



**El Colegio  
de la Frontera  
Norte**

**EFICIENCIA TÉCNICA DE LA INDUSTRIA  
AUTOMOTRIZ EN MÉXICO, 1988-2008.**

Tesis presentada por

**Jairo César López Zepeda**

para obtener el grado de

**MAESTRO EN ECONOMÍA APLICADA**

Tijuana, B. C., México  
2018

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Director(a) de Tesis: \_\_\_\_\_

Dr. Eliseo Díaz González

Aprobada por el Jurado Examinador:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

## **Dedicatoria**

A las señoras Antonia Montoya y Gloria Zepeda, mi abuela y madre, por darme las bases que hoy me definen como persona.

A mis tías y tíos en los que siempre he encontrado consejo, ánimo y apoyo incondicional.

A mi querida hermana, por soportar mis momentos de estrés.

A mis amigos Felipe, Carlos y Christian por acompañarme en los peores y mejores momentos.

A todos mis compañeros y amigos de generación por compartir la experiencia de estudiar en el Colegio de la Frontera Norte.

## **Agradecimientos**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico recibido durante la maestría.

Al Colegio de la Frontera Norte (COLEF) por permitirme el ingreso y permanencia al programa de la Maestría en Economía Aplicada y por los recursos humanos y físicos ofrecidos durante dos años para culminar con éxito.

A la coordinación de la Maestría en Economía Aplicada: Al Dr. Oscar Peláez, al Dr. Pedro Orraca y a la Lic. Laura Gómez. Por la atención recibida en estos dos años y el excelente trabajo realizado para facilitar los procesos administrativos.

Al Dr. Eliseo Díaz González, por su valiosa guía e invaluable apoyo como director de tesis para la culminación exitosa de este documento.

Al Dr. Eduardo Mendoza Cota, por los valiosos comentarios y observaciones que permitieron mejorar la calidad del trabajo.

Al Dr. Rafael Garduño Rivera, por su gran hospitalidad, disposición y enriquecedoras contribuciones para el desarrollo del documento.

## **RESUMEN**

El sector automotriz en México es clave para la economía nacional, sin embargo, existen disparidades regionales en términos de localización y producción. Este trabajo plantea medir el impacto de la especialización productiva en la eficiencia técnica automotriz de las zonas metropolitanas y municipios donde hay presencia de este sector en México para el periodo 1988 - 2008. Por un lado, para evaluar la especialización automotriz se utiliza un índice elaborado a partir de la participación del sector automotriz de una región respecto de otros sectores y regiones. Por otro lado, dada la estructura de panel de los datos se estima la eficiencia técnica de los municipios y zonas metropolitanas utilizando el modelo de fronteras estocásticas de Battese y Coelli (1995). Se encuentra que la especialización productiva tiene un impacto positivo en la eficiencia productiva en las unidades de análisis, además, se muestra que la escolaridad; y las zonas geográficas de producción como la región Norte y Centro del país; contribuyen a disminuir los niveles de ineficiencia productiva.

**Palabras Clave:** Industria automotriz, especialización, eficiencia técnica, zonas metropolitanas, municipios, fronteras estocásticas.

## **ABSTRACT**

The automotive sector in Mexico is key to the national economy. However, there are regional disparities in terms of location and production. This work aims to measure the impact of productive specialization on automotive productive efficiency of metropolitan areas and municipalities where this sector is present in Mexico for the period 1988 - 2008. First, its evaluated the automotive specialization an elaborated index is used from the participation of the automotive sector of a region with respect to other sectors and regions. Second, given the panel structure of the data, the technical efficiency of municipalities and metropolitan areas is estimated using the stochastic frontier model of Battese and Coelli (1995). It is found that the productive specialization has a positive impact on the productive efficiency in the units of analysis, in addition, it shows that education; and the geographical zones of production such as the North and Center regions of the country; they contribute to reduce the levels of productive inefficiency.

**Keywords:** Automotive industry, specialization, technical efficiency, metropolitan areas, municipalities, stochastic frontiers.

