40).

A grandes rasgos, los anteriores son el tipo de modelos representativos que se pueden encontrar en la literatura para reproducir la dinámica de posesión vehicular en países o ciudades.

2 Motorización y posesión vehicular en México

Por motorización nos referimos al aumento en el parque vehicular en una región o en un país, principalmente como resultado de sus actividades económicas. En general, la motorización incluye tanto automóviles particulares, como camiones de carga, autobuses de pasajeros, entre otros, aunque cuando la mención que se hace es sobre el *car-ownership* o la posesión vehicular, entonces la referencia concreta es hacia el patrón de crecimiento de los automóviles particulares. Siguiendo a González-Oropeza (2005; p. 157): “En lo que respecta a México, se puede hacer una breve recapitulación de cómo ha crecido el parque vehicular. En 1898 entró a México el primer automóvil, el auto era francés, marca Delaunay Belleville, hecho a mano en las fábricas de Couvier. En 1930, habían 88 443 vehículos en la República Mexicana que contaba entonces con 16’588’522 habitantes, esto es, 187.6 habitantes por vehículo; en 1938, la relación era de 150, y en 1946 de 114. Posteriormente, entre las décadas de los setentas y noventas esta relación ha oscilado entre 16 y 12, lo que representa un aumento desmesurado del parque vehicular, en comparación con el poco tiempo de su aparición de manera comercial”. Datos adicionales del inicio de la motorización en México, referidos a la ciudad capital, son ofrecidos por Romero (1987):

- “Con el nuevo siglo [XX], los primeros automóviles invadieron la Ciudad de México. En 1903, su número ascendía a 136. Tres años después, su multiplicación fue de “locura”, 800...Uno de los primeros vehículos que irrumpieron por las calles de la capital fue según José Ma. Álvarez, un Maxwell, alto como trono, de escandaloso mofle que arrojaba densa humareda, de elementales ruedas con llantas de velocípedo y llevando en el asiento descubierto, encaramado, señorialmente erguido y enfundado en el inconfundible guarda-polvo de color gris claro, cubiertos los ojos con grandes “googles” oscuros, calzando guantes de amplio puño o de gamuza, el aristocrático “chaffeur”, Braniff o Limantour, Pliego o Casasús, recorriendo el Paseo de la Reforma, ante las miradas atónitas de los paseantes, a la fantástica velocidad de 10 km por hora, apretando nerviosamente la perilla de goma de la corneta que lanzaba su sonoro puuu... puu... para apartar a los imprudentes peatones que osaban atravesarse al paso del novedoso vehículo” (p. 120).
- “México –la Ciudad– importó los primeros automóviles a principios del siglo. Aquellos primeros exóticos vehículos sirvieron, más que como instrumentos de transporte, como objetos de vanidad y ostentación de los petimetres y de

los cursis de la época que los exhibían –y se exhibían– en Plateros, Reforma y Chapultepec” (p. 129).

- “Al 30 de julio de 1921 los siguientes eran los vehículos registrados...: coches particulares: 136; coches de alquiler y de “lujo”: 148; coches de alquiler bandera blanca (servicio diurno): 1,141; coches de alquiler bandera blanca (servicio nocturno): 252; automóviles particulares: 4,015; automóviles de alquiler: 4,122; automóviles de alquiler con taxímetro: 44; camiones de alquiler: 862; automóviles de gobierno: 309; motocicletas: 265” (p. 104).

Un par de registros gráficos de la época, relacionados con esta etapa inicial de introducción del automóvil en México, se muestran también en la obra de Romero (1987; pp. 102-103).

De la época “romántica” asociada con los inicios de la posesión vehicular en México hasta la época actual, hay una gran diferencia. Para el 2009, en la Ciudad de México el número de automóviles particulares en circulación ya era de 2,832,568 unidades (Téllez-Ballesteros et al., 2011; p. 45); a escala nacional, ya se tenían 21,590,744 autos particulares circulando en el 2011 (Cuadro A.5), como veremos más adelante (Figura 2.1).

Más allá de sus números, estudiar la posesión vehicular es importante para tratar de tomar medidas que mitiguen o resuelvan problemas asociados tales como: congestión vehicular, contaminación ambiental, deficiencias en el abasto energético, mantenimiento y construcción de vías terrestres, etc., entre otras razones. Por ejemplo, de acuerdo con Ortúzar (2000; p. 213) y Ortúzar et al. (1999; p. 406), la posesión vehicular se aborda debido a tres razones: (a) como parte de estudios de mercado originados por una motivación empresarial (por parte de compañías petroleras y empresas productoras de automóviles y/o camiones); (b) para apoyar estudios patrocinados por entidades gubernamentales, dirigidos a la detección de necesidades de infraestructura vial en escala nacional (generalmente carreteras); y (c) para integrar estudios de índole local o regional que tratan de definir estrategias de transporte para atender problemáticas concretas. Otra perspectiva es la de Sullivan (1990), quien considera que los tres siguientes son los problemas de transporte causados por el automóvil, y requieren su estudio: la congestión vehicular o dificultades de tráfico, la contaminación del aire y los accidentes. Otra perspectiva que destaca la importancia de analizar la dinámica de circulación de autos particulares, es la ofrecida por Delgado (1998), quien menciona, con respecto a América Latina: “tiene una importancia mayor en nuestros países, en donde las profundas desigualdades en el ingreso de sus habitantes, no sólo restringe el uso del automóvil a estratos minoritarios de la población, sino que la disminución de la movilidad de pobladores de bajos ingresos, obligados a utilizar un sistema de transporte público caro e ineficiente, refuerza su exclusión económica, al limitar su acceso a oportunidades urbanas de empleo y recreación” (p.37).

Sin embargo, la realidad es que ya sea en carro particular o servicio público, ambos modos de transporte, considerados en conjunto, hacen aportaciones significativas a la problemática. Por ejemplo, se ha estimado que en Europa hay cerca de cien mil muertes al año directamente vinculadas con la contaminación del aire debido al transporte, e incluso el efecto de la atmósfera contaminada en dicha región reduce la esperanza de vida hasta por un año (Kuna-Dibbert et al., 2005; p. 185). No obstante, la distinción entre el comportamiento de uno y otro modo de transporte puede permitir el análisis de lo que hay detrás de las manifestaciones negativas de su uso (Islas-Rivera; 2011).

En México, diferentes facetas del fenómeno de la posesión vehicular se han abordado en estudios realizados por Eskeland et al. (1997a y 1997b), Bauer et al. (2003), Téllez-Ballesteros et al. (2011), entre otros, como veremos a continuación.

Eskeland y Feyzioglu (1997a), en el marco de la aplicación del programa Hoy No Circula en la Ciudad de México, encontraron varios resultados interesantes, aunque en un sentido un tanto “desafortunado”; en esencia, después de la aplicación del programa hubo un aumento significativo en el consumo de gasolina (de hasta un 7%), esencialmente motivado por la adquisición de vehículos usados, provenientes de otras regiones. Esto es, al parecer la medida dirigida a propiciar un menor número de autos en circulación, terminó por incrementar el tamaño de la flota vehicular; un resultado claramente contraproducente. En otro trabajo (1997b), estos mismos autores estimaron un modelo de demanda de gasolina y posesión vehicular en México, mediante datos panel para los registros vehiculares anuales de todos los estados de la república, durante el período de 1982 a 1998; encontrando una elasticidad-precio para el consumo de gasolina de “-0.79” para el corto plazo y de “-0.80” para el largo plazo; además, la elasticidad de la adquisición vehicular con respecto al precio de la gasolina, resulta ser positiva.

Bauer et al. (2003) analizaron el impacto sobre la demanda de energía en México, debido a un incremento en el número de vehículos per cápita, dependiente a su vez del ingreso personal. Los autores ensayan tres escenarios para proyectar la posible demanda de gasolina del 2000 al 2030, en función de las siguientes tasas de crecimiento del ingreso: 3.7%, 5.2% y 6.2%, además de un escenario de referencia, en donde el parque vehicular mantiene la tendencia histórica previa; para ello, en sus cálculos hacen uso del modelo estimado por Dargay y Gately (1999) para la posesión vehicular en México. De esta manera, al tratar de valorar la demanda energética correspondiente a las previsiones de autos en circulación, los autores señalan la necesidad de incrementar con prontitud la capacidad de refinación en México, además de aumentar también la producción actual de crudo, si se desea mantener el nivel actual de exportación (aunque también señalaron que en el corto plazo la capacidad de exportación no está comprometida); sin embargo, contemplan que el cuello de botella para atender la posible demanda futura, radica en la refinación, lo que podría justificar una revisión a la política energética vigente.

Con respecto a enfoques adicionales para la estimación del parque vehicular en sí, Salgado Viveros (1991) analiza la situación del transporte metropolitano y presenta un modelo lineal para la posesión vehicular dado por:

$$\text{Automóviles} = \beta_0 + \beta_1 (\text{AÑO}) + \beta_2 (\text{PIB}) \quad (2.1)$$

en donde el PIB se expresa en millones de pesos de 1980, con los siguientes coeficientes estimados: $\beta_0 = -237,308,866$; $\beta_1 = 119,565.8$; $\beta_2 = 1.061230$. Este autor reporta la obtención de un coeficiente de determinación lineal de 0.9961 para la expresión (2.1), utilizando datos de 1970-1987. En relación con el estudio de Bauer (2003), Salgado encuentra también la siguiente relación entre el consumo de gasolina en miles de litros, con respecto al volumen del PIB:

$$\text{Gasolina} = \gamma_0 + \gamma_1 (\text{PIB}) \quad (2.2)$$

Siendo: $\gamma_0 = -6,934,877$; $\gamma_1 = 5.505807$. Para el caso de (2.2), el ajuste obtenido fue de 0.9721. El autor señalaba ya en 1991 que era muy probable la duplicación del consumo de gasolina a largo plazo, aunque la relación litros/automóvil tendía a estabilizarse. Además, enfatizó el estar atentos a la evolución del parque vehicular para no llegar a tasas descontroladas de consumo de combustible. En ese contexto, contar con políticas apropiadas de operación del transporte público en áreas metropolitanas, jugaría un rol muy destacado si se tratase de ofrecer alternativas al uso del automóvil particular.

Más tarde, Téllez-Ballesteros et al. (2011; p. 43-55) ajustaron un modelo de Gompertz para relacionar la dinámica de los autos particulares en la Ciudad de México, con respecto al ingreso per cápita (en miles de pesos de 1993). Podemos observar la calidad de su ajuste en el Cuadro 2.2; cualitativamente, las diferencias entre las estimaciones a partir del modelo y los datos reales, muestran un comportamiento singular en los años 2000 y 2003-2005, que los autores atribuyen a un aparente desfase en la cantidad de vehículos al presentarse caídas en el PIB de la ciudad. Más adelante en su artículo, Téllez-Ballesteros et al. utilizan el modelo ajustado para realizar pronósticos de posesión vehicular ante tres escenarios de crecimiento del PIB: tendencial (3%),¹¹ pesimista (1%) y optimista (5%);¹² con la mira puesta en que dichos pronósticos se empleen como parte de la estimación de las UTU (unidades técnicas de transporte urbano) para el período 2010-2020, y estas estimaciones a su vez se empleen para determinar niveles de consumo energético y de emisiones contaminantes en la ciudad, en dicho período.

¹¹ Que refleja el comportamiento observado, en promedio, en el pasado reciente.

¹² Asumiendo que la población de la Ciudad de México mantiene su tasa histórica de crecimiento de 0.2 %.

Cuadro 2.1. Parque de automóviles a nivel nacional en el período 1970-2010 (años seleccionados), y estimaciones del modelo de Salgado Viveros

Año	Número de automóviles			Porcentaje de error	
	Cifra real	Pronósticos		INEGI	Salgado Viveros
		INEGI	Salgado Viveros		
1970	1 233 824	-	1 003 778	-	18.6
1975	2 400 930	-	2 476 063	-	-3.1
1980	3 950 042	-	4 211 438	-	-6.6
1985	5 281 842	-	5 250 955	-	0.6
1990	6 555 550	6 349 025	6 680 467	3.2	-1.9
1995	7 184 474	7 852 297	8 242 444	-9.3	-14.7
2000	9 785 583	9 499 782	9 957 985	2.9	-1.8
2005	13 845 837	11 314 450	11 851 548	18.3	14.4
2010	21 014 754	13 322 929	13 951 489	36.6	33.6

Fuente: Elaboración propia a partir de las cifras de automóviles registrados en México (reportadas en: (a) y (b) Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, ediciones 1972-1974 (SPP, 1978; p. 647) y 1980 (SPP, 1982; pp. 266-278); (c) Banco de Información Económica (INEGI; varios años), y (d) con información de Salgado Viveros (1991; pp. 98-101, 106 y 107).

Cuadro 2.2. Automóviles particulares en la Ciudad de México (1999-2009) a partir del modelo de Téllez-Ballesteros et al.

Año	Número de autos particulares		Diferencia
	Cifra real	Cifra estimada	Porcentual
1999	1 833 318	1 814 870	1.01
2000	1 913 252	2 074 678	-8.44
2001	2 058 707	2 036 326	1.09
2002	2 170 308	2 087 366	3.82
2003	2 311 378	2 021 438	12.54
2004	2 466 487	2 151 719	12.76
2005	2 549 948	2 268 076	11.05
2006	2 663 532	2 503 294	6.02
2007	2 771 170	2 678 076	3.36
2008	2 870 150	2 718 341	5.29
2009	2 832 568	2 911 702	-2.79

Fuente: Téllez-Ballesteros et al. (2011; p. 45)

Respecto al comportamiento actual de la dinámica de motorización aproximada por *car-ownership*, las cifras más recientes del INEGI muestran un impresionante aumento del número de automóviles particulares en circulación en la República Mexicana. Como puede verse en la Figura 2.1, la cantidad de autos prácticamente se ha triplicado en los últimos veinte años, al pasar de poco más de siete millones en 1992 hasta superar con claridad los veintiún millones en el 2011. Con esto en consideración, y tomando en cuenta la dinámica poblacional nacional, encontramos que la tasa o el índice de motorización, está ya muy próxima a los doscientos automóviles particulares por cada millar de habitantes, una cifra comparable a la alcanzada por países como Alemania, Francia y Gran Bretaña en

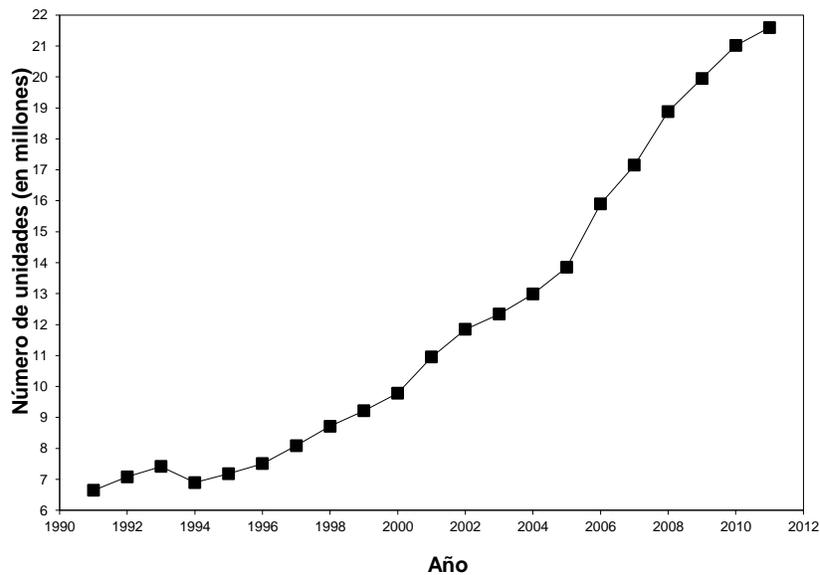
los años setentas del Siglo XX, tal como se muestra en el Cuadro 2.3 al hacer una comparación internacional.¹³

Ahora bien, lo que ocupa el interés de este trabajo es tratar de responder a la pregunta: ¿cuáles son las variables impulsoras o explicativas de este comportamiento? En concreto, ¿cuáles son los determinantes detrás de la adquisición o posesión de autos (*car-ownership*) en México? De entrada, podríamos plantear que el precio de los mismos es una variable básica en la dinámica del *car-ownership* (y seguramente lo es), sin embargo, una oportuna advertencia fue hecha recientemente por Flores Sánchez et al., quienes señalan: “Aunque el precio podría ser el principal factor que los consumidores toman en cuenta al momento de comprar un auto, existen otros aspectos que pueden influir en esta decisión y que deben ser considerados. El nivel de ingreso de los consumidores, las condiciones del mercado, las características del auto y su grado de sustitución, así como los costos de mantenimiento son solamente algunos de ellos” (2008; p. 8). Acto seguido, estos autores amplían su argumento mediante una serie de ejemplos del sector: “Al analizar la dinámica que han tenido las ventas en los primeros siete meses de 2008, podemos ver que efectivamente el precio no es el único elemento que incide en la demanda de un vehículo. De 29 automóviles analizados, en 9 de ellos se reporta una reducción real en los precios a los que se vendían en 2007, sin embargo solamente en 4 de los casos la respuesta fue un aumento en la demanda: dos en el segmento de los carros subcompactos (Pointer 4 puertas y Chevy 5 puertas) y dos en el de carros deportivos (Cooper S y Solstice). En contraparte, en modelos como el Chevy 3 puertas, Chevy 4 puertas, Bora, Camry y Sienna, aunque el precio disminuyó, las ventas también cayeron. Para aquellos vehículos que observaron un aumento en sus precios, los resultados también fueron mixtos. En tanto que para modelos como el Jetta 4 puertas, Átlima, León, Golf, Escape, Quest, Tornado y Ranger Crew la demanda efectivamente se contrajo ante el aumento en los precios, para otros como el TIIDA Sedán, Optra, Sentra 2.0, C280, Charger, Patriot, Odissey y F 350 sus ventas aumentaron a pesar del incremento en sus precios. Así, las variaciones en precios no son suficientes para afectar la demanda de automóviles. Esto, aunado a la competencia, obliga a las empresas a mejorar sus estrategias de comercialización y lograr diferenciarse por medio de otros elementos. De lo contrario, los márgenes de utilidad para los productores se verán reducidos” (Flores Sánchez et al., 2008; p. 8 y 9).

Tratar de encontrar posibles respuestas al por qué y cómo de la dinámica de *car-ownership* en México, es el objetivo general del presente trabajo, y en la siguiente sección se presenta el planteamiento a considerar en primera instancia.

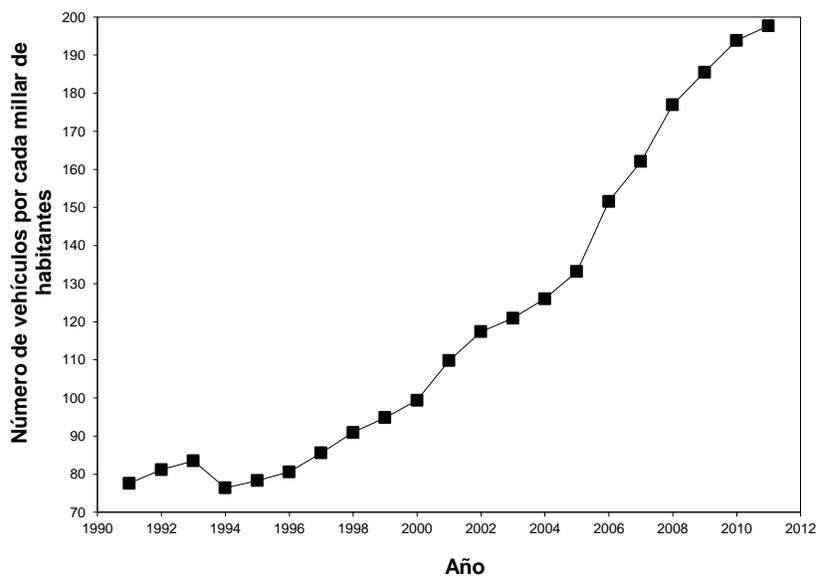
¹³ Más adelante, en los Cuadros 2.4 a 2.8, incluimos datos adicionales de motorización, número de autos particulares y total de vehículos en circulación (incluyendo camiones, autobuses, etc.), para ampliar la perspectiva de la situación de México y a nivel mundial.

Figura 2.1. Automóviles particulares registrados y en circulación en México en el período 1991-2011



Fuente: Elaboración propia a partir de la información disponible en: Banco de Información Económica, INEGI (varios años).

Figura 2.2. Índice de Motorización en México (período 1991-2011)



Fuente: Elaboración propia a partir del Cuadro A.1.

Cuadro 2.3. Comparación internacional de tasas de motorización. Período: 1970-1992 (años seleccionados).

País	Autos por millar de habitantes				Tasa de crecimiento promedio anual durante el período (en por ciento)
	1970	1974	1989	1992	
Estados Unidos	440	502	574	560	1.1
Alemania	220	280	421	440	3.2
Japón	80	144	250	310	6.4
Francia	240	290	402	420	2.6
Italia	190	257	408	510	4.6
Gran Bretaña	210	245	374	400	3.0
Canadá	310	377	448	490	2.1
España	70	122	274	340	7.4
Holanda	190	251	355	370	3.1
Suecia	280	328	296	410	1.7
México	20	35	63	90	7.1
Austria	160	219	367	410	4.4

Fuente: Elaboración propia a partir de: Cal y Mayor et al. (1995; p. 75), y Dargay et al. (1999; p. 104)

Cuadro 2.4. Datos históricos de motorización. Años 1970 y 1992

País	Carros per cápita		Vehículos per cápita		Variación porcentual promedio anual del período	
	1970	1992	1970	1992	Carros per cápita	Vehículos per cápita
Canadá	0.31	0.49	0.38	0.62	2.1	2.3
México	0.02	0.09	0.03	0.13	6.1	6.2
Estados Unidos	0.44	0.56	0.53	0.75	1.2	1.6
Francia	0.24	0.42	0.28	0.51	2.5	2.7
Gran Bretaña	0.21	0.40	0.24	0.46	2.9	2.9
Alemania	0.22	0.44	0.26	0.54	3.2	3.4
Grecia	0.05 ^a	0.18	0.07 ^a	0.26	7.9	7.8
Irlanda	0.20 ^b	0.24	0.25 ^b	0.32	1.4	1.7
Japón	0.08	0.31	0.17	0.50	6.2	5.0
China	0.0001	0.002 ^c	0.0006	0.005 ^c	16.5	11.0
India	0.001	0.003	0.002	0.006	5.4	5.3
Corea del Sur	0.002	0.06 ^c	0.004	0.10 ^c	18.1	16.4

Fuente: Dargay et al. (1999; p. 104). Notas: ^a Año 1975; ^b Año 1979; ^c Año 1991.

Cuadro 2.5. Evolución del número de automóviles en el mundo. Período: 1939-1989 (años seleccionados)

ZONA	1939	1950	1960	1961
África	692 974	1 114 090	2 423 500	2 657 000
América Latina	881 277	1 722 059	4 087 000	4 502 900
Canadá	1 427 923	2 194 929	4 941 000	5 167 250
Estados Unidos	30 294 226	43 773 962	73 768 565	75 826 514
Asia y Medio Oriente	695 783	948 854	3 452 700	4 143 200
Europa	9 436 293	11 872 022	24 670 000	28 343 100
Pacífico	1 200 808	1 616 979	3 325 900	3 556 150
Europa Oriental	–	–	4 872 600	5 187 100
Totales	44 629 284	63 242 895	121 541 265	129 383 214

Fuente: Cal y Mayor et al. (1995; p. 69)

Cuadro 2.5 (continuación). Evolución del número de automóviles en el mundo. Período: 1939-1989 (años seleccionados)

ZONA	1963	1964	1975	1989
África	2 915 428	3 241 053	5 288 172	7 567 700
América Latina	5 521 577	5 776 319	15 909 804	25 540 087
Canadá	5 643 423	6 037 469	9 870 620	11 800 000
Estados Unidos	82 058 000	86 193 000	133 727 000	140 655 000
Asia y Medio Oriente	5 160 520	5 755 651	34 868 223	48 225 888
Europa	36 286 844	43 841 664	97 437 705	133 199 533
Pacífico	3 906 171	4 249 030	7 803 933	9 080 150
Europa Oriental	6 081 004	6 658 699	15 936 000	30 202 248
TOTALES	147 572 967	161 752 885	320 841 457	406 270 606

Fuente: Cal y Mayor et al. (1995; p. 69)

Cuadro 2.6. Comparación internacional de tasas de motorización (en ciudades seleccionadas). Año: 1980

Ciudad	Autos por millar de habitantes	Ciudad	Autos por millar de habitantes
Calcuta	10	Bangkok	71
Seúl	15	Lima	75
Bombay	21	Río de Janeiro	104
El Cairo	32	México, D.F.	105
Yakarta	33	Sao Paulo	151
Hong Kong	39	Nueva York	218
Bogotá	42	Estocolmo	256
Medellín	44	Tokio	266
Manila	45	Londres	282
Lagos	47	Stuttgart	343
Buenos Aires	53	París	368
Singapur	68	Wellington	452

Fuente: Armstrong-Wright (1987; p. 47)

Cuadro 2.7. Dimensión y variación del parque automotor en algunos países de América Latina y el Caribe (1995-2005)

País	1995	2003	Crecimiento en el período (porcentaje)	Crecimiento anual (porcentaje)	Número de vehículos por cada 1,000 habitantes en 2005
Brasil	26 609 232	42 071 961	58.1	4.7	224
Chile	1 632 283	2 444 571	49.8	4.1	150
Colombia	2 246 893	3 454 126 ^a	53.7	5.5	78
México	11 961 930	21 450 567	79.3	6.0	202
Panamá	255 955	351 469	37.4	3.2	109
Paraguay	342 024	473 888 ^a	38.6	4.2	80
Perú	862 589	1 613 694	87.1	6.5	58
República Dominicana	301 233	2 122 739 ^b	604.7	24.2	237

Fuente: Gómez et al. (2008; p. 28). Notas: ^a Año 2003; ^b Año 2004.

Cuadro 2.8. Car ownership en la Unión Europea en 1999 (con 15 miembros)

País	Número de carros por cada mil habitantes	Ranking
Bélgica	450	6
Dinamarca	341	13
Alemania	515	3
Grecia	275	15
España	424	8
Francia	465	5
Irlanda	346	12
Italia	544	2
Luxemburgo	610	1
Holanda	398	11
Austria	494	4
Portugal	330	14
Finlandia	407	10
Suecia	440	7
Reino Unido	414	9
EU 15	460	

Fuente: Balcombe (2004; p. 117)

3 Planteamiento de modelos econométricos

De entrada, y con respecto a la primera parte de esta investigación, para tratar de reproducir la dinámica de motorización nacional, aproximada mediante el comportamiento de la posesión vehicular, se ensayaron tres modelos: (a) el logístico, (b) la curva de von Bertalanffy (o “J” invertida), y (c) la curva de Gompertz. Para el modelo logístico, tenemos que:

$$\frac{dC}{dt} = r \frac{C}{C_{\max}} (C_{\max} - C) \quad (3.1)$$

donde r es una constante y C_{\max} corresponde al nivel de saturación de posesión vehicular (medido en número de autos particulares en circulación). La solución de (3.1) da lugar a la expresión:

$$C(t) = \frac{C_{\max}}{1 + [(C_{\max}/C_0) - 1] e^{-r(t-t_0)}} \quad (3.2)$$

con C_0 como el nivel de posesión vehicular (*car-ownership*) en el año inicial, t_0 .

Respecto a la curva en forma de “J” invertida o de von Bertalanffy, la tasa de cambio en la posesión vehicular viene dada por:

$$\frac{dC}{dt} = q(C_{\max} - C) \quad (3.3)$$

con q como el parámetro que describe su dinámica y C_{\max} con la misma interpretación que en (3.1). Como puede verse, (3.3) tiene la siguiente solución en forma cerrada:

$$C(t) = C_{\max} - (C_{\max} - C_0)e^{-q(t-t_0)} \quad (3.4)$$

Finalmente, la curva gompertziana está gobernada por:

$$\frac{dC}{dt} = r C [\ln(C_{\max}) - \ln(C)] \quad (3.5)$$

de donde se obtiene que:

$$C(t) = C_{\max} \exp \left[- \left(\ln \frac{C_{\max}}{C_0} \right) e^{-r(t-t_0)} \right] \quad (3.6)$$

En el contexto de estos tres modelos con los que se tratará de reproducir la dinámica de motorización en México, los parámetros de ajuste r , q e incluso C_{\max} , tentativamente están respondiendo a una motivación o a condiciones sociales y microeconómicas, atendidas individualmente por los agentes y cuya respuesta da lugar al comportamiento observado. Se seleccionará el modelo que mayor bondad de ajuste muestre respecto a los datos reportados. Además, del modelo seleccionado se considerará el valor de saturación como el nivel de equilibrio del *car-ownership*. Esto último es muy importante y debe enfatizarse: el valor de saturación vehicular obtenido por la metodología aquí descrita, no tendrá el inconveniente de ser arbitrariamente escogido por el investigador, pues por muy aceptable que sean sus criterios, no deja de constituir un valor impuesto; en lugar de eso, en este trabajo, se obtendrían simple y llanamente el valor de saturación que los propios datos sugieren, de forma “natural”, sin arbitrariedades en cuanto a algún parámetro. En contra de esta posición respecto a la forma de obtener el nivel de saturación, se encuentra el hecho de que podría dar lugar a resultados “descabellados”, o bien, que para su cumplimiento, implican mantener la tendencia actual, lo cual probablemente no suceda (eso dependerá de las peculiaridades del país bajo análisis, en este caso, de México).

Referente a la segunda parte de esta investigación, se considera la dependencia de la posesión vehicular, como aproximación a la motorización en México, con respecto a las siguientes variables macroeconómicas: tamaño poblacional (x_1),

PIB per cápita (x_2) y desigualdad en la distribución del ingreso (x_3). Para ello, se ampliará el modelo seleccionado en la etapa anterior, al incluir las variables económicas. Por ejemplo, si el modelo que mejor reproduce la tendencia de motorización fuera la versión de Verhulst, entonces se planteará el siguiente modelo logístico multivariado, con la intención de tratar de “endogeneizar” la dinámica de *car-ownership*:

$$C = \frac{C_{\max}}{1 + [(C_{\max}/C_0) - 1] e^{-\left(\beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i x_i\right)}} \quad (3.7)$$

con β_i ($i=1,2,3$) como coeficientes de ajuste y, en donde el nivel de saturación de la posesión vehicular, C_{\max} , se retoma de los resultados obtenidos en la primera parte de la investigación. Un modelo econométrico como el anterior, nos permitiría discernir (al menos en el caso de México), si las estimaciones en la literatura considerando sólo al PIB per cápita, son realmente apropiadas o si acaso son insuficientes al ignorar el efecto de variables regresoras adicionales como las aquí propuestas, lo que supondría una mejora en la forma de modelar este fenómeno.

Para finalizar la segunda etapa, en el caso de las variables de naturaleza “micro”, se extendería el modelo anterior, pero ahora con seis variables: salario mínimo real (y_1), tasa de desempleo (y_2), tasa de inflación (y_3), variación porcentual del crédito bancario (y_4), tasa de interés real (y_5), y una variable de infraestructura carretera (y_6). El modelo propuesto podría quedar de la siguiente forma:

$$C = \frac{C_{\max}}{1 + [(C_{\max}/C_0) - 1] e^{-\left(\beta_0 + \sum_{j=1}^6 \beta_j y_j\right)}} \quad (3.8)$$

O bien, se hará uso de la versión multivariada del modelo sigmoideal seleccionado en la primera etapa.

Finalmente, un procedimiento análogo al anteriormente descrito, se utilizará para determinar expresiones analíticas que reproduzcan el índice de motorización (definido como: cantidad de vehículos por cada millar de habitantes, cuando el número de vehículos está aproximado por la variable de posesión vehicular o el número de automóviles particulares en circulación).

4 Determinantes microeconómicos

Asumiendo que los individuos gozan de cierta libertad para decidir la adquisición y posesión de un automóvil para uso particular, esto es, que no tienen una presión institucional y/o personal de ningún tipo, sino que básicamente su toma de decisiones en este aspecto está restringida sólo por su presupuesto, por sus preferencias y por la oferta de autos disponible en el mercado, en este trabajo se considerará que los siguientes aspectos son los principales impulsores del *car-ownership* (y por ende de la motorización), a nivel de “micromotivos”, es decir, en el ambiente que encaran los agentes en su perspectiva individual:

- (1) La capacidad de compra o del poder adquisitivo
- (2) La certidumbre laboral, entendida como la seguridad percibida de contar con empleo, o simplemente mantenerlo
- (3) La estabilidad de los precios
- (4) La posibilidad de contar o no con un crédito automotriz
- (5) La tasa de interés del mercado
- (6) La infraestructura a la que se tiene acceso para movilizarse en automóvil propio
- (7) Las preferencias de consumo, o simplemente, los gustos y detalles particulares que se espera disfrutar en un automóvil
- (8) Los patrones culturales predominantes

La intuición detrás de esta elección de posibles determinantes, es la siguiente: Ya sea que la compra del automóvil se haga de contado o a crédito, la primera variable y quizá la más importante, es el salario y qué tanto puede adquirir con él. A su vez, la sensación de poder contar con el empleo al menos durante un tiempo razonable, otorga una percepción de estabilidad en el ingreso que seguramente facilitará la decisión de concretar la adquisición vehicular. Por otro lado, también es relevante el hecho de que los precios de los bienes se mantengan estables o no, pues tal estabilidad se reflejará a su vez en los precios de venta de los autos, sean nuevos o usados. Si bien algunos agentes optan por compras de contado, en la intuición del autor, la mayoría adquiere un vehículo a crédito, por lo que la existencia y amplitud de cobertura del crédito automotriz puede resultar en una

mayor motorización. Por lo anterior, un elemento adicional a tomar en cuenta es el comportamiento de las tasas de interés, que pueden incentivar o en su caso, incidir negativamente en la predisposición individual al crédito. Por supuesto, contar con suficiente infraestructura para trasladarse en vehículo particular es también un aspecto a considerar, y si bien hay diferencias dramáticas en la calidad de dicha infraestructura (en particular si el entorno es rural o urbano), tener acceso a caminos mínimamente transitables por automóvil, supone un factor en favor de la motorización, pues al contar con auto propio se puede mejorar la movilidad aprovechando los accesos disponibles. Finalmente, la cuestión de la idiosincrasia o identidad cultural, así como las peculiaridades en los gustos y el diseño de los autos, juegan un papel importante, aunque más bien atendible en un estudio basado en la perspectiva de la mercadotecnia, enfoque que no emplearemos aquí.

De esta manera, y con excepción de los puntos siete y ocho, los demás aspectos pueden aproximarse de manera cuantitativa mediante las variables:¹⁴

- (1) Salario mínimo real
- (2) Tasa de desempleo
- (3) Inflación
- (4) Una medida representativa del crédito automotriz, ya sea en número de créditos otorgados o mediante el saldo de los créditos
- (5) Tasa de interés real
- (6) Algún indicador de infraestructura vehicular; por ejemplo, la red nacional de carreteras

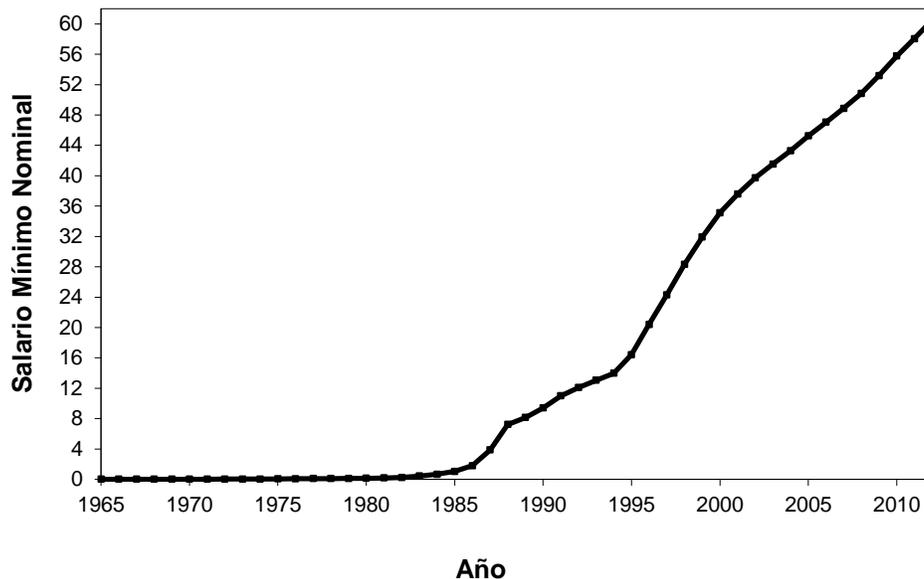
¹⁴ Cabe hacer una aclaración importante: Si bien es cierto que variables como la tasa de inflación o la tasa de interés son variables de naturaleza macroeconómica, las incluimos en esta sección porque aluden directamente a las condiciones cotidianas que los individuos enfrentan al momento de decidir adoptar un automóvil o no hacerlo. Así, una tasa de interés favorable al momento de adquirir un crédito automotriz va a estar influenciada, por definición, por la tasa de interés que a nivel agregado se está manifestando en la economía, pero, de manera muy importante, esa tasa favorable puede ser el factor que decida la adquisición del auto o al menos defina mucho de esa decisión. De esta manera, entendemos a estas variables como macroeconómicas, pero con un impacto decisivo a nivel micro, a nivel de toma de decisiones de los agentes.

4.1 Salario mínimo

A partir de la disponibilidad de datos en las fuentes primarias de información, es posible obtener algún conocimiento parcial sobre la relación de las variables anteriores con el proceso de motorización por *car-ownership* en México. De entrada, sabemos que el salario mínimo nominal crece monótonamente (véase Figura 4.1), pero no suele ocurrir lo mismo con el salario real, obtenido tras ajustar con la inflación. Así, de la Figura 4.2., podemos notar que el poder adquisitivo en México (al aproximarlos con el salario mínimo real) se ha ido deteriorando gradualmente desde finales de los años setentas y, en particular, a partir de 1981 la tendencia ha sido prácticamente monótona. Este comportamiento tan drástico, puede sugerir que al menos desde el período mencionado, la adquisición de vehículos no pudo haber estado dominada por procesos de compra al contado, o sólo permitió hacerlo cuando los autos eran usados y con varios años a cuotas, lo que disminuiría fuertemente su precio. En cambio durante los años de 1964-1977, un patrón favorable de creciente poder adquisitivo pudo haber favorecido una motorización a la alza.