# ÍNDICE GENERAL

<b>Introducción</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>I. La industria automotriz en México</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.1. Contexto Geográfico .....	8
<b>II. Localización y especialización productiva</b> .....	11
2.1 Ventajas de economías de localización .....	11
2.2 Hipótesis .....	13
<b>III. Eficiencia técnica y métodos de estimación</b> .....	15
3.1. Eficiencia técnica .....	15
3.2. Análisis Envolvente de Datos .....	16
3.3. Fronteras Estocásticas .....	17
3.3.1. Funciones de producción.....	18
3.3.2. Modelo Battese & Coelli, 1995.....	20
3.4. Modelo Empírico .....	22
3.5. Estudios de eficiencia técnica en México .....	23
<b>IV. Datos y Resultados</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.1. Sección Determinística .....	28
4.2. Sección estocástica .....	33
4.3. Resultados del índice de especialización y estimación Battese Coelli 95 .....	36
4.3.1 Especialización.....	36
4.3.2 Frontera .....	38
4.3.3 Ineficiencia.....	38
<b>Conclusiones</b> .....	47
<b>ANEXOS</b> .....	53

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1 - Producción de vehículos automotores en México, 1983 – 2016.....	7
Gráfico 4.1 - Valor agregado de la industria automotriz, según periodo censal (miles de millones de pesos base 2010) .....	29
Gráfico 4.2 - Personal ocupado total en la industria automotriz, según periodo censal .....	30
Gráfico 4.3 - Activos fijos en la industria automotriz, según periodo censal (miles de millones de pesos base 2010) .....	31
Gráfico 4.4 - Consumo de energía eléctrica en la industria automotriz, según periodo censal (miles de millones de pesos base 2010) .....	32



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Armadoras automotrices en México.....	5
Tabla 1.2 Número de empresas automotrices por estrato de personal ocupado.....	8
Tabla 1.3 Distribución del número de empresas según el estrato de personal ocupado.....	9
Tabla 4.1 Zonas metropolitanas con actividad automotriz para los periodos seleccionados ....	26
Tabla 4.2 Municipios con actividad automotriz para los periodos seleccionados.....	27
Tabla 4.3 Proporción respecto del total de actividad automotriz de las áreas geográficas seleccionadas según periodo de tiempo.....	28
Tabla 4.4 Unidades de análisis con mayor índice de especialización. ....	37
Tabla 4.5 Resultados del modelo de fronteras estocásticas Battese & Coelli (1995) .....	40

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1 - Regionalización Banco de México. ....	34
Mapa 2 - Zonas Metropolitanas y municipios con actividad automotriz .....	35
Mapa 3 – Eficiencia técnica automotriz 1988 .....	41
Mapa 4 - Eficiencia técnica automotriz 1993.....	41
Mapa 5 – Eficiencia técnica automotriz 1998 .....	43
Mapa 6 – Eficiencia técnica automotriz 2003 .....	43
Mapa 7 – Eficiencia técnica automotriz 2008 .....	45

## INTRODUCCIÓN

La expansión de la industria automotriz en México y su consolidación, es resultado de procesos de globalización en combinación con una política industrial interna (Miranda, 2007). La industria automotriz en México tiene su origen en la década de los veinte con la primera instalación de líneas de ensamblaje de Ford en la Ciudad de México, dando comienzo a una de las principales industrias manufactureras en México compuesta por una red de proveedores de primer, segundo y tercer nivel que dependen directamente de la fabricación y consumo de vehículos (Covarrubias, 2014).

En los últimos años la industria automotriz se ha consolidado como una de las principales industrias manufactureras en México (Covarrubias, 2014). Es el sector que más genera divisas con un superávit registrado de 51 mil millones de dólares; entre 1994 y 2016 llegaron a México cerca de 46 mil millones de dólares de Inversión Extranjera Directa convirtiendo a México en uno de los principales países productores de autos, posicionando a la nación en el noveno lugar mundial como productor de vehículos y como sexto lugar en exportaciones (representaron para 2016 el 22.4% de las exportaciones totales del país) con un valor de 60 mil millones de dólares (Secretaría de Economía, 2016).

Sin duda, la industria automotriz tiene un peso importante en la economía de México, por ello, el sector ha sido estudiado por diversos autores desde distintas perspectivas, por ejemplo, histórica (Miranda, 2007); Laboral (Dombois, 1985; Carrillo 1987; Arteaga, 2003; Covarrubias, 2014) o regional (Unger, 2004; Chávez y García 2015) por mencionar algunas. Sin embargo, no existen estudios dentro de la economía regional o la microeconomía que midan la eficiencia técnica del sector automotriz en México, los trabajos encontrados sobre esta técnica están focalizados en su mayoría al sector manufacturero en su conjunto y con un nivel de desagregación geográfico limitado. La propuesta de análisis para el presente documento es precisamente el de medir la eficiencia técnica automotriz en México con detalle geográfico municipal y por zonas metropolitanas.