Figura 4.1. Salario mínimo nominal en México durante 1964-2012

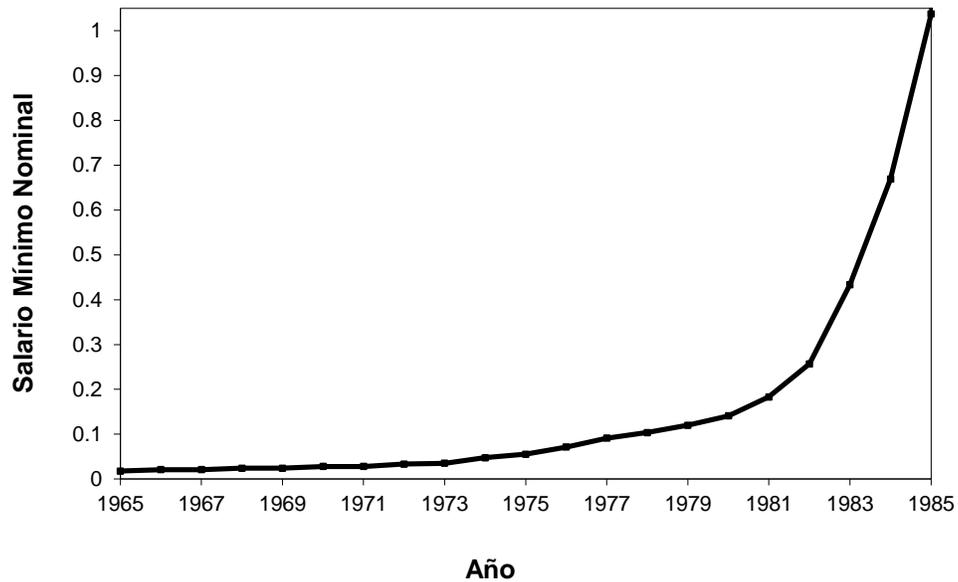
(a) Período completo



Fuente: Elaboración propia a partir de las cifras disponibles en los Informes Anuales de Banxico (varios años).

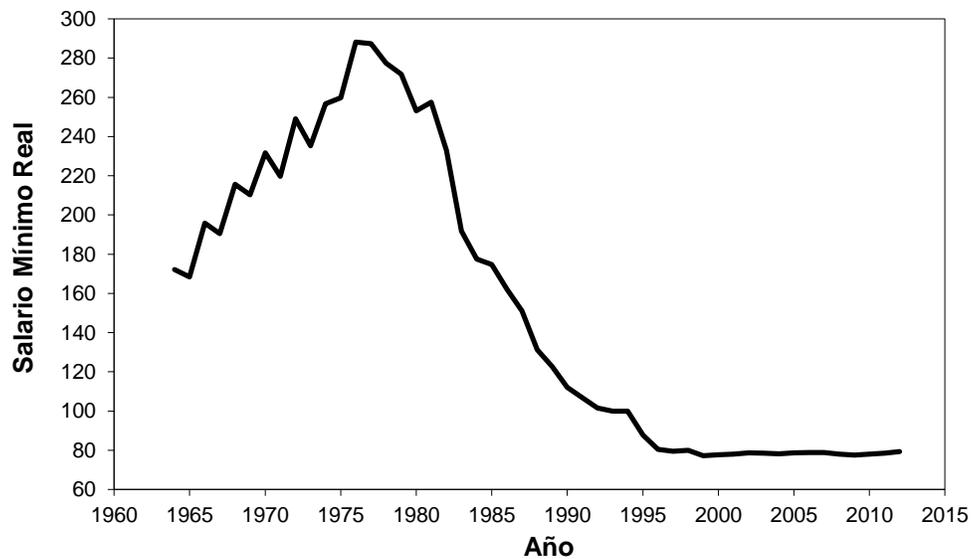
Figura 4.1. (cont.) Salario mínimo nominal en México durante 1964-2012

(b) Inicio del período, 1964-1985



Fuente: La misma que la de la Figura 4.1a.

Figura 4.2. Salario mínimo real en México durante 1964-2012

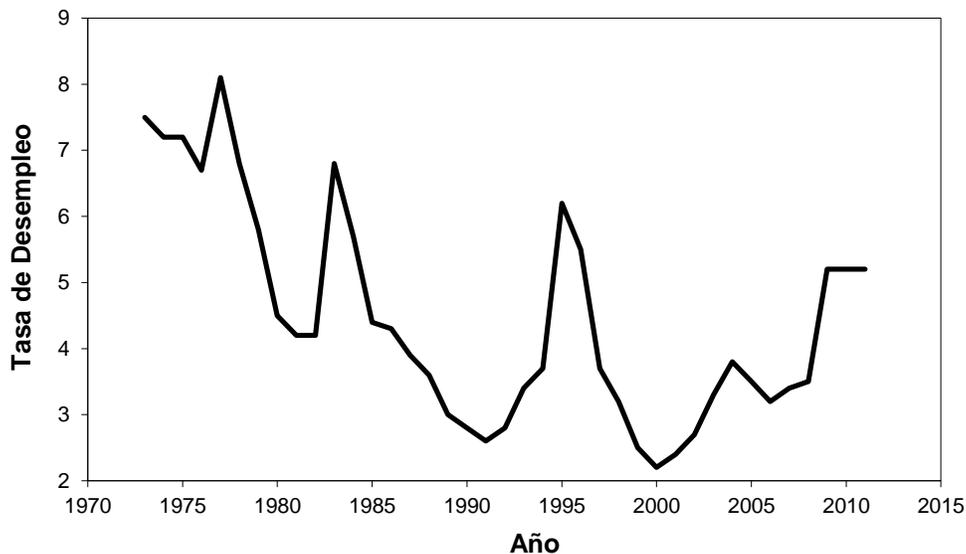


Fuente: La misma que la de la Figura 4.1a.

4.2 Desempleo

En contraste, la tasa de desempleo muestra un comportamiento que a nivel de tendencia, parece haber sido más favorecedor para el mercado automotriz entre 1970-1980, pues el desempleo se ha comportado (en general) a la baja, aunque con cambios relativamente fuertes en etapas de crisis, como se percibe en la Figura 4.3, para el caso de las crisis del petróleo, de la deuda, y la bancaria de 1994-1995. Así, una combinación de salario real en contracción y desempleo a la baja, podría configurar un escenario en donde una mayor cantidad de individuos tienen acceso a empleo, pero su remuneración real y poder de compra, es cada vez menor, lo que nos devuelve a la perspectiva de que los posibles autos adquiridos y en circulación no son los más caros, sino los más baratos, que generalmente son los más viejos. La aparentemente mala (o peor) noticia es que, para los años más recientes (a partir del 2000) parece estar gestando una tendencia alcista en la tasa de desempleo, la cual seguramente reducirá la velocidad de motorización en años próximos.

Figura 4.3. Tasa de desempleo en México durante 1973-2011

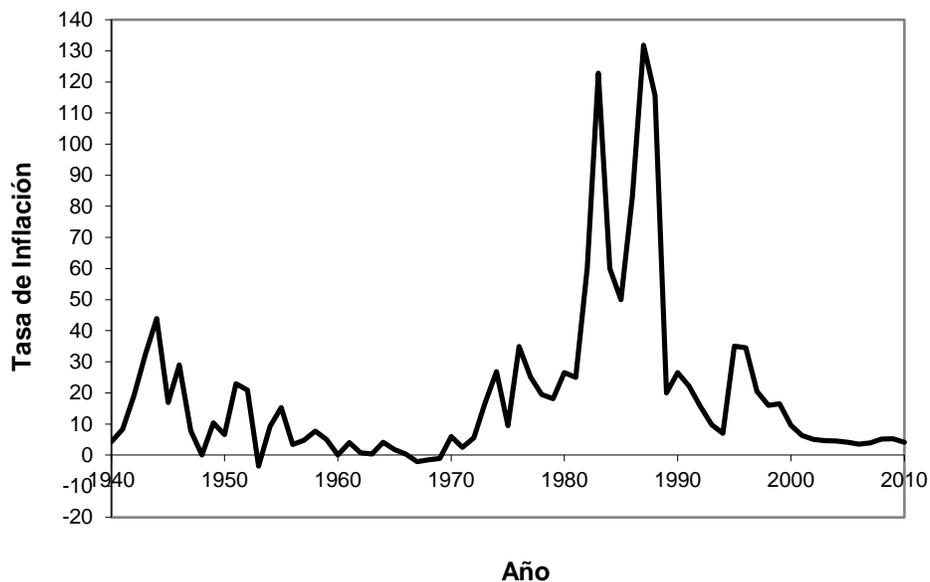


Fuente: Elaboración propia a partir de: Estadísticas Históricas de México 2009 (INEGI, 2010; pp. 409 y 410) y Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2011 (INEGI, 2012; Cuadro 9.16), para los períodos 1973-2008 y 2009-2011, respectivamente.

4.3 Inflación

Por otro lado, la inflación, si bien alcanzó niveles relativamente altos durante los años 1940-1950, al llegar a la etapa reconocida como el “milagro económico mexicano”, se comportó bastante bien, lo cual debe haber favorecido la adquisición vehicular. El problema fue la crisis inflacionaria que se presentó después, en los años setentas, y tuvo alcance hasta poco antes de la década de los noventas, para resurgir brevemente durante 1994-1995. Lo favorable aquí, es que desde este último y fatídico período, la inflación ha vuelto a niveles bajos, lo cual podríamos esperar que haya favorecido recientemente al *car-ownership*.

Figura 4.4. Evolución de la inflación en México, período 1940-2010

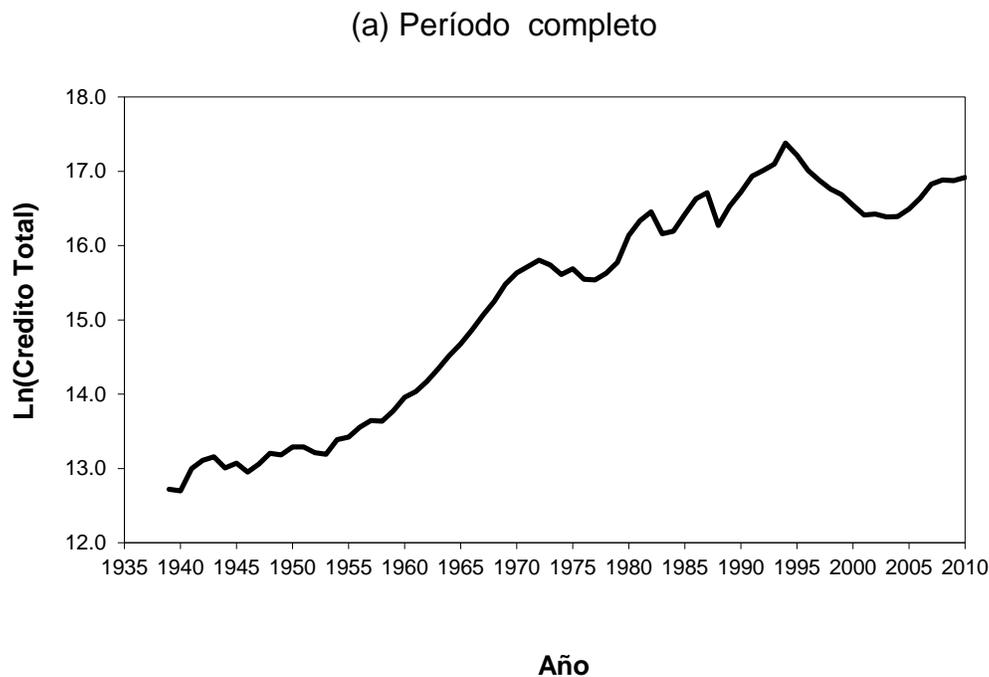


Fuente: Elaboración propia a partir de: Estadísticas Históricas de México 2009 (INEGI, 2010; pp. 1292-1295) y Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2011 (INEGI, 2012; Cuadro 15.5).

4.4 Acceso al crédito

Respecto a la disponibilidad de crédito automotriz, una de las primeras carencias que se tuvieron en este estudio fue precisamente la dificultad de acceder a datos más allá de los muy recientes (del 2010 al presente), problema que no se logró solventar en los tiempos contemplados para la realización de esta investigación. Sin embargo, pese a no contar con dicha información para un horizonte temporal más amplio, lo que podemos hacer en su lugar es abordar la evolución crediticia general en México, como un indicador relativamente aproximado de la situación que prevalece en el sector automotriz; tentativamente este esfuerzo nos puede mostrar algunos rasgos relevantes de utilidad para describir la situación que han encarado y siguen afrontando los agentes al momento de adquirir un automóvil por la vía crediticia.

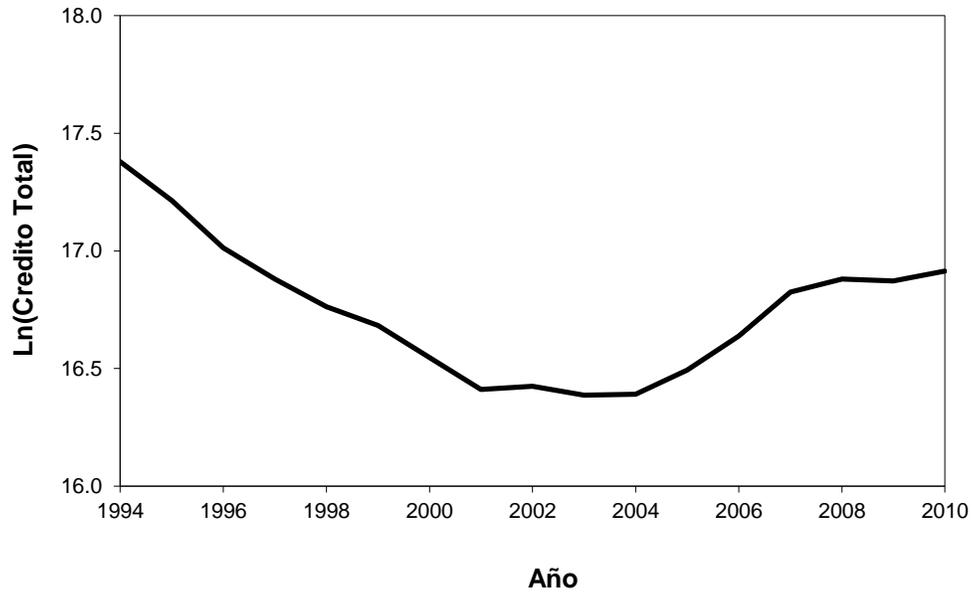
Figura 4.5. Comportamiento del crédito total (real) otorgado por la banca comercial en México durante 1933-2011



Fuente: Elaboración propia a partir de: Estadísticas Históricas de México 2009 (INEGI, 2010; pp. 1398 y 1399) y Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2011 (INEGI, 2012; Cuadro 19.10 primera parte), para los períodos 1933-1994 y 1995-2010, de forma respectiva.

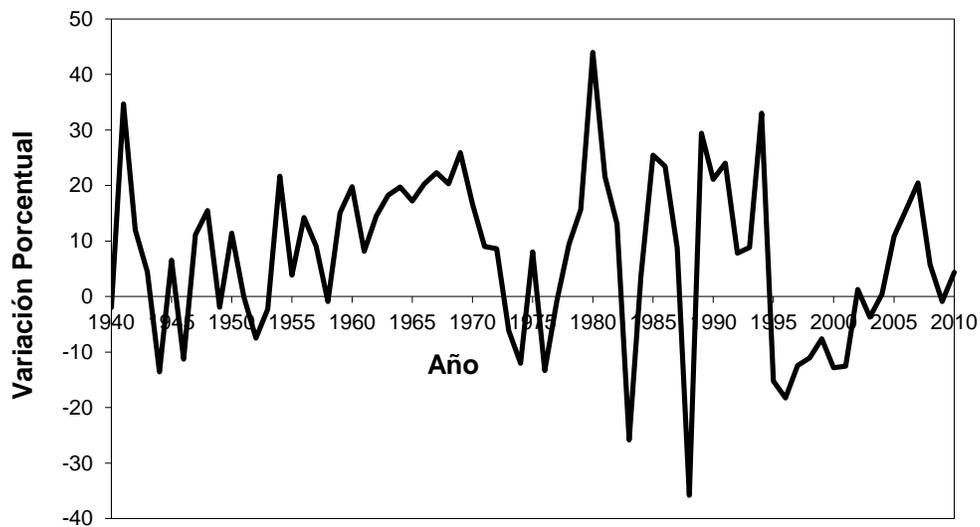
Figura 4.5 (continuación). Comportamiento del crédito total (real) otorgado por la banca comercial en México durante 1933-2011

(b) Final del período, 1994-2010



Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la Figura 4.5a.

(c) Variación porcentual anual



Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la Figura 4.5a.

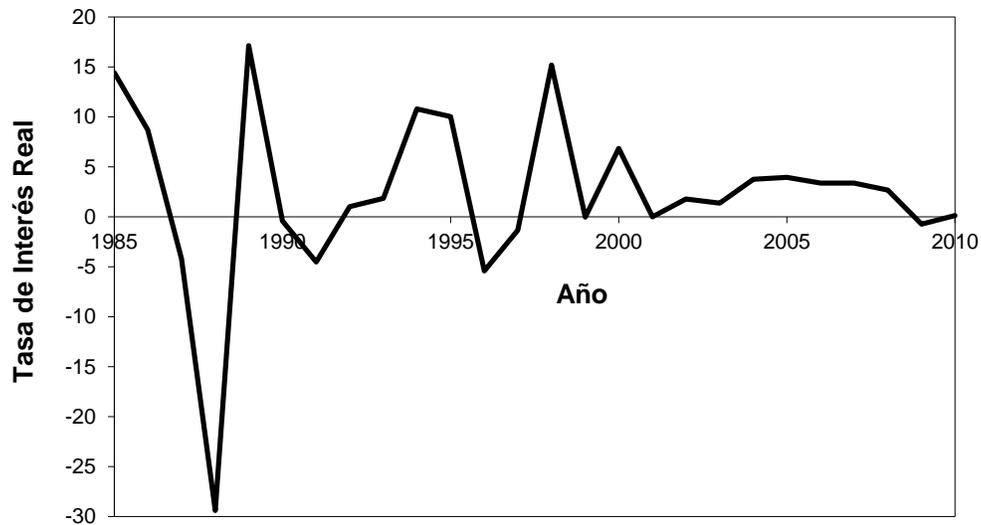
El financiamiento para adquirir un automóvil, es sólo uno de los varios conceptos por los que se puede otorgar y recibir un crédito. En principio, las mismas (o casi las mismas) condiciones que impactan de forma negativa o positiva el otorgamiento de créditos, están presentes tanto en el ramo automotriz como en, por ejemplo, el sector de vivienda, o incluso, en el total de créditos que la banca comercial instrumenta en un período dado. Con esto en consideración, y ante la carencia de datos, podemos servirnos del patrón de crédito total como una variable proxy del comportamiento del crédito automotriz (con limitantes por supuesto). De la Figura 4.5a, se observa que a pesar del entorno variable, se ha contado con una actividad crediticia sostenida durante casi sesenta años; aunque desde 1995 hasta el 2011, todavía no se han vuelto a recuperar los niveles de financiamiento previos a la crisis bancaria de aquel entonces (Figura 4.5b). Si este patrón es válido también en el sector automotriz, pudiera explicar buena parte del crecimiento continuo del parque vehicular que se ha experimentado en México, a pesar de las circunstancias adversas a nivel de los hogares y que aparentemente deberían limitar mucho más la tasa de motorización nacional. Así, comprar un auto a crédito, podría reducir la brecha que separa a un trabajador promedio en México para hacerse de un vehículo propio, ante la imposibilidad de conseguirlo al contado. El problema aquí, es que el patrón de crédito bancario ha sido muy volátil año tras año, con evidencias de hasta un 40% de crecimiento de un año a otro, sólo para caer otro tanto al siguiente período. Así, lo que también queda claro, a lo largo de casi siete décadas de evolución de esta dinámica, es la presencia de una alta variabilidad en años consecutivos (Figura 4.5c), que seguramente limita el potencial de crecimiento real de la flota vehicular en México.

4.5 Tasa de interés

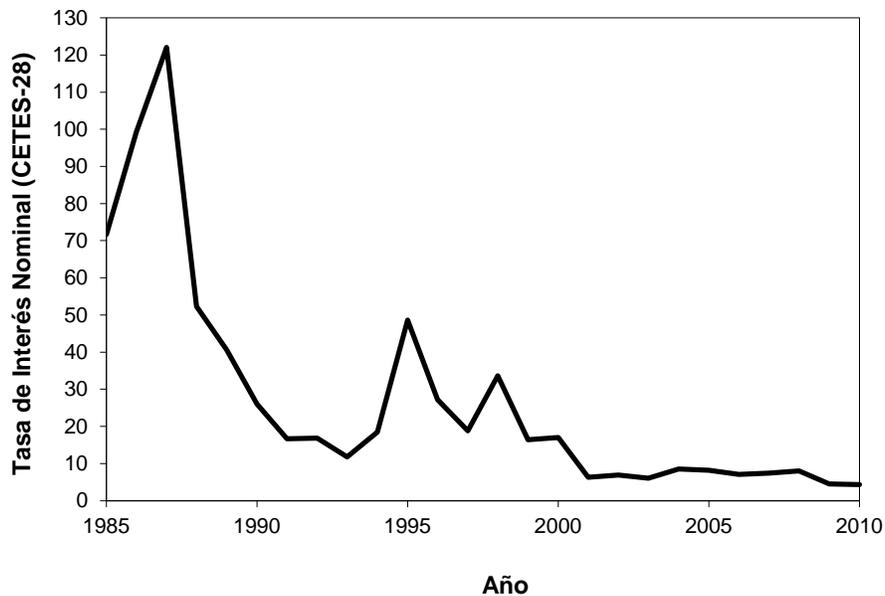
Por supuesto, una variable muy importante y relacionada con el acceso a los créditos automotrices (y de cualquier otro tipo), es la tasa de interés, concretamente la tasa de interés real, cuyo comportamiento en el último cuarto de siglo se ilustra en la Figura 4.6 y que aquí se ha calculado con la tasa nominal de CETES a 28 días, deflactada por el INPC. Lo que muestra esta gráfica, en particular la 4.6a, es que la tasa real en años anteriores se ha encontrado en niveles muy altos en comparación con los registros de naciones desarrolladas, en donde dicha tasa fluctúa con relativa suavidad en un rango del 1.5 a 2.0%. Para nuestro caso de financiamiento automotriz, estos niveles en las tasas de interés en México son preocupantes porque inhiben seriamente la posibilidad de que los agentes decidan tomar un compromiso de crédito bajo escenarios de esta naturaleza. Sin embargo, en los años recientes hay una aparente tendencia a la baja que puede resultar muy favorable para fines de posesión vehicular.

Figura 4.6. Tasas de interés en México durante 1985-2010

(a) Tasa de interés real



(b) Tasa de interés nominal (CETES a 28 días)

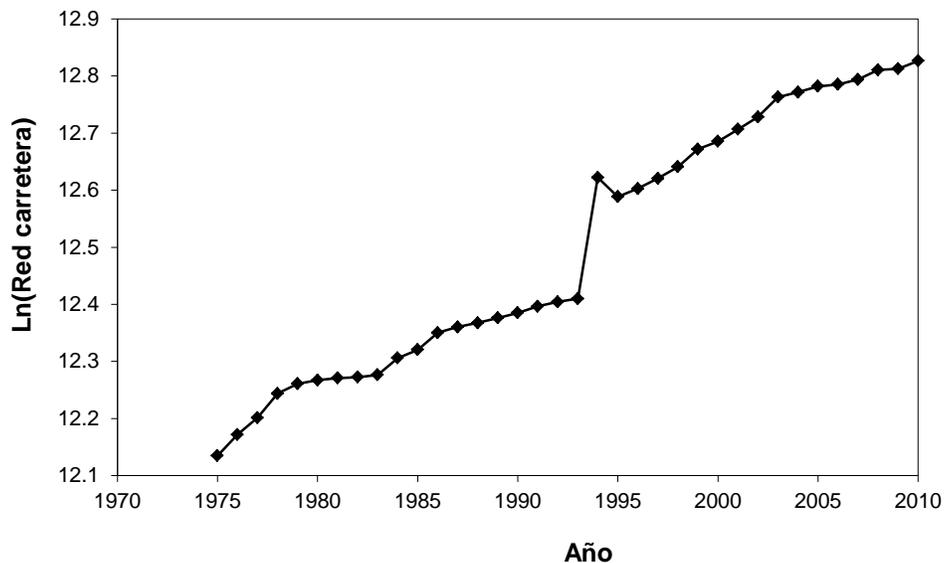


Fuente: Elaboración propia a partir de la información sobre CETES-28 reportada en: Estadísticas Históricas de México 2009 (INEGI, 2010; Cuadro 18.15), Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2011 (INEGI, 2012; Cuadro 19.30) y de las cifras sobre inflación asociadas con la Figura 4.4.

4.6 Infraestructura carretera

Por último, contemplamos en este capítulo que la posibilidad de tener una red de tránsito suficiente, probablemente también debe ser un aspecto facilitador de la decisión de adquirir un vehículo para uso propio¹⁵. Así, retomando las estadísticas oficiales de infraestructura carretera, podemos capturar parte del impacto que las redes de tránsito están teniendo como impulsoras del *car-ownership*, al servir como “señales” enviadas por el gobierno, para promover una mayor motorización. La Figura 4.7 indica con claridad la tendencia creciente de equipamiento en este sentido, en donde destaca la cifra reportada para el año de 1994, tanto por el incremento de 23.6 % con respecto al período anterior (1993), como por el inédito descenso de 3.3 % registrado al año siguiente (1995).

Figura 4.7. Patrón de crecimiento de la longitud de la red nacional de carreteras en México durante 1975-2010



Fuente: Elaboración propia a partir de: Estadísticas Históricas de México 2009 (INEGI, 2010; p. 961) y Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2011 (INEGI, 2012; Cuadro 17.2), para los períodos 1975-2006 y 2007-2010, respectivamente.

¹⁵ Al respecto, un comentario revelador: “pudiera uno pensar que en un principio las carreteras pavimentadas se construyeron atendiendo al uso del automóvil, pero [en realidad] fueron construidas para atender los vehículos tirados por caballos” (Shifter et al., 2003).

En este punto, cabe aclarar una ligera modificación en un par de variables a considerar como explicativas en el enfoque microeconómico o de microentorno tratado en este capítulo. Con respecto al crédito bancario y la longitud carretera, tenemos el problema de que las unidades en que dichas variables están expresadas son relativamente “grandes”, sería más conveniente poder conservar la misma idea o intuición detrás de cada variable pero en unidades más manejables. Para hacer esto, podemos introducir: (a) la variación porcentual anual del crédito bancario y (b) el índice de Engel, para solventar el manejo relativamente engorroso de las unidades de las variables originales: crédito bancario (saldos reales en millones de pesos) y extensión o longitud de la red carretera nacional (en kilómetros), respectivamente. En el caso de la variación porcentual del crédito (Figura 4.5.c), la lógica detrás de su introducción como variable sustituta es inmediata; respecto al índice de Engel, cabe hacer un comentario adicional. En sustitución de la variable logaritmo natural de la longitud carretera (Figura 4.7), emplearemos el índice de suficiencia vial o índice de Engel, *IE*; esta nueva variable “representa la capacidad que tiene la red vial [nacional] para garantizar los servicios de transporte, considerando la población y la superficie [territorial]”, de acuerdo con Palacio-Prieto et al. (2004; p. 121). El índice de Engel se determina como sigue:

$$IE = \left(\frac{KmV}{\sqrt{S \times P}} \right) \times 100 \quad (4.1)$$

en donde, *P*: número de habitantes.

KmV: longitud en kilómetros de las carreteras de la región considerada.¹⁶

S: kilómetros cuadrados de superficie territorial.

Así, en la medida que el índice de Engel es menor, refleja que la capacidad de la infraestructura vial es menor también, o bien, se dice que la zona en cuestión posee una red vial relativamente saturada; análogamente, cuando el índice *IE* toma valores superiores, indica una mayor capacidad de circulación y por ende, que la infraestructura en cuestión facilita más el intercambio de mercancías y de personas.

¹⁶ En realidad, también se suele incluir la longitud de las vías férreas disponibles y no solamente la extensión carretera, pero por tratarse de un medio de transporte ajeno al vinculado con este estudio, las cifras de longitud ferroviaria no se considerarán en los cálculos.

Cuadro 4.1. Tipos de infraestructura vial a partir de los valores resultantes del índice de Engel

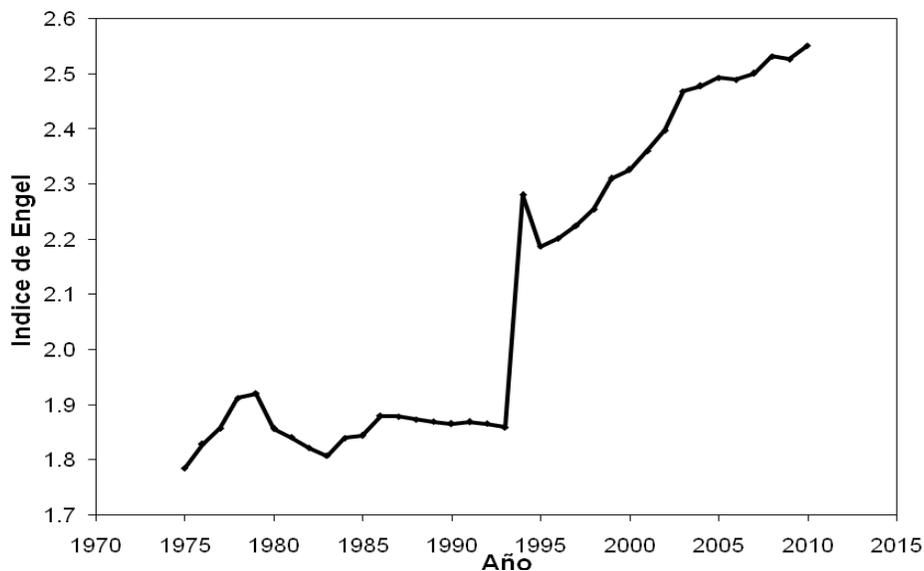
Descripción		Rango del índice de Engel
1	Zona con infraestructura saturada	IE toma los valores más bajos
2	Zona con infraestructura vial relativamente saturada	IE con valores intermedios
3	Zona sin saturación de la vialidad	IE con los valores más altos

Fuente: Palacio-Prieto et al. (2004; p. 122)

En síntesis, conforme el índice de Engel es mayor, su valor creciente significa que la red carretera de la región garantiza una infraestructura vial suficiente (o adecuada) para las necesidades de transporte asociadas con el número de personas que viven en la zona y con el tamaño superficial de ésta.

En la Figura 4.8 podemos observar cuál ha sido la situación para México en los últimos treinta y cinco años. Aparentemente, podemos encontrar tres etapas de relativo crecimiento en la infraestructura vial: 1975-1979 (con un alza moderada de 1.8% anual en promedio), una muy rápida de 1993-1994 y una tercera más “suave” pero sostenida desde 1995 al presente (al 1.03% promedio anual). En contraste, el período de 1979-1993 no mostró incrementos significativos en infraestructura (más bien parece haber sido constante) con tendencia marcada a la baja en algunos años al inicio de la llamada “década pérdida” (en realidad el índice y por ende la capacidad vial, se vieron reducidos ligeramente durante esa etapa, en un 0.2% anual en promedio). En principio, esta variación en la infraestructura vial puede haber ejercido alguna influencia en el comportamiento del *car-ownership* en México, y por ende, en la tasa de motorización nacional.

Figura 4.8. Evolución del índice de suficiencia vial (o de Engel) en México. Período: 1975-2010



Fuente: Elaboración propia a partir de la ecuación (4.1), haciendo uso de las siguientes fuentes: (a) respecto a la población, para el período 1980-1989 las cifras se recopilaron de CEFP (2003a; p. 3), mientras que los valores de 1971-1979 se obtuvieron como se indica en el Anexo Metodológico, y para los años restantes se utilizaron los datos reportados por CONAPO (Indicadores Demográficos Básicos, varios años); (b) Las cifras de la red nacional de carreteras para el período de 1930-2006, provienen de: Estadísticas Históricas de México 2009, INEGI (2010; p. 961); para el período 2007-2010, los valores fueron tomados de: Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2011, INEGI (2012; Cuadro 17.2).

5 Determinantes macroeconómicos

Desde una perspectiva agregada, las características que distinguen la trayectoria histórica de la República Mexicana, y que en este trabajo se considera que están influyendo en el proceso de *car-ownership* (y por ende en la tasa de motorización), son las siguientes:

- (1) Un indicador del posible número de compradores de autos particulares, es decir ¿cuántas personas hay que podrían optar por desplazarse en un vehículo propio?¹⁷
- (2) Una medida de la riqueza disponible por individuo, esto es, ¿de cuánto ingreso se dispone para adquirir uno, dos o incluso quizá más autos?
- (3) Un parámetro que describa la equidad en los niveles de riqueza de la población.

Por tanto, las variables que pueden emplearse para tratar de capturar los efectos anteriores, son, de forma natural:

- (1) El tamaño poblacional
- (2) El PIB per cápita
- (3) La desigualdad en la distribución del ingreso

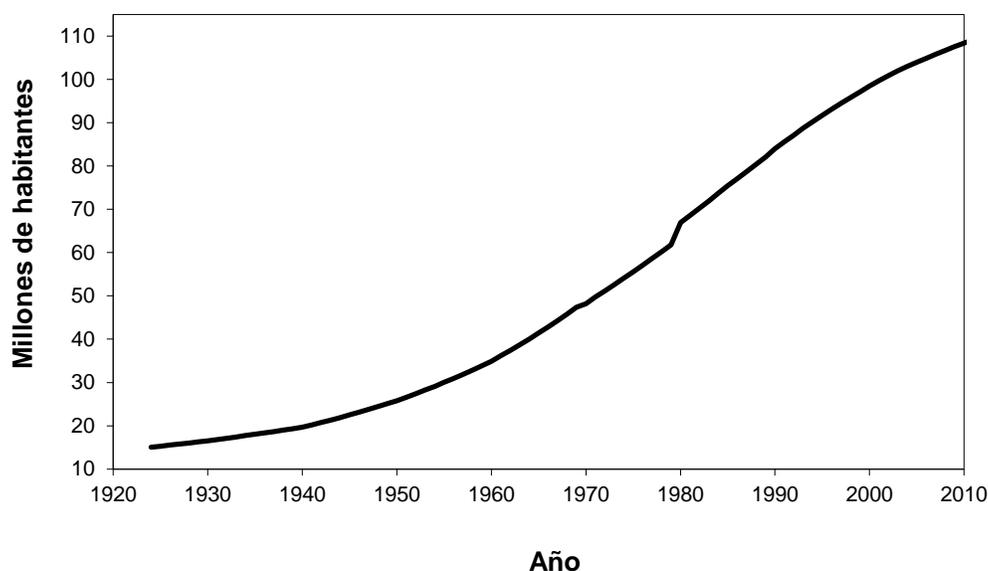
5.1 Población

En los años turbulentos de la Revolución, México pasó de tener una población de 15.2 a 14.3 millones de habitantes (1910-1921). Sin embargo las estimaciones más recientes indican que el costo demográfico de la Revolución fue de casi 2.1 millones de personas, “de las cuales dos terceras partes fueron causadas por exceso en mortalidad, una cuarta parte por pérdidas en natalidad y menos de una décima parte por emigración” (Moreno-Brid et al., 2010; p. 106). Posteriormente,

¹⁷ Quizá una mejor variable sería la población económicamente activa, sin embargo, conservaremos a la población total como variable regresora, por constituir éste un primer intento de modelación.

se empezó a experimentar un proceso gradual de recuperación, estabilizado en tasas anuales de 1.10 a 1.72% en la década de 1930-1940 (Alba-Hernández, 1976; p. 6). Más tarde, en el período de 1940-1970, la era dorada de la industrialización, México experimentó un crecimiento poblacional de 20 a 48 millones de personas, con un porcentaje habitando en áreas urbanas que pasó del 35 al 58% (Moreno-Brid et al., 2010). A partir de la década de los años setentas, las tendencias de la población mexicana son hacia una proporción de jóvenes cada vez menor, con una tasa de crecimiento en declive, y una cada vez mayor esperanza de vida. Al día de hoy, el perfil poblacional ha cambiado tanto, que incluso se habla de que “hemos roto el círculo del crecimiento demográfico acelerado, pero ahora habrá que prepararse para la implosión demográfica” (García et al., 2010; p. 12). La evolución histórica completa (para los años de interés del presente estudio), se muestran en la Figura 5.1.

Figura 5.1. Población total en México (período: 1924-2012)



Fuente: Elaboración propia a partir de las siguientes referencias: para el período 1924-1970, las cifras se recuperaron de: Estadísticas Históricas de México 2009 (INEGI, 2010; pp. 609 y 610); los datos para 1971-1979 se obtuvieron como se señala en el Anexo Metodológico; para el período 1980-1989, los valores numéricos se recopilaron de: CEFP (2003a; p. 3); finalmente, los datos de los años restantes se extrajeron de: Indicadores Demográficos Básicos (CONAPO, varios años).

5.2 Ingreso per cápita

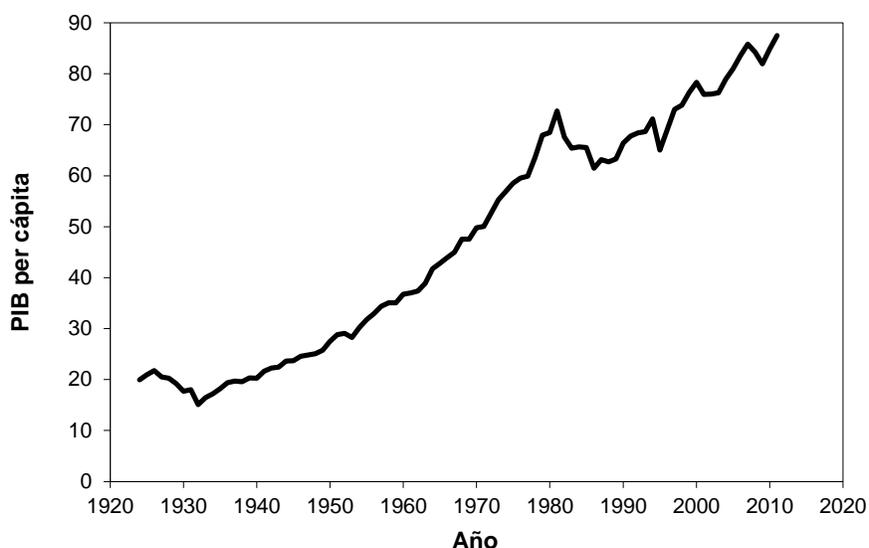
En general, en el período que va de 1910-1940, la expansión del PIB y del PIB per cápita se desarrolló a un paso lento, a una tasa aproximada del 1.3 y 0.5% anual, respectivamente, aunque con un incremento en la participación del sector manufacturero, en lo que se refiere a la estructura del PIB, al pasar del 11 al 15% de 1910 a 1940.¹⁸ Posteriormente, la época de 1940-1970 fue un período de industrialización, en el que la economía mexicana creció a una tasa de 6.4% anual en términos reales, mientras que el PIB per cápita lo hizo a un 3.2%, cambiando además el “rostro” del país, al pasar de una sociedad agraria a una más urbana, de tipo semi-industrial. En particular, los años de 1956-1970, reconocidos como los del “desarrollo estabilizador” fueron muy favorables: el PIB creció al 6.7% promedio al año, con una tasa inflacionaria de apenas 3% anual, el tipo de cambio se mantuvo estable, el salario real aumentó a una tasa media del 4.5% anual y, en general, surgió una clase media relativamente pujante conforme se fue incrementando el nivel de vida (aunque se reconoce la persistencia de problemas en la distribución del ingreso).