La eficiencia técnica se refiere al aprovechamiento óptimo de los recursos, es decir, la relación existente entre los insumos productivos utilizados y el producto terminado, de tal manera que los primeros sean mínimos y los segundos, máximos. La eficiencia técnica, por

tanto, es la capacidad de producir el máximo de bienes con la menor cantidad de insumos disponibles (Farrell, 1957). Existen principalmente dos tipos de método para la estimación de la eficiencia técnica, el método no paramétrico de análisis envolvente y el paramétrico de fronteras estocásticas, sin embargo, en este estudio se calcula por medio de una metodología paramétrica (fronteras estocásticas) que incluye dentro de la función de producción factores de producción clásicos -trabajo y capital- además de otras características que impactan en la eficiencia productiva como la escolaridad, la especialización, las regiones geográficas, o los acuerdos comerciales.

En 1989 se emite un decreto automotriz con el objetivo incrementar la competitividad y la eficiencia de la industria mediante la reducción de la participación de contenido nacional de autos de exportación; otorgando concesiones fiscales a la inversión extranjera y a la importación de vehículos, comenzando con la etapa de liberalización comercial de la industria automotriz - en conjunto con la economía mexicana-. El 1 de enero de 1994 entra en vigor el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) y con él nuevas reglas que incluían reducciones progresivas de tarifas arancelarias y de porcentaje de participación nacional a la producción de vehículos de exportación. Como consecuencia de la política de liberalización arribaron empresas automotrices en el norte y centro del país de las firmas más importantes del mundo como Mercedes Benz en Nuevo León (1994), Honda en Jalisco (1994), General Motors en Guanajuato (1995), Chrysler en Coahuila (1995), BMW y VOLVO en el Estado de México en 1995 y 2000 respectivamente, impactando en el nivel de empleo, activos fijos y valor agregado nacionales -como se detallará más adelante-. Derivado del contexto anterior, se propone evaluar el impacto de la especialización productiva (entendida como el grado de participación del valor agregado automotriz en relación con el total del valor agregado de toda la actividad industrial) y la liberalización económica sobre la eficiencia de las unidades de producción -zonas metropolitanas y municipios-. Bajo la lógica de que la localización asimétrica de la industria especializa a las regiones donde se implanta, como lo señalan las teorías de economías de urbanización y localización (Krugman, 1991; Goldstein y Gronberg, 1984; Eberts y McMillen 1999; Venables, 1996). Para captar el grado de especialización (localización) es utilizado un índice con el fin de evaluar primero, la magnitud de la concentración de la actividad automotriz en las áreas geográficas de análisis y posteriormente su impacto en la eficiencia técnica del sector.

Con base en lo anterior la tesis plantea cinco preguntas de investigación: ¿Cuáles son las zonas metropolitanas y municipios con mayor especialización automotriz?; ¿Cuál es el impacto de la especialización en la eficiencia técnica?; ¿La apertura comercial contribuye a reducir la ineficiencia productiva en México?; ¿Existe una diferencia significativa en la eficiencia productiva de las regiones de producción? y; en general ¿Cuáles son los determinantes de la eficiencia técnica automotriz en las zonas geográficas analizadas?

Para dar respuesta a estas preguntas de investigación, el presente documento es dividido en cuatro capítulos. En el primero es expuesto el contexto de la industria automotriz en México mediante una breve revisión de sus etapas de desarrollo hasta los últimos años, adicionalmente, se expone un breve análisis de cifras con información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) para el año 2010, esto con el objetivo de identificar a los actores dentro de esta industria en las distintas zonas geográficas del país, además de visualizar el tamaño de las empresas en términos de estratos de personal ocupado, lo que ofrece una perspectiva de las diferencias entre los estratos bajos (con razones sociales de micro-negocios) talleres de soldadura, tornos o herrería, y estratos altos (relacionados con plantas armadoras y de proveeduría) NISSAN, FORD, BMW, DONALDSON, y similares.