Si bien el PIB per cápita no creció a una tasa tan espectacular como sí lo hizo el PIB, esto se debió más bien al rápido crecimiento de la población total durante esos años, siendo superior incluso al crecimiento de la fuerza laboral. De 1971-1976, se puso en marcha una nueva estrategia de “desarrollo compartido” que trató de atender el problema de la desigualdad, buscando que el crecimiento de la economía fuera repartido con mayor equidad. Al inicio, el nuevo enfoque fue relativamente exitoso (6% de tasa promedio de crecimiento del PIB entre 1970 y 1976, con el coeficiente de Gini bajando de 0.54 a 0.49 en 1968 y 1977, respectivamente), pero pronto comenzaron a surgir desequilibrios macroeconómicos que fueron minando el desempeño agregado, en particular, en lo que se refiere a la tasa de inflación que llegó a los dos dígitos, y el déficit comercial, que se incrementó en seis veces su valor al inicio del período. Más tarde, se tuvo que devaluar el peso en un 100%, con lo que se abandonó la estabilidad cambiaria mantenida por más de veinte años. Finalmente, en 1977 el crecimiento del PIB se redujo a menos del 4%. De 1978 a 1981 se vivió el “auge petrolero”, años en los que se recuperó el crecimiento económico e incluso se alcanzaron niveles históricos: el PIB aumentó en un 9% anual aproximadamente, mientras que el PIB per cápita lo hizo aún mejor, ubicándose en tasas de entre 9 y 10%, estando impulsado este comportamiento principalmente por la tendencia a la alza de la producción petrolera y los altos precios del crudo en el mercado internacional. Incluso el nivel de desigualdad se redujo significativamente (ver Figura 5.3). Pese al panorama favorable, se dependía demasiado de que los

¹⁸ Para el desarrollo de este apartado 5.2, se ha tomado como base la descripción detallada de Moreno-Brid et al. (2010)

precios del petróleo se mantuvieran altos y crecientes, lo que por supuesto no fue una situación permanente.¹⁹ Así, cuando los precios internacionales del petróleo empezaron a caer (en combinación con tasas de interés externas en niveles altos), se hizo evidente la debacle: el déficit comercial y el gubernamental se duplicaron entre 1980 y 1981, la deuda externa creció de 57 mil 400 a 72 mil 200 millones de dólares, y una intensa fuga de capitales, evidenció un masivo deterioro macroeconómico.

Figura 5.2. PIB per cápita en miles de pesos a precios del 2003 (1924-2011)



Fuente: Elaboración propia a partir de los valores reportados para la serie histórica del PIB en: Banco de Información Económica (INEGI, varios años), y tras el posterior encadenamiento de la serie para un mismo año base; para las cifras poblacionales, las referencias son las mismas que las de la Figura 5.1.

¹⁹ Al día de hoy, la opinión general respecto a esa creencia fallida, parece ser la siguiente: “la interpretación del alza del petróleo como un hecho permanente y la de las tasas de interés como uno transitorio... [fue un] error fundamental” (Schettino, 2011; p. 497).

La década de los ochentas fue un período de ajuste estructural para corregir los desequilibrios de años anteriores. Sin embargo, tal ajuste no propició buenas bases para impulsar el crecimiento, que fue casi nulo o incluso ligeramente negativo en varias etapas del período y estuvo asociado con una reducción en el nivel de vida de la población. Más concretamente, durante 1982-1988 el PIB no creció (la tasa media anual fue cero) y el PIB per cápita se contrajo en poco más del 15%. Además, la inflación promedio al año rondó el 90%, mientras que el salario disminuyó un 8.1% anual entre 1983 y 1988; finalmente, el coeficiente de Gini aumentó de 1984 a 1989, confirmando un empeoramiento en la distribución del ingreso. En la década de los noventas se continuó y profundizó con el proceso de ajuste y reformas iniciado en 1982, proceso que estaba dirigido a transformar la estrategia de desarrollo. La expectativa era que al introducir en la economía una mayor competencia de mercado y liberalización comercial, así como con un estricto cuidado de la estabilidad macroeconómica, necesariamente se iba a generar un crecimiento sostenido, incluso a un nivel superior al de los años previos a la época de la crisis de la deuda. En la práctica, la situación ha sido un tanto diferente. Al respecto, Elizondo Mayer-Serra refiere: “El crecimiento ha sido modesto en las últimas décadas... Entre 1981 y 1990 el PIB per cápita cayó 0.18%; en los diez años siguientes creció, pero únicamente a un promedio anual de 1.86%. De 2001 a 2010 este crecimiento fue de un bajísimo 0.66% anual” (2011; p. 18). No son pocas las teorías que tratan de explicar este lento crecimiento, pero el debate sigue abierto.

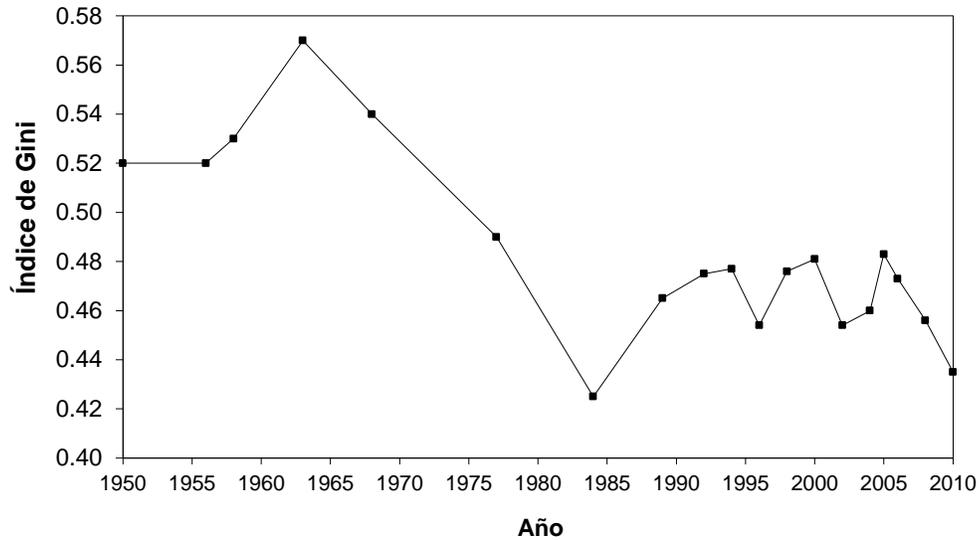
5.3 Desigualdad del ingreso

Si bien en la sección anterior ya hicimos mención reiteradamente del comportamiento de la distribución del ingreso, éste únicamente se abordó en el marco descriptivo general que caracterizó a la tendencia del PIB per cápita, pero el análisis no se centró en dicha distribución. El problema es que justamente la desigualdad en el ingreso es un tópico aún más difícil de tratar, al menos para quien esto escribe.²⁰ Como se observa en la Figura 5.3, no hay un patrón único claramente distinguible, excepto por la tendencia a la baja del coeficiente de Gini a partir de 2005, lo que refleja una clara disminución de la desigualdad, lo que aunado a una alza en el PIB per cápita podría dar lugar a un posible incremento de la motorización. Sin embargo, antes de este período, el comportamiento de la distribución del ingreso parece ser más bien cíclico y relativamente irregular (además del problema de la insuficiencia de datos reportados en la literatura, lo cual complica la comprensión del panorama). Pese a ello, de forma general podemos observar que la distribución del ingreso empeoró de 1950 a principios de los años sesentas. A partir de entonces y hasta mediados de los años ochentas el proceso de inequidad en el ingreso se invirtió, declinando la desigualdad, alcanzando incluso los niveles mínimos históricos. Sin embargo, a mitad de esa década la dinámica se revirtió y la desigualdad comenzó nuevamente a aumentar, hasta el año 2004, para nuevamente volver a declinar, esta vez con una tendencia que hasta ahora ha sido constante y cuyos determinantes están bajo estudio; así, en lo que se refiere a las últimas mediciones, un autor sugiere: “En los últimos años nos hemos vuelto un poco menos desiguales; ésta podría ser una tendencia asociada con la democracia, con cambios demográficos y con ciertas políticas públicas, sobre todo la de proporcionar un mayor acceso a la educación y crear programas como Oportunidades, que no son ajenas a esos cambios democráticos” (Elizondo Mayer-Serra, 2011; p. 63). Cabe hacer notar que el comportamiento aquí abordado es a nivel nacional, pero existe una dinámica propia a todos los niveles en México: “Las disparidades de ingreso entre la población también se reflejan en términos regionales. Por lo general los estados del sur son mucho más pobres que los del norte. El atraso económico y social del sureste con respecto al resto del país... [es marcado]. También existe una considerable desigualdad al interior de cada entidad, con grandes diferencias en el ingreso y en los indicadores socioeconómicos en un mismo estado, con frecuencia relacionadas con la división entre áreas urbanas y rurales. Tales diferencias se reflejan también hasta cierto punto en los indicadores de acceso a los servicios

²⁰ Algunos autores, como Elizondo Mayer-Serra (2011; p. 73) y Schettino (2011; p. 450-452), plantean que en realidad el bajo crecimiento económico y la alta desigualdad están relacionados. Sin embargo, aunque puede establecerse tal correlación en algunos años del período, no es claro que la relación sea estable a lo largo de 1950-2010, y probablemente la naturaleza de su vínculo (de existir), sea más bien complicada y altamente no lineal.

básicos, salud, escolaridad y en los indicadores de desarrollo humano en general” (Moreno-Brid et al., 2010; p. 281 y 282).

Figura 5.3. Desigualdad en la distribución del ingreso en México (período: 1950-2010; años seleccionados)



Fuente: Elaboración propia a partir de: ENIGH (varios años) para el período 2005-2010, y Székely (2005; p. 16) para 1950-2004.

6 Calibración e interpretación de los modelos

Para tratar de reproducir la tendencia de la posesión vehicular en México, retomaremos los modelos sigmoidales descritos al inicio del capítulo tres (ecuaciones (3.1)-(3.6)), más el modelo clásico de crecimiento exponencial, con una consideración adicional: para cada caso, se incluirá no sólo el modelo teórico (con una interpretación específica para cada parámetro), sino también la versión con parámetros “libres”, es decir, ignorando la relación existente entre los parámetros y contemplando sólo la versión empírica del modelo. Esto con fines de mejorar la reproducción de la tendencia y hacer más eficiente la predicción del valor de saturación vehicular para cada modelo, además de servir como orientación en los valores iniciales al ajustar los modelos teóricos. De esta manera, los modelos con parámetros libres fueron los siguientes:

$$\text{Logístico: } C(t) = \frac{c}{1 + a e^{-b(t-t_0)}} \quad (6.1)$$

$$\text{Bertalanffy: } C(t) = c - a e^{-b(t-t_0)} \quad (6.2)$$

$$\text{Gompertz: } C(t) = c \exp\left[-a \cdot e^{-b(t-t_0)}\right] \quad (6.3)$$

$$\text{Exponencial: } C(t) = a e^{-b(t-t_0)} \quad (6.4)$$

Y se estimaron antes que los modelos descritos por las expresiones (3.2), (3.4) y (3.6).

Respecto a la estimación de la totalidad de los modelos, seguimos la metodología de Brown (2001) y para dicho propósito se utilizó la herramienta SOLVER que viene incluida en Excel®, debido a la naturaleza no lineal de las ecuaciones ensayadas. En este sentido, si bien es cierto que es posible, por ejemplo, linealizar la ecuación logística y hacer regresiones con ella a partir de la suposición de un valor apropiado para el nivel de saturación, en este trabajo se ha preferido no emplear ese enfoque porque no permite trabajar y menos reproducir la dinámica “natural” subyacente en los datos. En lugar de eso, el ejercicio de estimación vía linealización implica imponer una restricción importante a la dinámica de posesión vehicular, pues de antemano se fija su nivel de estado estacionario, lo cual, en opinión personal, limitaría en demasía los alcances del estudio, pues un aspecto clave al determinar la dinámica de curvas sigmoideas como las aquí planteadas, es precisamente determinar hacia qué niveles de equilibrio se aproximan los datos reportados a partir de sus valores iniciales y cuáles son las tasas de crecimiento

intrínsecas. En particular, para México nos permitiría precisar si la motorización abordada está tomando un comportamiento similar al de otras naciones a partir de variables explicativas comunes, o si por el contrario, la motorización se está llevando a cabo de forma distinta.

Con lo anterior en consideración, los parámetros correspondientes se determinaron mediante la minimización de una función objetivo predefinida como medida del error en la estimación (en nuestro caso fue la suma del cuadrado de los residuos, SSE) y dichos parámetros se muestran en el Cuadro 6.1, junto con la bondad de ajuste alcanzada por cada modelo.²¹ El método empleado por SOLVER para dicho ajuste, es una rutina iterativa de ajuste no lineal, en concreto, en este estudio se utilizó el método del gradiente conjugado. Con respecto a los resultados de la estimación de modelos, podemos hacer una distinción entre la información obtenida: si se desea elegir al modelo que matemáticamente ajuste mejor a los datos pero sin importar su contexto interpretativo o, por el contrario, si dentro de los modelos que tienen una significación concreta para sus parámetros se desea conservar al mejor de ellos, entendiendo por mejor modelo al que ofrece la mayor bondad de ajuste. Con esto en consideración, podemos categorizar los modelos obtenidos, de la siguiente manera: atendiendo sólo la bondad de ajuste, lo que encontramos es que el modelo exponencial simple es el que reproduce mejor los datos de *car-ownership*, seguido del modelo logístico con parámetros libres, bajo el criterio de que con ellos se alcanzan los menores errores posibles (véase Cuadro 6.2). El problema es que tanto uno como otro modelo representan limitantes serias para tratar de dar un marco teórico al fenómeno de la motorización y sólo representan opciones para tratar de reproducir con fidelidad las cifras de *car-ownership* reportadas hasta ahora. Por ejemplo, en el caso del modelo exponencial, la limitación más seria y obvia tiene que ver con que predice un crecimiento ilimitado y permanente de la flota vehicular, lo cual a todas luces carece de sentido. Lo más probable en todo caso es que en estos momentos la dinámica de *car-ownership* esté creciendo de forma exponencial, sí, pero tal crecimiento no puede ser permanente ni ilimitado, por razones de espacio físico. A continuación, podría optarse entonces por el modelo logístico con tres parámetros descrito por la expresión (6.1), pues además de mostrar un muy buen ajuste en comparación con los demás modelos (excepto el exponencial, aunque con una diferencia muy pequeña) tiene la ventaja de que por la propia forma en que está planteado, sí es capaz de ofrecer un dato muy importante para la dinámica de motorización: el valor de saturación o de estado estacionario del *car-ownership*.

²¹ Las versiones con parámetros “libres” o meramente empíricas, corresponden a los modelos 1, 3, 5 y 7 del Cuadro 6.1. Los modelos restantes son los que sí tienen una relación consistente y definida entre sus coeficientes, además de un significado concreto para cada parámetro ajustado.

Cuadro 6.1. Bondad de ajuste de los modelos que reproducen la tendencia de la dinámica de posesión vehicular en México

No.	MODELO AJUSTADO	VALORES DE LOS PARÁMETROS	AJUSTE OBTENIDO (SSE)
1	Ecuación logística con tres parámetros (ecuación (6.1)).	a = 2 014.011697 b = 0.066691885 c = 150	27.37
2	Ecuación logística con dos parámetros (ecuación (3.2)).	r = 0.076995155 C _{max} = 150	43.82
3	Ecuación de Bertalanffy con tres parámetros (ecuación (6.2)).	a = 23.76338676 b = 0.009435656 c = 20.16370026	1008.92
4	Ecuación de Bertalanffy con dos parámetros (ecuación (3.4)).	q = 0.0013761 C _{max} = 84.63864953	1141.58
5	Ecuación exponencial con dos parámetros (ecuación (6.4)).	a = 0.088333368 b = - 0.06323881	24.90
6	Ecuación exponencial con un solo parámetro (ecuación: $C(t) = C_0 e^{-r(t-t_0)}$).	r = - 0.07554582	56.10
7	Ecuación de Gompertz con tres parámetros (ecuación (6.3)).	a = 13.89041079 b = 0.023943659 c = 110.0173539	54.26
8	Ecuación de Gompertz con dos parámetros (ecuación (3.6)).	r = 0.016661382 C _{max} = 110.0000002	164.78

Fuente: Elaboración propia (2012).

Cuadro 6.2. Categorización de los modelos que mejor reproducen la dinámica de posesión vehicular en México

MODELO AJUSTADO	AJUSTE OBTENIDO (SSE)	Comentarios
Ecuación exponencial con dos parámetros (ec. (6.4)).	24.90	<ul style="list-style-type: none"> • Sugiere un crecimiento ilimitado de la flota vehicular. • No reproduce la condición inicial en México.
Ecuación logística con parámetros libres (ec. (6.1)).	27.37	<ul style="list-style-type: none"> • Predice una saturación vehicular de 150 millones de autos particulares en circulación. • Los coeficientes cumplen funciones sólo de ajuste, no interpretativas.
Ecuación logística con dos parámetros (ec. (3.2)).	43.82	<ul style="list-style-type: none"> • Predice una saturación vehicular de 150 millones de autos particulares en circulación. • Los coeficientes ajustados están bien justificados entre sí.
Ecuación de Gompertz con parámetros libres (ec. (6.3)).	54.26	<ul style="list-style-type: none"> • Predice una saturación vehicular de 110 millones de autos particulares en circulación. • Los coeficientes cumplen funciones sólo de ajuste, no interpretativas.
Ecuación exponencial con un parámetro (ec.: $C(t) = C_0 e^{-r(t-t_0)}$).	56.10	<ul style="list-style-type: none"> • Sugiere un crecimiento ilimitado de la flota vehicular. • El valor de C_0, se obtiene de los datos.
Ecuación de Gompertz con dos parámetros (ec. (3.6)).	164.78	<ul style="list-style-type: none"> • Predice una saturación vehicular de 110 millones de autos particulares en circulación. • Los coeficientes ajustados están bien justificados entre sí.

Fuente: Elaboración propia (2012).

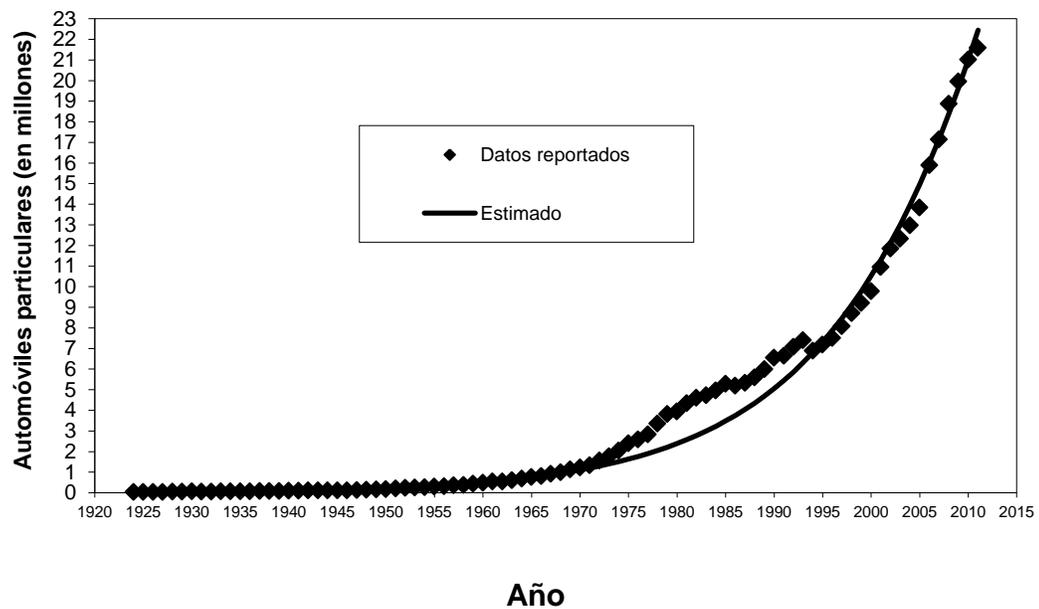
El modelo logístico (6.1) predice que la saturación vehicular en México, entendida como el número máximo de autos particulares en circulación, “alcanzará” los 150 millones de unidades y no más. En el contexto actual, cuando los niveles de *car-ownership* rondan los 22 millones de autos particulares²², puede entenderse por qué el modelo exponencial previo parece ajustar tan bien: a partir de los datos, México se encuentra evidentemente en las etapas iniciales de un proceso de expansión vehicular, y en dicha etapa no suele haber mejor modelo que el exponencial. Sin embargo, debemos insistir, en particular porque la cifra de 15 millones de autos puede sonar exagerada hoy en día: todo esto que se menciona, se hace conforme a la evidencia que los datos están ofreciendo, es la tendencia natural derivada a partir de las cifras reportadas. El problema con este modelo logístico es, que si bien su planteamiento ofrece una predicción interesante para el análisis y además es consistente con la marcha tradicional de la motorización pues genera un comportamiento sigmoïdal (como se ha reportado en la literatura para diversos países), carece de una relación justificada entre sus parámetros de ajuste, pues éstos se están obteniendo de una regresión no lineal que los presenta como independientes entre sí, y eso es incorrecto. Es decir, el modelo (6.1) efectivamente genera una buena medida de ajuste numérico, pero no es consistente con la relación teórica que sabemos existe entre sus coeficientes ajustables (en particular, entre “a” y “c”); por lo que a final de cuentas, este modelo sólo representa un intento de ajuste que, aunque exitoso, adolece de falta de consistencia entre sus coeficientes; es decir, sólo es un esfuerzo relativamente exitoso de ajuste y que puede servir para ilustrar hacia dónde se dirige la tendencia del *car-ownership* en México, pero apenas es apropiado para ello, pero no para usarlo como base para la siguiente parte de la investigación: tratar de endogeneizar sus coeficientes y darles un contexto interpretativo, ya sea a nivel de determinantes micro o macroeconómicos.

Es por lo anterior, que se recurrió entonces a los modelos (3.2) y (3.6), pues no violan ninguna relación de consistencia entre sus parámetros de ajuste y, en cierta forma, tienen un grado razonable de éxito en reproducir la dinámica de motorización, que aunque es inferior a los modelos anteriores, no es despreciable.

Por último, lo que también es destacable es que el ajuste de los modelos bertalanffianos fue bastante pobre (con o sin parámetros libres), por lo que no se consideró para el análisis posterior. En el caso de los modelos *a la* Gompertz, si bien tuvieron resultados de ajuste relativamente apropiados, fueron inferiores en todos los casos que sus contrapartes en versión logística, por lo que tampoco se retomarían en lo sucesivo. A manera de apoyo gráfico, en las Figuras 6.1-6.3, se muestran las tendencias reproducidas por tres modelos seleccionados del análisis anterior, para su comparación con los datos oficiales.

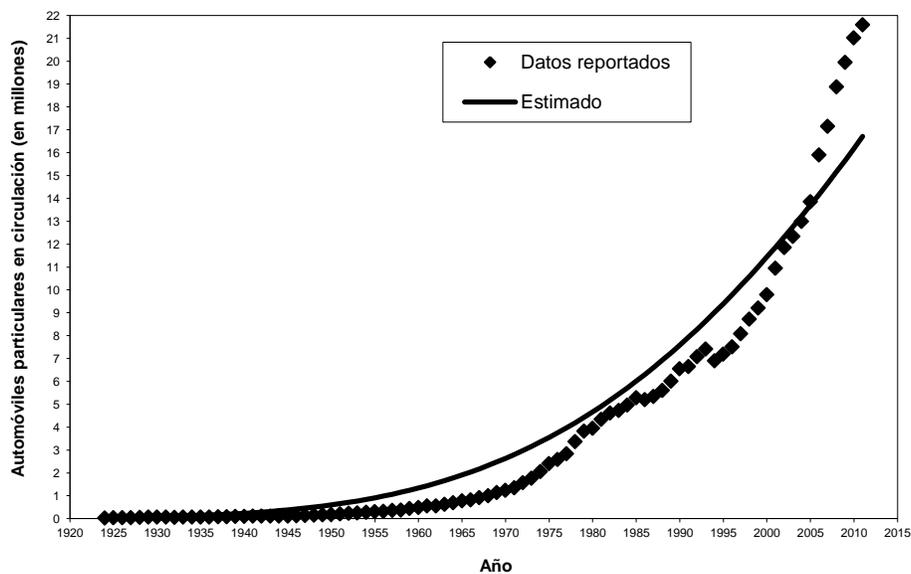
²² Según el reporte correspondiente del Banco de Información Económica (INEGI).

Figura 6.1. Ajuste del modelo logístico seleccionado (ecuación 3.2) con respecto a los datos reportados de posesión vehicular en México



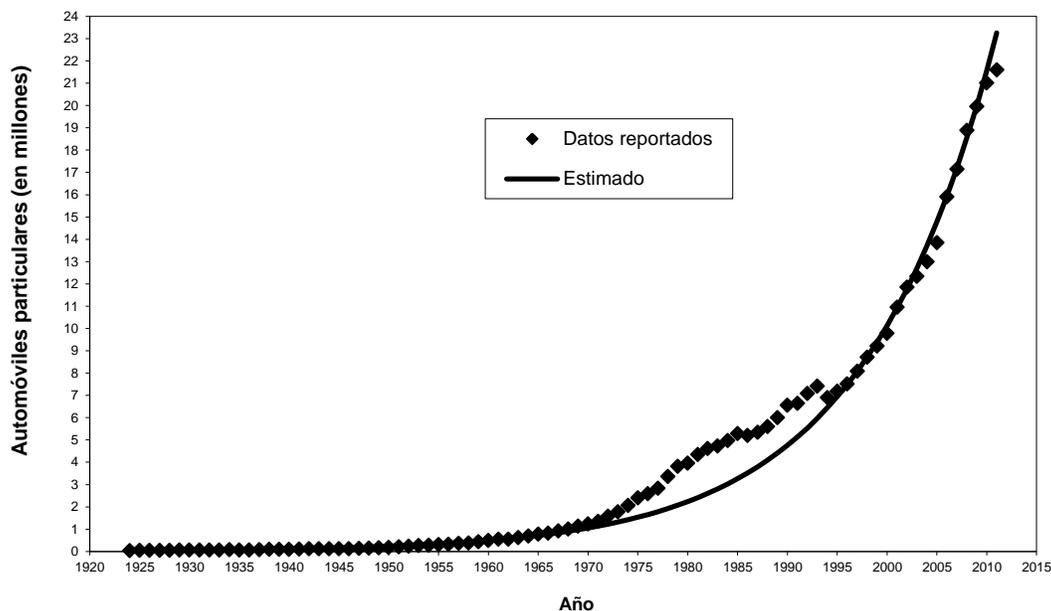
Fuente: Elaboración propia (2012).

Figura 6.2. Ajuste del posible modelo gompertziano (ecuación 3.6) con respecto a los datos reportados de posesión vehicular en México



Fuente: Elaboración propia (2012).

Figura 6.3. Ajuste del posible modelo exponencial (ecuación 6.4) con respecto a los datos reportados de posesión vehicular en México



Fuente: Elaboración propia (2012).

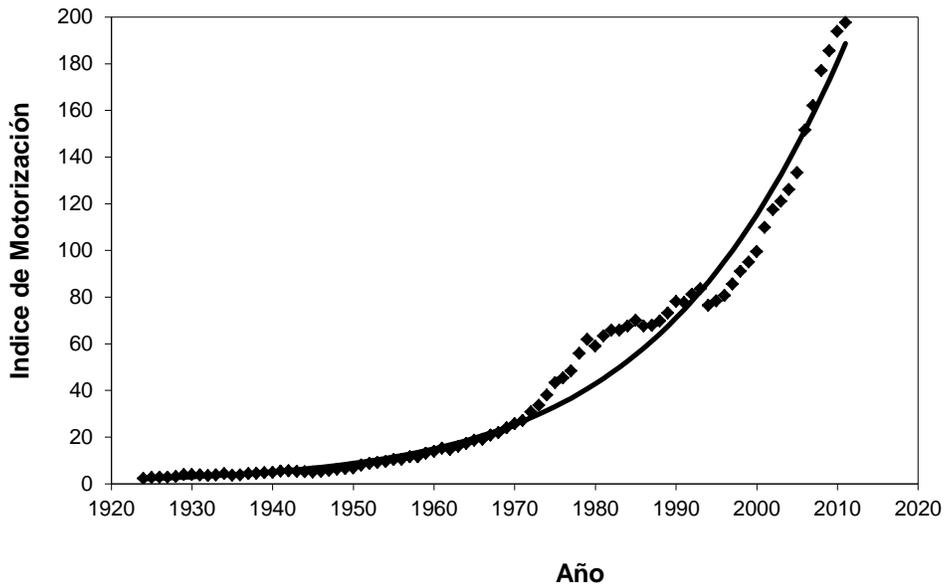
Con esto, una vez analizadas las características de cada modelo inicialmente propuesto así como su bondad de ajuste, lo que procede es tratar de contextualizar los resultados anteriores a un nivel micro y macro, atendiendo las predicciones de los modelos descritos en los cuadros 6.1 y 6.2, modelos que en sí, hasta ahora, corresponden solamente a un ajuste en la tendencia de motorización pero sin alcances explicativos. Es en esta parte entonces, donde se consideraron las variables que ya se mencionaron en los capítulos 4 y 5 de este estudio como posibles determinantes del *car-ownership* en México.

Previo a esto y ya para finalizar esta sección, no debe dejarse de lado que con la información que se tiene y los resultados de los modelos previos, es posible también desarrollar un modelo adicional para reproducir el índice de motorización (*IMOT*) en México. Así, definiendo el *IMOT* como el número de autos particulares en circulación por cada millar de habitantes, se encontró que por ajuste no lineal mediante el SOLVER de Excel®, un modelo apropiado resulta ser el siguiente (ver Figura 6.4):

$$IMOT = \frac{856.40565}{1 + 394.9141914 e^{-0.054191172(t-1924)}} \quad (6.5)$$

donde “ t ” indica el año en cuestión, 1924 se refiere al inicio del período de análisis (1924-2011) y de forma muy importante, la cifra de 856 (unidades vehiculares particulares) es la predicción que hace el modelo para el estado estacionario de la motorización en México (nótese que al 2011, el dato registrado es de aproximadamente 200 unidades en circulación). Más aún, de la expresión (6.5) se deduce que de mantenerse el patrón actual de motorización, aproximadamente en el año 2034 se va a alcanzar la mitad del nivel de saturación, es decir, dentro de poco más de 20 años ya habrá unos 428 autos por cada mil habitantes circulando en toda la república. Resumimos estos resultados para el índice de motorización, así como los correspondientes al modelo de *car-ownership* en sí, en el Cuadro 6.3.

Figura 6.4. Ajuste del modelo propuesto (ecuación 6.5) con respecto a los datos reportados de motorización en México, aproximada por *car-ownership*



Fuente: Elaboración propia (2012).

Cuadro 6.3. Predicciones del índice de motorización y del *car-ownership* en México a partir de la tendencia mostrada en el período 1924-2011

MODELO AJUSTADO DEL <i>CAR-OWNERSHIP</i> (POSESIÓN VEHICULAR)	MODELO AJUSTADO DEL ÍNDICE DE MOTORIZACIÓN
Ecuación 3.2 con los parámetros indicados en el Cuadro 6.1.	Ecuación 6.5.
Nivel de saturación vehicular predicho: 150 millones de autos particulares en circulación.	Nivel de motorización de largo plazo predicho: 856 autos particulares circulando, por cada millar de habitantes.
A mediados del año 2033 se alcanzará la cifra de 75 millones de autos particulares circulando en México.	En el primer cuatrimestre del año 2034 en México se tendrán 428 autos particulares por cada mil habitantes.

Fuente: Elaboración propia (2012).

A continuación, planteamos posibles determinantes microeconómicos y también variables explicativas a nivel agregado de la siguiente manera: en los modelos de corte logístico que se han seleccionado como los más apropiados, y tomando el nivel de saturación vehicular como un valor conocido (véanse los Cuadros 6.1 y 6.3), se pueden plantear cada ecuación en términos de un modelo logístico multivariable e introducir una linealización del grado de crecimiento del *car-ownership* (y del índice de motorización), ahora estandarizados como porcentaje de avance respecto al valor de saturación (Cuadro 6.3).

Así, introduciendo las variables dependientes descritas en los capítulos 4 y 5, tenemos:

$$\text{Enfoque Macro: } C = \frac{C_{\max}}{1 + [(C_{\max}/C_0) - 1] e^{-(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3)}} \quad (6.6)$$

$$\text{Enfoque Micro: } C = \frac{C_{\max}}{1 + [(C_{\max}/C_0) - 1] e^{-(\beta_0 + \beta_1 y_1 + \beta_2 y_2 + \beta_3 y_3 + \beta_4 y_4 + \beta_5 y_5 + \beta_6 y_6)}} \quad (6.7)$$

en donde,

x_1 : tamaño de la población

x_2 : PIB per cápita

x_3 : desigualdad en la distribución del ingreso

funcionan como variables regresoras en la aproximación macro del problema y además,

y_1 : salario mínimo real

y_2 : tasa de desempleo

y_3 : tasa de inflación

y_4 : variación porcentual del crédito bancario

y_5 : tasa de interés real

y_6 : índice de Engel (nacional)

se contemplan como las variables independientes en la aproximación microeconómica. Finalmente, la linealización contemplada nos permite obtener las expresiones de ajuste:

$$\ln \left[\frac{\left(\frac{C_{\max}}{C_0} - 1 \right)}{\left(\frac{C_{\max}}{C} - 1 \right)} \right] = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 \quad (6.8a)$$

$$\ln \left[\frac{\left(\frac{C_{\max}}{C_0} - 1 \right)}{\left(\frac{C_{\max}}{C} - 1 \right)} \right] = \beta_0 + \beta_1 y_1 + \beta_2 y_2 + \dots + \beta_6 y_6 \quad (6.8b)$$

A continuación, es conveniente definir qué período se contemplará en el análisis econométrico correspondiente a cada enfoque, pues como puede verse en el Cuadro 6.4 la disponibilidad de datos no es siempre coincidente para todas las variables. En la aproximación macro, podemos fácilmente abordar la dependencia del *car-ownership* (o de la tasa de motorización) con el PIB per cápita y el tamaño poblacional para todos los registros disponibles de autos en circulación (de 1924-2011), pero no podemos decir lo mismo para la desigualdad en el ingreso, pues los datos con que se cuenta del coeficiente de Gini son pocos y además muy

irregulares, no son años consecutivos. Por lo anterior y al menos de inicio, se tendría que dejar de lado por el momento la inclusión de la variable desigualdad y sólo contemplar las otras dos (PIB per cápita y población) para cubrir todos los datos de la serie, desde 1924. Respecto al enfoque micro, para poder incluir a todas las variables simultáneamente en el modelo, lo conveniente es realizar el análisis a partir de 1975 y hasta 2010, fecha en donde se tiene disponibilidad concordante de datos. En los Cuadros 6.5 y 6.6 se muestran los resultados finales del análisis de regresión de las ecuaciones 6.8a y 6.8b, obtenidos utilizando Eviews® 7.2.

Cuadro 6.4. Disponibilidad de datos para la variable dependiente y las variables explicativas seleccionadas

VARIABLE	PERÍODO
Autos particulares en circulación	1924-2011
Población	1924-2011
PIB per cápita	1924-2011
Desigualdad del ingreso	Sólo en años seleccionados: 1950, 1956, 1958, 1963, 1968, 1977, 1984, 1989, 1992, 1994, 1996, 1998, 2000, 2002, 2004, 2005, 2006, 2008, 2010
Salario mínimo real	1964-2012
Tasa de desempleo	1973-2011
Tasa de inflación	1940-2010
Variación porcentual del crédito bancario	1940-2010
Tasa de interés real	1985-2010 (a partir de CETES-28) 1975-2010 (a partir de CPP)
Índice de suficiencia vial (Engel)	1975-2010

Fuente: elaboración propia (2012).

Cuadro 6.5. Resultados de la estimación de modelos de *car-ownership* para México a partir de las ecuaciones 6.8a y 6.8b

DETERMINANTES MACROECONÓMICOS SIGNIFICATIVOS (1924-2011)			
VARIABLE EXPLICATIVA	COEFICIENTE OBTENIDO	AJUSTE OBTENIDO	
		R ²	R ² _{adj}
Población	0.011462	0.981613	0.981180
PIB per cápita	0.073035		
Constante	-0.685418		
DETERMINANTES MICROECONÓMICOS SIGNIFICATIVOS (1975-2010)			
VARIABLE EXPLICATIVA	COEFICIENTE OBTENIDO	AJUSTE OBTENIDO	
		R ²	R ² _{adj}
Salario mínimo real	-0.004162	0.923607	0.913750
Variación del crédito bancario	0.007847		
Tasa de interés real	-0.010890		
Índice de infraestructura de Engel	1.329503		
Constante	3.181543		

Fuente: elaboración propia (2012).

Cuadro 6.6. Resultados de la estimación de modelos del índice de motorización para México a partir de las ecuaciones 6.8a y 6.8b

DETERMINANTES MACROECONÓMICOS SIGNIFICATIVOS (1924-2011).			
VARIABLE EXPLICATIVA	COEFICIENTE OBTENIDO	AJUSTE OBTENIDO	
		R ²	R ² _{adj}
Población	0.006715	0.983957	0.983580
PIB per cápita	0.052037		
Constante	-0.463431		
DETERMINANTES MICROECONÓMICOS SIGNIFICATIVOS (1975-2010).			
VARIABLE EXPLICATIVA	COEFICIENTE OBTENIDO	AJUSTE OBTENIDO	
		R ²	R ² _{adj}
Salario mínimo real	-0.002139	0.874178	0.857942
Variación del crédito bancario	0.006965		
Tasa de interés real	-0.009915		
Índice de infraestructura de Engel	1.151338		
Constante	1.613001		

Fuente: Elaboración propia (2012).

Nótese que los coeficientes de determinación, R^2 y R^2_{adj} , de los Cuadros 6.5 y 6.6, constituyen un indicador aproximado a la bondad de ajuste respecto a los modelos logísticos originales (expresiones 6.6 y 6.7), pero en realidad se refieren a la calidad del ajuste de las ecuaciones (linealizadas) 6.8a y 6.8b con respecto a los datos reportados, ecuaciones que ya incluyen como supuesto los niveles de motorización y *car-ownership* de estado estacionario estimados al inicio de este capítulo. Lo que se desea aclarar en este punto es que la estimación reportada en los Cuadros 6.5 y 6.6, incluye una estimación previa (algo así como una “estimación con estimación”), lo que necesariamente afectará la capacidad de ajuste con respecto a los datos de la literatura.

A continuación, partiendo de las estimaciones de los coeficientes, se trata de reproducir tanto la tendencia del *car-ownership* mexicano como la del índice de motorización. Los resultados se muestran en las Figuras 6.5 y 6.6.