El capítulo dos contiene la revisión teórica y metodológica utilizada en el análisis. Se expone una revisión teórica de especialización y localización retomando distintos autores que abordaron estos temas (Krugman, 1991; Goldstein y Gronberg, 1984; Eberts y McMillen 1999; Venables, 1996). El tercer capítulo presenta la teoría microeconómica relacionada con la eficiencia técnica, los principales métodos de estimación (Análisis Envolvente de Datos y Fronteras Estocásticas) y las funciones de producción más comunes para la estimación paramétrica (Fronteras Estocásticas). Por último, son expuestos los estudios sobre eficiencia técnica en México, seguido de la presentación del modelo empírico a estimar.

El cuarto capítulo contiene dos apartados. Primero, se muestran los datos y la estadística descriptiva de las variables empleadas en el modelo empírico y posteriormente, los resultados del modelo de eficiencia técnica estimado. Y finalmente el apartado de conclusiones.

## I. INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN MÉXICO

La expansión de la industria automotriz en México y su consolidación, es resultado de procesos de globalización en combinación con una política industrial interna (Miranda, 2007). La industria automotriz en México tiene su origen en la década de los veinte con la primera instalación de líneas de ensamblaje de Ford<sup>1</sup> en la Ciudad de México, dando comienzo a una de las principales industrias del sector manufacturero, compuesta por una red de proveedores de primer, segundo y tercer nivel que dependen directamente de la fabricación y consumo de vehículos (Covarrubias, 2014). Algunos datos que muestran la importancia de la industria automotriz mexicana, por ejemplo, son:

- Es el principal generador de divisas con una balanza superavitaria superior a los 51 mil millones de dólares en 2016, (Secretaría de Economía, 2016).
- Las exportaciones automotrices en 2016 representaron el 22.4% de las exportaciones totales del país con un valor de 60 mil millones de dólares (Secretaría de Economía, 2016).
- La industria automotriz también ha sido una de las mayores receptoras de Inversión Extranjera Directa (IED), entre 1994 y el primer semestre de 2016, captó alrededor de 46,000 mdd, lo que representa poco más del 10% del total de la IED recibida en México y 21% de la IED que ha llegado al sector manufacturero del país. Los principales países inversionistas han sido Estados Unidos, Japón y Alemania (Carbajal, 2017).
- Fue el séptimo país con mayor producción de vehículos, cuarto con mayor exportación de vehículos ligeros y quinto de vehículos pesados (Secretaría de Economía, 2016).

El desarrollo y consolidación de la industria se manifiesta con la llegada de armadoras extranjeras en distintos periodos de tiempo, en etapas con características específicas de contextos económicos internacionales y políticas industriales particulares. La industria automotriz en México, comienza con la instalación de la primera planta ensambladora de Ford en 1925 pasando por distintas etapas de desarrollo hasta su consolidación en el periodo de

---

<sup>1</sup> El 23 de junio de 1925 es fundada en la Ciudad de México la primera planta de ensamblaje de la empresa FORD Motor Company, S.A.

liberalización económica mexicana (Miranda, 2007). La tabla 1.1 muestra la fecha de instalación de plantas armadoras en México por estado, se observa que, después de la década de los ochenta la llegada de empresas automotrices extranjeras se incrementó considerablemente.

Tabla 1.1. Armadoras automotrices en México.

Compañía	Estado	Año de instalación
DINA	Hidalgo	1952
Volkswagen	Puebla	1965
GM	Estado de México	1965
Nissan	Morelos	1966
FCA	Estado de México	1968
Freightliner	Estado de México	1969
Ford	Estado de México	1970
Kenworth	Baja California	1970
GM	Coahuila	1981
FCA	Coahuila	1981
Nissan	Aguascalientes	1982
Ford	Chihuahua	1983
Cummins	San Luis Potosí	1984
Ford	Sonora	1986
Scania	Querétaro	1992
Mercedes Benz	Nuevo León	1994
Honda	Jalisco	1994
GM	Guanajuato	1995
BMW	Estado de México	1995
FCA	Coahuila	1995
Internacional	Nuevo León	1998
Volvo	Estado de México	2000
Toyota	Baja California	2004
MAN	Querétaro	2004
Freightliner	Coahuila	2007
GM	Guanajuato	2008
Ford	Chihuahua	2009
Hino	Guanajuato	2009
Isuzu	Estado de México	2011
Mazda	Guanajuato	2011
Volkswagen	Guanajuato	2011
Honda	Guanajuato	2014
Audi	Puebla	2016
KIA	Nuevo León	2016
Mercedes Benz - Infiniti	Aguascalientes	2017