En referencia a la aproximación con variables macro (Figura 6.5a), es destacable mencionar que si bien el modelo propuesto reproduce la tendencia general de *car-ownership*, también presenta variaciones muy fuertes entre sus estimaciones y las cifras reales. En particular, de 1980 a 1990 el modelo tiende a subestimar el proceso de posesión vehicular (en un rango de 10-30%). Sin embargo, el contraste más drástico se presenta a partir de 1995 hasta el 2011, en donde, pese a períodos cortos de eficiencia estimativa muy alta (con errores de apenas 2.9 % en 2003 y de 2.4% en 2007), durante el resto de la serie, el modelo persistentemente sobreestima los niveles de autos en circulación, y lo hace en magnitudes importantes. Por ejemplo, para el último año con datos disponibles, el valor real de *car-ownership* está en 21.59 millones de autos, cuando la estimación indica una cifra de 27.85 millones, una diferencia quizá muy alta, pero que a juzgar por la calidad del ajuste del modelo, parece estar sugiriendo que a partir de las cifras agregadas de México (de PIB per cápita y tamaño poblacional), el nivel de autos particulares circulando debería de ser mucho mayor a lo observado. Muy probablemente, esto pueda explicarse justamente en el contexto de la variable de desigualdad del ingreso, que por insuficiencia de datos no fue incluida en el modelo. Es decir, si bien tanto la creciente población mexicana y el alza en el PIB per cápita pueden estar sugiriendo un mayor potencial de *car-ownership*, en realidad, esa potencial motorización no es real o no se está verificando, porque la distribución del ingreso es muy desigual, por lo cual los posibles nuevos usuarios o dueños de autos particulares aún creciendo en número, en realidad no logran acceder a la adquisición de un vehículo propio, porque aunque el ingreso nacional esté creciendo, tal ingreso no se está distribuyendo de una manera tal que les permita participar en la motorización como propietarios.

Obsérvese ahora la Figura 6.5b. Nuevamente, la tendencia general del *car-ownership* es bien reproducida hasta el 2006 por el modelo propuesto, esta vez descrito a partir de variables microeconómicas. No obstante, esta vez la gráfica muestra algo completamente dispar a lo que caracteriza la Figura 6.5a: hacia el final del período hay una marcada subestimación de los niveles de posesión vehicular. En principio, a partir del 2007, la cantidad de autos particulares en circulación debió haberse reducido a los niveles de posesión del 2006 y, en lugar de eso, los datos reportados muestran un incremento sostenido. Una interpretación de este fenómeno, podría ser la siguiente: si las condiciones microeconómicas y de infraestructura disponible que enfrentan los agentes no son suficientes para alcanzar los niveles de *car-ownership* que la realidad señala, probablemente se deba a que hay variables adicionales (no consideradas hasta ahora en el modelo) que están facilitando la posesión vehicular. Un candidato obvio, es el proceso de entrada al país de los llamados “autos chocolate”, que se caracterizan por requerir niveles salariales menores a los del mercado automotriz local e invalidan la necesidad de recurrir a créditos bancarios, con lo cual todas las variables asociadas (tasa de interés, inflación, créditos otorgados), “pierden efecto

(inhibidor)” hasta cierto punto. Simplemente, los canales de adquisición de un vehículo ya no son los tradicionales: compra de contado o a crédito de autos nacionales que se venden notoriamente a precios superiores a los “regularizados” y/o “ilegales” de origen estadounidense. Pero sobre este punto no se profundizará en esta ocasión.

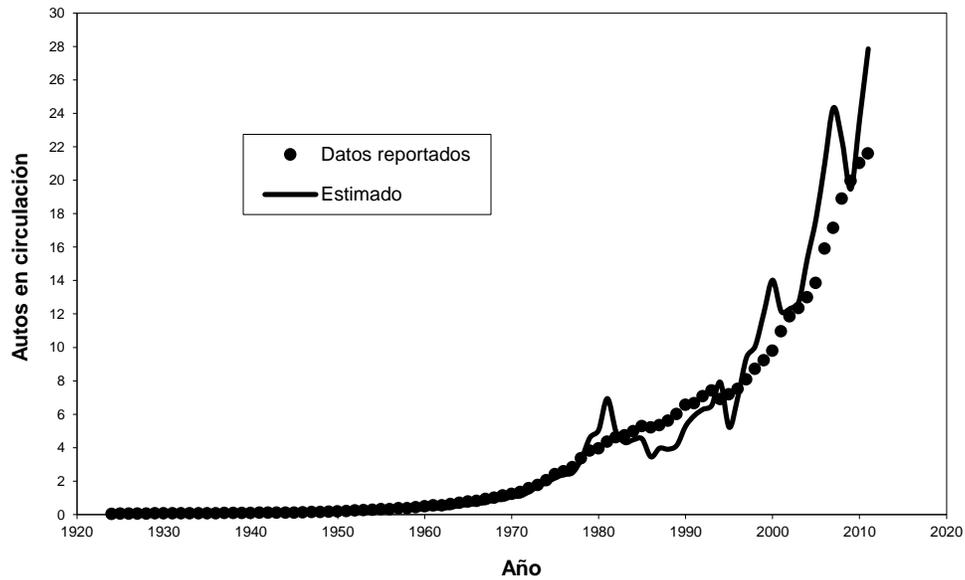
En la misma Figura 6.5b, llama la atención de manera peculiar, un aparente “pico” de posesión vehicular predicho por el modelo para el año 1994: se esperaba un incremento sustancial en el número de autos circulando y no sólo tal aumento no se dio sino que hubo una reducción respecto al *car-ownership* del año previo, 1993. Evidentemente, este impulso predictivo del modelo obedece a la fuerte alza en infraestructura vial registrada para ese año (véase Cuadro A.18), pero los cambios experimentados por los agentes, en las variables crediticias y salariales debido a la crisis de 1994-1995, muy probablemente diluyeron el efecto de la capacidad vial disponible.

A manera de resumen, las condiciones macro del país sugieren un potencial desaprovechado de motorización por autos particulares: hay un nivel menor de *car-ownership* del que debería haber a partir de las variables agregadas; mientras que a nivel micro (con excepción de 1994), la perspectiva es diferente: se está registrando una motorización mayor a la que corresponde con la situación que cotidianamente encaran los agentes. Hasta cierto punto, cabría preguntar ¿quién tiene razón? ¿La aproximación “macro-fundamentada” o la que obedece a “micro-motivos”?

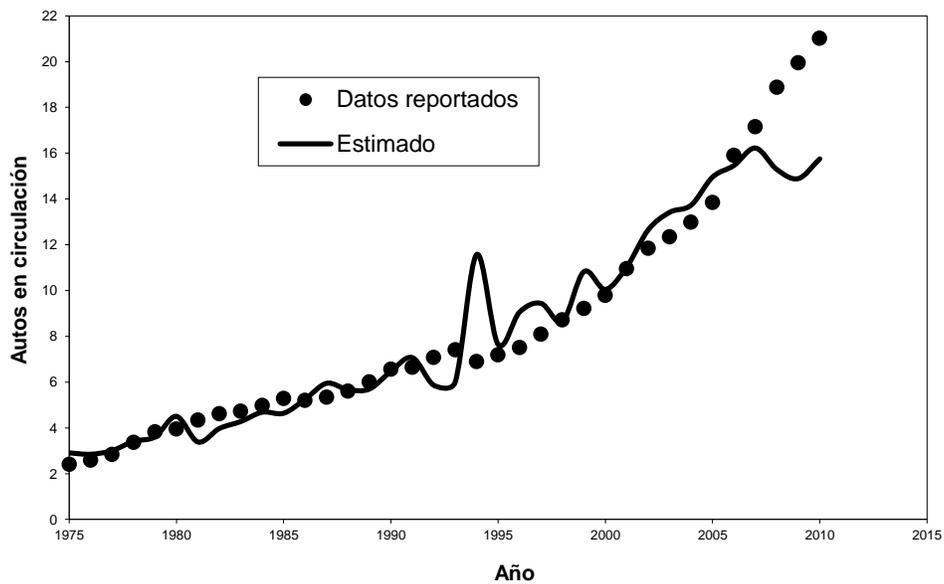
Nótese a partir de las Figuras 6.6a y 6.6b, en cuanto a la forma de las curvas de predicción, el comportamiento es muy similar para el índice de motorización, pero la desviación con respecto a los datos es mucho menor que en el caso del *car-ownership*, como se puede apreciar en el Cuadro 6.7.

Figura 6.5. Ajuste de los modelos propuestos para el *car-ownership* (millones de autos particulares en circulación) en México, a partir de variables explicativas

(a) Con determinantes a nivel macro (período 1924-2011)



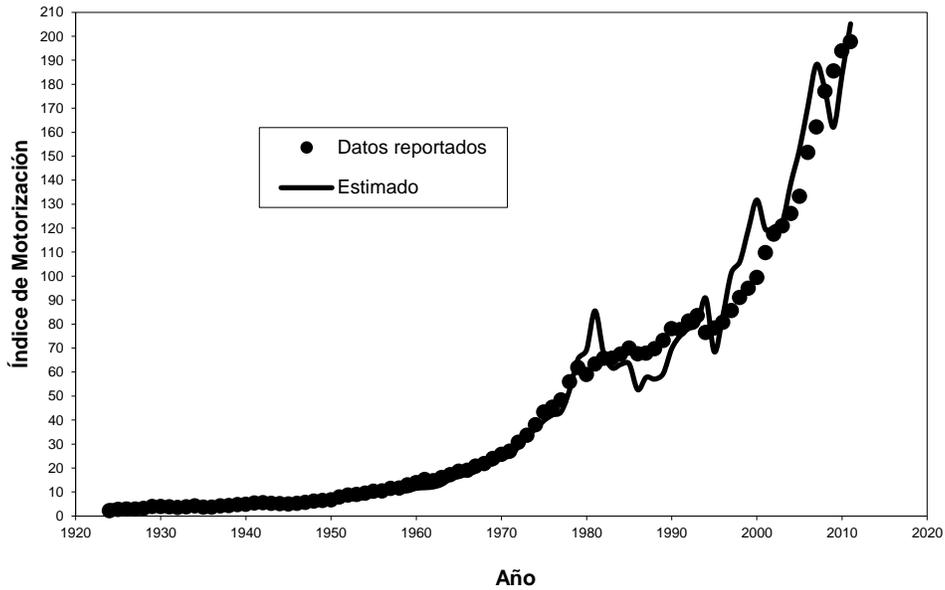
(b) Con microdeterminantes (período 1975-2010)



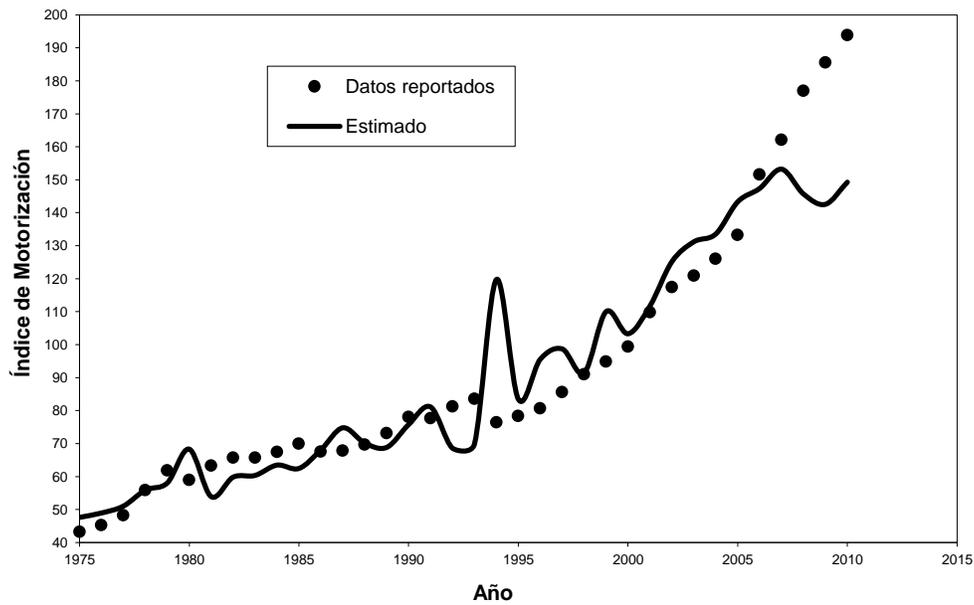
Fuente: elaboración propia (2012).

Figura 6.6. Ajuste de los modelos propuestos para el índice de motorización (autos por cada mil habitantes) en México, a partir de variables explicativas

(a) Con determinantes a nivel macro (período 1924-2011)



(b) Con microdeterminantes (período 1975-2010)



Fuente: elaboración propia (2012).

Cuadro 6.7. Bondad de ajuste de los modelos explicativos de la dinámica de motorización en México

VARIABLE DEPENDIENTE	NATURALEZA DE LAS REGRESORAS	AJUSTE OBTENIDO (SSE)
<i>Car-ownership</i> (posesión vehicular)	Enfoque Macro	104 225.50
	Enfoque Micro	10 182.60
Índice de motorización	Enfoque Macro	36 211.13
	Enfoque Micro	7 422.74

Fuente: elaboración propia (2012).

7 Conclusiones

Debido a su impacto en los niveles de contaminación atmosférica, las dificultades de tráfico, la frecuencia de accidentes y la necesidad de satisfacer con eficiencia las necesidades de transporte de la población, puede afirmarse que la motorización en general y la posesión vehicular (*car-ownership*) en particular, son temas de importancia que requieren una determinación tan precisa como sea posible, tanto de su dinámica como de sus determinantes.

En este trabajo se ha intentado ofrecer algunos indicios que puedan ayudar a entender estos aspectos. Para el período del que se disponen datos de posesión vehicular a nivel nacional (1924 a 2011), fue posible encontrar un modelo sigmoideal que reproduce con relativo éxito el comportamiento histórico. A partir del modelo -y si la tendencia se mantiene- se predice para México un nivel de saturación de 150 millones de automóviles particulares en circulación. Respecto a la motorización, el nivel de saturación predicho por el modelo correspondiente, es de 856 autos por cada mil habitantes. Ambos valores se encuentran en el rango de las cifras reportadas para otros países, en particular para naciones desarrolladas.

A continuación, los intentos realizados para “endogeneizar” el fenómeno de posesión vehicular y la motorización asociada, tuvieron como resultado una menor bondad de ajuste que el modelo inicial (sin variables económicas), pero permitió ver indicios en torno a las variables que sí impactan en su dinámica y las que no lo hacen. En concreto, a nivel macro, el PIB per cápita y el tamaño de la población resultan ser estadísticamente significativas como variables explicativas. En contraste, la tasa de desempleo y la tasa de inflación no lo son a nivel micro, a un 5% de significancia. Sin embargo, las variables: salario mínimo real, variación del crédito bancario, tasa de interés real y el índice de infraestructura que aquí se ha empleado, mostraron ser todas estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 95%. No obstante, el signo del salario mínimo real en la estimación, contradice la lógica al reportarse como negativo, por lo que su impacto es contrario a la creciente posesión vehicular. Por supuesto, esto carece de sentido. La interpretación aquí es que no es el salario una variable que esté apoyando la motorización, por lo que no se puede pensar que la gran mayoría de los autos adquiridos en México se estén comprando de contado, sino a crédito (en particular, cuando el poder adquisitivo cada vez es menor), o bien, podría ser que si acaso todos estos autos se compran de contado, esto sea porque se está aprovechando la apertura del TLC: en fechas relativamente recientes, se ha permitido el acceso (con cada vez menos restricciones) de autos usados importados de Estados Unidos y que se caracterizan por su bajo costo. En esta investigación no se exploraron los efectos de esta última posibilidad.

Por otro lado, el impulso que las compras a crédito pueden estar dando a la motorización, puede verse en la presencia final de las siguientes regresoras en el modelo definitivo basado en micro-determinantes: variación crediticia y tasa de interés. Curiosamente, el modelo con variables micro no es capaz de generar los niveles tan altos de posesión vehicular que se registran en los últimos años: se rezaga en sus predicciones con respecto a los datos reales; aunque en la versión macro del enfoque aquí ensayado, ocurre justo lo contrario: sobreestima la cantidad de autos en circulación conforme a las cifras agregadas de la economía. Probablemente esto se deba a que el efecto de la desigualdad en el ingreso no pudo ser incluido de manera satisfactoria en nuestro análisis debido a la insuficiencia de datos.

Al respecto, a nivel macro, los resultados encontrados podrían indicar que en la medida que la población mexicana está reduciendo su tasa de crecimiento, y de que ya se avizora otra posible crisis internacional que podría reducir la dinámica de crecimiento del PIB (sin contar las dificultades estructurales de naturaleza propia que impiden un mejor desempeño en este rubro), entonces es plausible esperar que los niveles de posesión vehicular y de motorización se vean ralentizados, o quizá hasta disminuidos, aproximándose más al comportamiento de un país en desarrollo, que a los niveles a los que parece converger y que se asemejan a los de naciones desarrolladas. La severidad con la cual la velocidad de motorización pueda verse reducida, o incluso el grado de disminución en los niveles de posesión vehicular que se pueda manifestar, va a depender fuertemente de los alcances de la posible crisis tan mencionada, y de que se mantiene el perfil demográfico actual con una población con tasas de crecimiento en contracción.

Todo lo anterior corresponde a la perspectiva a nivel nacional (conforme a los objetivos de esta investigación), pero vale la pena retomar que en un estudio previo,²³ al desarrollar un modelo inicial de tipo lineal multivariable para ampliar el análisis de la motorización a nivel de entidades federativas, se encontraron algunos hallazgos también interesantes vinculados con los propios resultados que se reportan en este trabajo. Concretamente -y de manera un tanto sorprendente-, la motorización abordada a partir de variables macroeconómicas difiere marcadamente en su dependencia cuando se analiza a nivel nacional en vez de hacerlo en escala estatal. En particular, para los datos más recientes (2010), la motorización a nivel estatal resulta estar impulsada principalmente por el grado de urbanización, más que por el PIB per cápita e incluso más que por el tamaño poblacional, explicando hasta un 29.6% de su variación en las entidades federativas (quedando como única variable independiente en el modelo correspondiente). Por el contrario, ni el tamaño poblacional ni el ingreso per cápita

²³ Islas Rivera, V., Moctezuma Navarro, E. M., Hernández García, S., Lelis Zaragoza, M. & J. I. Ruvalcaba Martínez. "Urbanización y Motorización en México"; en edición como *Publicación Técnica*. Instituto Mexicano del Transporte (2012).

en sí, resultaron ser estadísticamente significativas. Además, dada la simplicidad del modelo planteado, dicha cifra de variabilidad explicada constituye un ajuste no despreciable, por lo cual, el modelo ensayado en dicho trabajo podría constituir el punto de partida para un refinamiento posterior, tanto en metodología como en variables a considerar.

Para finalizar, quien esto escribe desea enfatizar que el presente análisis ha sido apenas un intento inicial de aproximarse a la compleja tarea de tratar de comprender los “porqué” y los “cómo” del *car-ownership* o posesión vehicular, y por ende, de la motorización mexicana. Dada la importancia del tema, un trabajo más profundo debería continuarlo. Para fijar con firmeza esta idea, se desea cerrar este documento con una cita de Winston Churchill, misma que al término de esta investigación, sintetiza las perspectivas y sirve de inspiración a quien esto escribe, además de que puede resultar estimulante para los lectores que deseen continuar, ampliar y/o profundizar el esfuerzo aquí realizado:

No, éste no es el fin.

Ni siquiera es el principio del fin.

Pero puede ser, más bien, el fin del principio.

Bibliografía

Alba-Hernández, F. *La Población de México*. El Colegio de México. CICRED Series. México. (1976).

Aparicio Cabrera, A. "Series Estadísticas de la Economía Mexicana en el Siglo XX"; *Economía Informa*. Julio-Agosto, Núm. 369; pp. 63-85 (2011).

Aportela Rodríguez, F.; J. A. Ardavín Ituarte e Y. Cruz Aguayo. "Comportamiento Histórico de las Tasas de Interés Reales en México: 1951-2001"; *Documento de Investigación del Banco de México*. Noviembre, Núm. 2001-05 (2001).

Armstrong-Wright, A. *Sistemas de Transporte Público Urbano. Directrices para el Examen de Opciones*. Banco Mundial. Documento Técnico Núm. 52S. EE.UU. (1987).