Fuente: ProMéxico, 2016

Aunque la primera planta extranjera se instaló en 1925 no es hasta después de los años 60 que comienza a desarrollarse la industria automotriz en México. Entre 1962 y 1976 se da el llamado periodo de sustitución de importaciones, donde, se emitió el primer decreto automotriz que limitaba las importaciones de vehículos y de autopartes, fijaba en 60% de contenido nacional en los vehículos terminados, limitaba en 40% la participación de inversión extranjera en plantas armadoras, y establecía controles de precios (Miranda, 2007). En tal esquema, se dan

importantes inversiones de empresas extranjeras como Volkswagen en Puebla; General Motors y Chrysler en el Estado de México; y Nissan en Morelos.

Con base en el estudio de Miranda, 2007, que recopila los decretos automotrices emitidos en México, se realiza un análisis identificando las industrias que llegaron en cada periodo, que se presenta a continuación.

Entre 1977 y 1989 existía una regulación más flexible a la producción extranjera. Ante un creciente déficit en la balanza de pagos derivado de la crisis del petróleo en los setenta es emitido un decreto en 1977 con el objetivo de convertir a México en un país exportador competitivo. El decreto establecía un mínimo de 50% de producción local para la exportación en contraste con el 60% establecido anteriormente, manteniendo la protección en relación con la participación en la inversión. El surgimiento de la industria automotriz japonesa y la penetración de sus vehículos en el mercado estadounidense fueron factores para que la industria norteamericana buscara invertir en México con el fin de disminuir costos de producción y hacer frente a los económicos vehículos asiáticos. Es así como el norte del país se instalan plantas de ensamblaje y producción de motores de compañías norteamericanas como General Motors y Chrysler en Ramos Arizpe (1981), Ford de Chihuahua y Sonora en 1983 y 1986 respectivamente. En 1989 el presidente Salinas emite un decreto automotriz con el objetivo de generar un sector competitivo en el exterior, con una orientación de liberalización económica, se esperaba modernizar la industria y así hacerla más eficiente, productiva y tecnológica. La nueva regulación permitía la importación de vehículos nuevos; ofrecía concesiones fiscales equivalentes al 30% de inversión; y la disminución de la participación de contenido nacional de 50% a 36% para vehículos de exportación (Miranda, 2007).

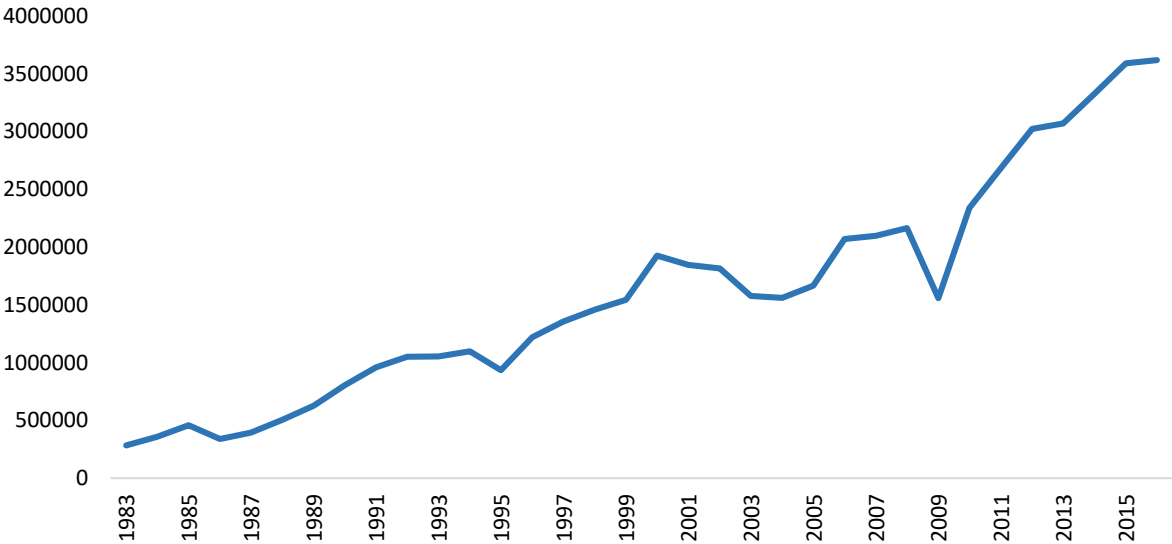
La firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) y su entrada en vigor el 1 de enero de 1994 hasta la completa consolidación de la liberalización económica en 2004 condujo a una transformación completamente despegada de proteccionismo. Las nuevas reglas comerciales incluían, para la industria automotriz, reducciones progresivas de tarifas arancelarias y de composición de contenido nacional de autos de exportación hasta su completa eliminación en 2004 (la composición de contenido nacional para autos de exportación en 1993 fue de 36%; en 1998 de 29%; y 0% en 2004). Esta etapa trajo consigo nuevas inversiones en el norte y centro del país como Mercedes Benz en Nuevo León (1994), Honda en Jalisco (1994),