Asociación de Fábricas de Automotores (ADEFSA). *Anuario 2006 de la Industria Automotriz Argentina*. Buenos Aires (2007).

Balcombe, R. *The Demand for Public Transport: A Practical Guide*. TRL Report N. 593. TRL Limited. England (2004).

Banco de México (Banxico). *Informes Anuales*. México (varios números, 1925-2011).

Bauer, M., E. Mar & A. Elizalde. "Transport and Energy Demand in Mexico: The Personal Income Shock". *Energy Policy*. Vol. 31, pp. 1475-1480 (2003).

Beltrán, M. A. "A Model of the Evolution of Passenger Vehicle Fleet". *Master of Science Thesis*. Cornell University. E.E.U.U. (2001).

Brown, A. M. "A Step-by-step Guide to Non-linear Regression Analysis of Experimental Data Using a Microsoft Excel Spreadsheet". *Computer Methods and Programs in Medicine*. Vol. 65; pp. 191-200 (2001).

Cal y Mayor, R. *Ingeniería de Tránsito*. Representaciones y Servicios de Ingeniería. México (1974).

Cal y Mayor, R. & J. Cárdenas Grisales. *Ingeniería de Tránsito*. Editorial Alfaomega. México (1995).

Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP). *Indicadores Macroeconómicos 1980-2003*; Estudio CEF/030/2003. México (2003a).

Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP). *Encadenamiento de Series Históricas del Producto Interno Bruto de México 1970-2001*; Estudio CEFP/012/2003. México (2003b).

Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV). *Boletín Estadístico de la Banca Múltiple*. México (varios números, 2000-2012).

Consejo Nacional de Población (CONAPO). *Indicadores Demográficos Básicos*. México (varios años).

Dargay, J. & D. Gately. "Income's Effect on Car and Vehicle Ownership, Worldwide: 1960-2015". *Transportation Research Part A*. Vol. 33; pp. 101-138 (1999).

Delgado, J. *Ciudad-Región y Transporte en el México Central*. Plaza y Valdés Editores. México (1998).

Elizondo Mayer-Serra, C. *Por Eso Estamos Como Estamos. La Economía Política de un Crecimiento Mediocre*. Editorial Debate. México (2011).

Eskeland, G. S., & T. N. Feyzioglu. "Rationing Can Backfire: The "Day Without a Car" in Mexico City". *The World Bank Economic Review*. Vol. 11, N. 3., pp. 383-408 (1997a).

Eskeland, G. S., & T. N. Feyzioglu. "Is Demand for Polluting Goods Manageable? An Econometric Study of Car Ownership and Use in Mexico". *Journal of Development Economics*. Vol. 53, N. 2, pp. 423-445 (1997b).

Flores Sánchez, L. & L. Martín Rivero. *Economía Sectorial: Sector Automotriz*. Grupo Financiero IXE. Septiembre. México (2008).

Flores Sánchez, L. & L. Martín Rivero. *Economía Sectorial: Sector Automotriz*. Grupo Financiero IXE. Febrero. México (2009).

García, B. & M. Ordorica. *Población*. Serie: Los Grandes Problemas de México. Vol. I. El Colegio de México. México (2010).

Girón, A. & E. Correa. *Crisis Bancaria y Carteras Vencidas*. Coedición Demos-UNAM-UAM. México (1997).

Gómez, J. J., J. L. Samaniego & M. Antonissen. *Consideraciones Ambientales en torno a los Biocombustibles Líquidos*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Serie: Medio Ambiente y Desarrollo. Vol. 137, Julio. Chile (2008).

González Oropeza, R. "Los Ciclos de Manejo, una Herramienta Útil si es Dinámica para Evaluar el Consumo de Combustible y las Emisiones Contaminantes del

Autotransporte". *Ingeniería. Investigación y Tecnología*. Vol. VI, Núm. 3. Julio-Septiembre, pp. 1471-62 (2005).

Gujarati, D. N. & D. C. Porter. *Econometría*. McGraw-Hill. México (2009).

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). *Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos*. México (varios números).

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). *Banco de Información Económica*. México (varios años).

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). *Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares*. México (varios años).

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). *Estadísticas Históricas de México 2009, Tomos I y II*. México (2010).

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). *Indicadores de Coyuntura*. México (varios años).

Islas Rivera, V. M. *Llegando Tarde al Compromiso: La Crisis del Transporte en la Ciudad de México*. El Colegio de México. México (2000).

Islas Rivera, V., Moctezuma Navarro, E. M., Hernández García, S., Lelis Zaragoza, M. & J. I. Ruvalcaba Martínez. "Urbanización y Motorización en México"; en edición como *Publicación Técnica*. Instituto Mexicano del Transporte (2012).

Lescaroux, F. "Car ownership in Relation to Income Distribution and Consumers' Spending Decisions". *Journal of Transport, Economics and Policy*. Vol. 44, No. 2; pp. 207-230 (2010).

Medlock, K. B. III & R. Soligo. "Car ownership and Economic Development: with Forecasts to the Year 2015"; *Journal of Transport Economics and Policy*. Vol. 36, N. 2; pp. 163-188 (2001).

Mendoza García, M. A. & G. Tapia Colocía. *Situación Demográfica de México 1910-2010*. CONAPO. México (2009).

Moreno-Brid, J. C. & J. Ros Bosch. *Desarrollo y Crecimiento en la Economía Mexicana. Una Perspectiva Histórica*. Fondo de Cultura Económica. México (2010).

Neuhauser, C. *Matemáticas para Ciencias*. Editorial Pearson. España (2004).

Ortúzar, J. de D. *Modelos de Demanda de Transporte*. Editorial Alfaomega. México (2000).

Ortúzar, J. de D. & L. G. Willumsen. *Modelling Transport*. John Wiley & Sons. England (1999).

Palacio-Prieto, J.L., M.T. Sánchez-Salazar & J. M. Casado Izquierdo. *Indicadores para la Caracterización y el Ordenamiento Territorial*. Coedición UNAM-SEDESOL-SEMARNAT-INE. México (2004).

Pearson, D. F., & G. B. Dresser. "Urban Travel Demand Modeling Data"; *Research Report 1235-7*; November; Texas Transportation Institute; Texas A&M University. EE.UU. (1994).

Presidencia de la República. *Sexto Informe de Gobierno del C. Ernesto Zedillo Ponce de León*. México (2000).

Presidencia de la República. *Sexto Informe de Gobierno del C. Vicente Fox Quezada*. México (2006).

Presidencia de la República. *Quinto Informe de Gobierno del C. Felipe de Jesús Calderón Hinojosa*. México (2011).

Romero, H. M. *Historia del Transporte en la Ciudad de México*. Departamento del Distrito Federal. México (1987).

Sáinz López, M. E. *Notas de Diplomado: Modelos Econométricos Dinámicos*. Instituto Tecnológico Autónomo de México (2011).

Salazar Velasco, F. R. & A. Canales Palma. *Ecuaciones Diferenciales para Ingeniería*. Jit Press. México (2005).

Salgado Viveros, M. "El Transporte Metropolitano en México". *Tesis de Maestría*. Universidad Autónoma del Estado de México. México (1991).

Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). *Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares*. México (1977).

Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). *Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos*. México (varios números).

Schettino, M. *Cien Años de Confusión. México en el Siglo XX*. Editorial Taurus. México (2011).

Shifter, I. & E. López Salinas. *Usos y Abusos de las Gasolinas*. Fondo de Cultura Económica. México (2003.)

Székely, M. *Pobreza y Desigualdad en México entre 1950 y el 2004*. Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). Serie: Documentos de Investigación. Núm. 24, Julio. México (2005).

Téllez-Ballesteros, M. E.; M. R. Sarmiento-Torres; M. G. Breceda-Lapeyre; G. Ramos-Niembro; G. Oseguera-Peña & J. C. Rodríguez-Díaz. *Balance Energético del Transporte en el Distrito Federal*. ICyTDF, CONACYT y UACM. México (2011).

I. Anexo estadístico

Cuadro A.1. Índice de Motorización en México (período 1991-2011)

Año	Vehículos por cada mil habitantes	Año	Vehículos por cada mil habitantes
1991	77.62	2001	109.79
1992	81.20	2002	117.39
1993	83.51	2003	120.94
1994	76.41	2004	126.05
1995	78.33	2005	133.20
1996	80.62	2006	151.58
1997	85.58	2007	162.08
1998	90.97	2008	176.97
1999	94.87	2009	185.49
2000	99.41	2010	193.87
		2011	197.68

Fuente: Elaboración propia a partir de la información disponible sobre automóviles particulares registrados y en circulación, así como de población total en México, en: Banco de Información Económica (INEGI; varios años) e Indicadores Demográficos Básicos (CONAPO; varios años).

Cuadro A.2. PIB per cápita en México en miles de pesos a precios del 2003 (período: 1993-2011)

Año	PIB per cápita	Año	PIB per cápita	Año	PIB per cápita
1993	68.65	1999	76.30	2005	81.04
1994	71.18	2000	78.34	2006	83.58
1995	65.00	2001	75.98	2007	85.81
1996	69.02	2002	76.01	2008	84.27
1997	73.02	2003	76.29	2009	81.97
1998	73.83	2004	78.96	2010	84.90
				2011	87.51

Fuente: Elaboración propia a partir de la información disponible sobre PIB en México en miles de pesos a precios del 2003, así como de población total, en: Banco de Información Económica (INEGI; varios años) e Indicadores Demográficos Básicos (CONAPO; varios años).

II. Anexo metodológico

SOBRE LA ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN (1971-1979)

A partir de la información recopilada en: INEGI (2010; pp. 609 y 610), CEFP (2003a; p. 3), CONAPO (varios años) y en el Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos (INEGI, 2012; Cuadro 2.1); se cubre casi la totalidad de la variación poblacional en México en los últimos ochenta y ocho años (1924-2012), con excepción del período 1971-1979; para suplir esa carencia, se hizo uso del modelo demográfico de Salazar-Canales, descrito en Salazar et al. (2005; pp. 41-50). Estos autores desarrollaron un par de modelos de tipo verhulstiano para reproducir el crecimiento poblacional en México desde 1790 hasta el 2000; el segundo de tales modelos cubre el período de 1940-2000 y fue el que se empleó en este trabajo para las cifras de 1971-1979; dicho modelo está dado por:

$$P(t) = \frac{219\,165\,659}{1 + \frac{172\,155\,659}{47\,010\,300} e^{-0.036250(t-1969)}} \quad (\text{A.1})$$

donde $P(t)$ denota la población mexicana en el año t , el término “ e ” se refiere a la función exponencial, y el valor de 219 millones 165 mil 659 habitantes (presente en el numerador), indica la población límite estimada para México a partir de los datos censales.

SOBRE LA COMPARACIÓN INTERNACIONAL DE LA MOTORIZACIÓN

Para obtener el índice de motorización (autos por cada millar de habitantes) a partir de las cifras de autos per cápita, basta con multiplicar por 1000 el valor reportado de autos per cápita.

SOBRE LA ESTIMACIÓN DE LA TASA DE INTERÉS REAL

La tasa de interés real, r , de la Figura 4.6.a, se calculó a partir de la expresión general:

$$r = \frac{i - \pi}{1 + \pi} \quad (\text{A.2})$$

donde i es la tasa de interés nominal y con π como tasa de inflación. Esta aclaración es pertinente, puesto que para determinar dicha tasa real, también suele utilizarse la ecuación de Fisher dada por:

$$r = i - \pi \quad (A.3)$$

que en realidad sólo es válida para niveles inflacionarios relativamente bajos, por ejemplo, menores al diez por ciento. Cuanto esto no ocurre así –y sabemos que en el período de análisis, México ha experimentado períodos de inflación “alta” o muy superiores a los diez puntos porcentuales (como se muestra en la Figura 4.4)– entonces la ecuación de Fisher pierde validez, por ello la elección de (A.2) en lugar de (A.3), al momento de hacer los cálculos.

SOBRE LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ENGEL

Si bien el índice de suficiencia vial o índice de Engel suele estar asociado a municipios y/o entidades federativas, en este trabajo lo aplicamos a la infraestructura nacional completa. Para tal fin, en la expresión 4.1 se ha empleado como dato fijo y asociado a la variable S , el valor de 1,959,248 kilómetros cuadrados de superficie continental (área terrestre mexicana articulada con el continente americano). En contraste, el área marítima del país comprende 3,149,920 kilómetros cuadrados (estos datos fueron tomados de la siguiente fuente: <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/extension/>).

III. Anexo econométrico

SOBRE LOS MODELOS LOGÍSTICOS DE LA MOTORIZACIÓN A NIVEL NACIONAL (PERÍODOS 1924-2011 Y 1975-2010)

Para los modelos sigmoidales propuestos en el capítulo 3 y ajustados en el capítulo 6, se obtuvieron los resultados contenidos en los Cuadros C.1 a C.6, respecto a la significación de las variables.

Cuadro C.1. Resultados de significancia para el primer modelo de posesión vehicular con variables explicativas de tipo macroeconómicas

VARIABLE	COEFICIENTE	ERROR ESTÁNDAR	ESTADÍSTICO-T	VALOR-P
Intercepto	-0.685418	0.086672	-7.908189	0.0000
POBLAC	0.011462	0.004474	2.561794	0.0122
PIBPC	0.073035	0.006226	11.72985	0.0000
R ²	0.981613	Estadístico-F	2268.884	
R ² ajustada	0.981180	Valor-p del Estadístico-F	0.000000	

Fuente: Elaboración propia (2012).

Primero, abordamos el modelo de *car-ownership* con variables macroeconómicas. Del Cuadro C.1, podemos ver que tanto las variables regresoras como el intercepto son estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 95% ($1-\alpha=0.95$), puesto que sus valores-p son tales que $p < \alpha$. Además, por la prueba F, el modelo tiene significancia estadística a nivel global, a partir del valor de F_{calc} y su valor-p correspondiente.

En el Cuadro C.2, se presentan los resultados de regresión para el *car-ownership* dependiente de variables de naturaleza micro. En concreto, podemos notar que las variables tasa de desempleo, tasa de inflación y tasa de interés real, no son significativas al 5 %, por lo que se eliminan del modelo y repetimos el ajuste. Sin embargo, notando que el valor-p asociado a la tasa de interés es relativamente bajo, la conservaremos como variable para descartar que su posible significancia no esté siendo afectada por las variables: desempleo e inflación, que sí son marcadamente no significativas. Los nuevos resultados se muestran en el Cuadro C.3. A partir de la información de dicho cuadro, podemos concluir que el salario mínimo real, la variación del crédito bancario, la tasa de interés real y el índice de Engel son todas significativas, junto con el intercepto. Además, por la prueba F, el modelo también es significativo de forma global.

Cuadro C.2. Resultados de significancia para el primer modelo de posesión vehicular con variables regresoras de tipo micro

VARIABLE	COEFICIENTE	ERROR ESTÁNDAR	ESTADÍSTICO-T	VALOR-P
Intercepto	3.176569	0.551556	5.759284	0.0000
SALMINREAL	-0.004118	0.000992	-4.149465	0.0003
TASADESEMP	-0.002136	0.033301	-0.064146	0.9493
TASAINFL	9.74E-06	0.001589	0.006133	0.9951
VARCREDBANC	0.007778	0.002729	2.850343	0.0080
TASAINREAL	-0.010846	0.005707	-1.900442	0.0674
ENGEL	1.333337	0.218998	6.088348	0.0000
R ²	0.923618	Estadístico-F	58.44486	
R ² ajustada	0.907814	Valor-p del Estadístico-F	0.000000	

Fuente: Elaboración propia (2012).

A continuación, repetimos el procedimiento anterior para el índice de motorización, basándonos en los resultados desplegados en los Cuadros C.4-C.6. Así, del Cuadro C.4, se concluye la significancia estadística de todas las variables regresoras consideradas (a un alfa del 5%), y a partir del valor-p de F_{calc} , también se confirma la significancia global del modelo.

En el Cuadro C.5, se muestran los resultados del ajuste del índice de motorización cuando las variables son micro. Como puede verse, los pasos parciales respecto a la significancia estadística y eliminación sucesiva de variables independientes, son análogos a los realizados para el *car-ownership*, por lo que no se repetirán aquí, pero se muestran los resultados finales en el Cuadro C.6.

Cuadro C.3. Resultados de significancia para el segundo modelo de posesión vehicular con variables independientes de tipo micro

VARIABLE	COEFICIENTE	ERROR ESTÁNDAR	ESTADÍSTICO-T	VALOR-P
Intercepto	3.181543	0.397140	8.011130	0.0000
SALMINREAL	-0.004162	0.000624	-6.672008	0.0000
VARCREDBANC	0.007847	0.002416	3.248058	0.0028
TASAINREAL	-0.010890	0.004343	-2.507256	0.0176
ENGEL	1.329503	0.158338	8.396611	0.0000
R ²	0.923607	Estadístico-F	93.69889	
R ² ajustada	0.913750	Valor-p del Estadístico-F	0.000000	

Fuente: Elaboración propia (2012).

Cuadro C.4. Resultados de significancia para el primer modelo del índice de motorización con variables explicativas de tipo macroeconómicas

VARIABLE	COEFICIENTE	ERROR ESTÁNDAR	ESTADÍSTICO-T	VALOR-P
Intercepto	-0.463431	0.055800	-8.305255	0.0000
POBLAC	0.006715	0.002881	2.330990	0.0221
PIBPC	0.052037	0.004009	12.98133	0.0000
R ²	0.983957	Estadístico-F	2606.675	
R ² ajustada	0.983580	Valor-p del Estadístico-F	0.000000	

Fuente: Elaboración propia (2012).

Cuadro C.5. Resultados de significancia para el primer modelo del índice de motorización con variables regresoras de tipo micro

VARIABLE	COEFICIENTE	ERROR ESTÁNDAR	ESTADÍSTICO-T	VALOR-P
Intercepto	1.687473	0.509357	3.312944	0.0025
SALMINREAL	-0.002379	0.000916	-2.595725	0.0147
TASADESEMP	0.009570	0.030753	0.311200	0.7579
TASAINFL	-0.000274	0.001467	-0.186599	0.8533
VARCREDBANC	0.007303	0.002520	2.898101	0.0071
TASAINREAL	-0.010612	0.005271	-2.013334	0.0534
ENGEL	1.115081	0.202243	5.513570	0.0000
R ²	0.874691	Estadístico-F	33.73788	
R ² ajustada	0.848765	Valor-p del Estadístico-F	0.000000	

Fuente: Elaboración propia (2012).

Cuadro C.6. Resultados de significancia para el segundo modelo del índice de motorización con variables independientes de tipo micro

VARIABLE	COEFICIENTE	ERROR ESTÁNDAR	ESTADÍSTICO-T	VALOR-P
Intercepto	1.613001	0.367480	4.389362	0.0001
SALMINREAL	-0.002139	0.000577	-3.706039	0.0008
VARCREDBANC	0.006965	0.002235	3.115947	0.0039
TASAINREAL	-0.009915	0.004019	-2.467008	0.0194
ENGEL	1.151338	0.146512	7.858296	0.0000
R ²	0.874178	Estadístico-F	53.84473	
R ² ajustada	0.857942	Valor-p del Estadístico-F	0.000000	

Fuente: Elaboración propia (2012).

CIUDAD DE MÉXICO

Av. Nuevo León 210
Col. Hipódromo Condesa
CP 06100, México, D F
Tel +52 (55) 52 653600
Fax +52 (55) 52 653600

SANFANDILA

Carretera Querétaro-Galindo km 12+000
CP 76700, Sanfandila
Pedro Escobedo, Querétaro, México
Tel +52 (442) 216 9777
Fax +52 (442) 216 9671



**INSTITUTO
MEXICANO DEL
TRANSPORTE**

www.imt.mx
publicaciones@imt.mx