General Motors en Guanajuato (1995), Chrysler en Coahuila (1995), BMW y VOLVO en el Estado de México en 1995 y 2000 respectivamente. 2003 es el inicio de la completa liberalización del sector automotriz del TLCAN, donde es emitido un nuevo decreto que busca mejorar la competitividad fortaleciendo el mercado interno mediante la estimulación de inversiones.

El gráfico 1.1 - muestra la producción de vehículos automotores en México para el periodo 1983 – 2017. Con esta información es posible comprobar el efecto de los decretos establecidos en la década de los ochenta, que incentivaron la llegada de armadoras extranjeras para la producción de vehículos en México.

Gráfico 1.1 - Producción de vehículos automotores en México, 1983 - 2016



Fuente: Elaboración propia, con información de AMIA e INEGI.

Se observa que la mayor expansión de producción automotriz se da después de la crisis económica de 2008 donde tuvo una fuerte caída seguida de una recuperación a partir de 2009 hasta 2017, específicamente un incremento de 326 por ciento. El incremento porcentual de todo el periodo fue de 1237 por ciento, con periodos de expansión muy notorios como el mencionado anteriormente.

## 1.1. Contexto Geográfico

Para analizar el contexto empresarial actual de la industria automotriz<sup>2</sup>, es utilizado el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE)<sup>3</sup> con la finalidad de detectar el número de empresas que operan en México. Si bien, no es posible obtener información sobre variables más allá de la clasificación por rango de personal ocupado, esto ofrece el nombre y la localización geográfica de los actores de la industria.

Según el DENUE, en México operaron 3033 empresas con actividad automotriz en 2010, las cuales están estratificadas por rango de personal ocupado como lo muestra la tabla 1. Bajo la estratificación establecida, 1010 empresas pertenecen al grupo de 0 a 5 personas ocupadas, lo que representa un 33.3% del total registrado. El segundo mayor estrato es el de 251 y más personas, con 24.4% del total. La siguiente tabla muestra el número y el porcentaje de participación de las empresas según la categoría a la que pertenecen.

Tabla 1.2. Número de empresas automotrices por estrato de personal ocupado

Estrato de personal ocupado	Empresas (absoluto)	Participación (%)
0 a 5 personas	1010	33.3
6 a 10 personas	278	9.2
11 a 30 personas	316	10.4
31 a 50 personas	173	5.7
51 a 100 personas	235	7.7
101 a 250 personas	282	9.3
251 y más personas	739	24.4
Total	3033	100.0

Fuente: elaboración propia DENUE, 2016

Los estratos de personal ocupado ubicados en los extremos contienen la mayor cantidad de empresas, 1749 en total. Los dos extremos representan el 57.7% de las 3033 empresas registradas, mientras que el 42.3% restante es distribuido entre los demás estratos. La tabla 1 también señala que existen pocas empresas medianas en México, esto es una señal de una actividad polarizada con empresas pequeñas poco desarrolladas en el estrato más bajo, y armadoras y proveedoras directas en el extremo superior. El nombre de las empresas, o bien, la razón social registrada en el directorio para estos dos estratos (de 0 a 5 y 251 y más), es un

<sup>2</sup> La definición detallada de la actividad automotriz y las ramas que la componen es descrita en el capítulo cuatro.

<sup>3</sup> La versión utilizada es la correspondiente con la actualizada al 20/12/2016

indicativo del tipo de empresas que integran estas agrupaciones. Dentro de las 1010 empresas en el estrato de 0 a 5 personas, abundan razones sociales, tales como, “SIN NOMBRE”, “TALLER DE HERRERÍA”, “TALLER DE SOLDADURA”, “TORNOS”, “CARROCERÍAS”, “TALLER DE CARROCERÍA” y similares. El panorama es distinto para las razones sociales de las 739 empresas en el estrato más alto, aquí las razones sociales son, por ejemplo, “NISSAN”, “CHRYSLER”, “GM”, “TOYOTA”, “VW”, “FORD” correspondientes con las armadoras instaladas en las distintas entidades de México, además, importantes nombres de proveeduría como “BOSCH”, “CALSONIC”, “DONALDSON”, “JATCO” o “DELPHI”, pertenecientes a este estrato.

Un análisis por entidad federativa muestra que cerca de una tercera parte del total de empresas automotrices están concentradas en el Estado de México (273), Nuevo León (271), Chihuahua (250) y Puebla (224). Otra concentración importante respecto de las empresas en el estrato más alto se da en Chihuahua y Coahuila con 117 y 115, esto es, un tercio de las empresas con 250 y más personas ocupadas. Las entidades con menor cantidad de empresas automotrices son Baja California Sur; Campeche; Guerrero; Michoacán; Oaxaca; Quintana Roo; y Tabasco, que en conjunto suman 123, sin embargo, 95 de ellas corresponden al estrato de 0 a 5 personas ocupadas, como lo muestra la tabla 2. Es de esperar que las empresas del estrato más bajo encajen con características de empresas de talleres de herrería, soldadura, tornos o actividades semejantes, es decir, establecimientos con poco valor agregado, bajo personal ocupado, y pocos activos fijos.

Tabla 1.3 Distribución del número de empresas según el estrato de personal ocupado

Entidad	Número empresas	0 a 5	6 a 10	11 a 30	31 a 50	51 a 100	101 a 250	251 y más
Aguascalientes	79	19	3	11	10	9	5	22
Baja California	116	35	7	10	12	11	12	29
Baja California Sur	8	7	0	1	0	0	0	0
Campeche	6	3	3	0	0	0	0	0
Coahuila	241	38	10	20	11	21	26	115
Colima	10	8	0	0	0	0	1	1
Chiapas	34	18	5	3	0	0	2	6
Chihuahua	250	55	8	15	10	10	35	117
Ciudad de México	214	87	28	25	12	34	12	16
Durango	31	6	2	3	1	2	4	13
Guanajuato	187	48	14	26	16	22	22	39
Guerrero	15	14	0	0	0	1	0	0
Hidalgo	39	14	3	7	2	5	3	5
Jalisco	181	64	33	38	11	11	14	10

México	273	95	29	36	14	24	22	53
Michoacán	47	35	7	5	0	0	0	0
Morelos	20	6	3	3	3	1	0	4
Nayarit	10	5	2	1	0	0	0	2
Nuevo León	271	67	24	40	16	26	26	72
Oaxaca	27	24	2	0	0	1	0	0
Puebla	224	117	31	15	11	6	11	33
Querétaro	159	26	17	20	7	13	28	48
Quintana Roo	7	5	0	2	0	0	0	0
San Luis Potosí	110	24	9	5	9	10	20	33
Sinaloa	39	18	8	2	2	2	2	5
Sonora	101	20	6	8	10	13	14	30
Tabasco	13	7	3	0	3	0	0	0
Tamaulipas	133	28	4	9	8	7	18	59
Tlaxcala	27	10	1	4	2	1	2	7
Veracruz	95	78	9	2	0	0	2	4
Yucatán	30	16	6	3	0	2	0	3
Zacatecas	36	13	1	2	3	3	1	13
Total	3033	1010	278	316	173	235	282	739

Fuente: elaboración propia DENU, 2016.

Para el periodo 2014 correspondiente con el último periodo censal, no fue posible realizar un análisis más detallado de la industria en términos municipales con las variables personal ocupado, activos fijos y valor agregado. Debido a modificaciones en la metodología del Sistema Automatizado de Información Censal (SAIC, 2014), los datos no son consistentes con el comportamiento previo de la industria. Por ejemplo, durante el periodo 1989 – 2009 no hubo ninguna contracción de municipios con actividad automotriz, por el contrario, en cada periodo hasta 2009 fueron registrados 187 nuevos municipios. Sin embargo, en los resultados que reportan los Censos Económicos 2014, el número de municipios se redujo drásticamente, de 370 municipios existentes en 2009, para 2014 sólo son reportados 91.

## II. ESPECIALIZACIÓN PRODUCTIVA Y EFICIENCIA TÉCNICA

México es un país con disparidades regionales productivas (Mendoza, 2003). Las manufacturas mexicanas están distribuidas a lo largo del territorio nacional con mayor o menor intensidad dependiendo de la actividad que desarrollen. La manufactura automotriz no está alejada de cierta concentración geográfica en regiones específicas del territorio nacional. Para comprender esta especialización o concentración regional que sigue esta industria, a continuación, se presentan algunas teorías de las ventajas de la aglomeración productiva.

El concepto de aglomeración está vinculado con nuevos enfoques en la geografía económica que han resaltado el potencial competitivo asociado con la estrecha relación entre la demanda y la oferta de los grupos regionales de industrias aliadas (Scott, 1988, Porter, 1990). Existen esfuerzos por explicar cuáles son los factores que determinan el desarrollo industrial en un espacio geográfico determinado (Krugman y Venables, 1995). Algunos autores señalan que mercados locales especializados en mano de obra o productos intermedios son factores que generalmente detonan la proximidad productiva (Driffield & Munday, 2001). La concentración industrial, presenta externalidades positivas asociadas a un proceso de efectos alternos derivados, por ejemplo, de la innovación tecnológica o la organización industrial (Arrow, 1962; Rommer, 1986; Marshall, 1920; Jacobs, 1969).

### 2.1 Ventajas de economías de localización

Eberts y McMillen (1999) identifican tres principales ventajas económicas que las empresas o industrias pueden aprovechar dada su localización. La primera se refiere a las economías de escala al interior de la firma; la segunda, son economías de localización relacionadas con la concentración de una misma industria en una zona geográfica; y la tercera, las economías de urbanización, relacionadas con factores no comunes de la actividad productiva como la infraestructura pública.

Las economías de escala. Son el resultado del incremento de los niveles productivos, se desarrollan en áreas metropolitanas con una mayor demanda de productos. De acuerdo con Krugman (1981) la concentración industrial es resultado de la interacción en la demanda industrial, de firmas o empresas que deciden establecerse muy próximas una de otra para

minimizar costos fijos y de transporte. Dado que el beneficio es la reducción de costos internos dentro de las firmas, es denominada economía interna de escala. El modelo básico de economías de escala internas sigue al modelo de comercio internacional de Krugman (1980), aunque las unidades de análisis ahora no son naciones sino regiones. Dada la preferencia de los consumidores por la variedad de productos, y una restricción de costos fijos por parte de las firmas, estas deciden producir un solo producto, de modo que cada una de ellas es diferente entre sí, debido a que los costos son fijos aprovechan la ventaja comparativa de su producto, reduciendo los costos de transporte dada la cercanía a los grandes mercados. Venables (1996) propone un modelo en el cuál la concentración resulta de la minimización de costos y la interacción entre firmas por el lado de la demanda. Este modelo explica que cuando la especialización de bienes intermedios se amplía por parte de proveedores, los productores de bienes finales se benefician de esta especialización y de obtenerlos a menores costos por cercanía, lo que incentiva la concentración de empresas del sector.

Las economías de localización. Derivan de la concentración de una misma industria en un espacio geográfico, la acumulación comienza a darse debido a que existen factores productivos especializados que se comparten entre las firmas que desarrollan la misma actividad. Una de las principales ventajas que surgen de la concentración o aglomeración industrial, es el hecho de que las firmas involucradas reducen el tiempo de transferencia e incrementan la calidad de la información que se comparten, esta ventaja se refleja tanto en el lado de la oferta como en el de la demanda, por ejemplo, al compartir información sobre mejoras en los procesos productivos -oferta- y al aprovechar la proximidad con la competencia y los consumidores -demanda-. Los spillovers de conocimiento tienen limitaciones geográficas que no pueden ser medibles, dado que no dejan ningún tipo de rastro tangible que pueda ser cuantificable (Krugman, 1991). Existen trabajos como los de Jaffe (1989); Feldman (1994); Audretsch y Feldman (1996) los cuáles han tratado plantear soluciones al problema de la cuantificación del conocimiento en la geografía económica.

Las economías de urbanización surgen por la accesibilidad de factores productivos que están directamente relacionados con factores tradicionales de la producción como el trabajo y capital, pero adicionalmente, con factores no comunes de la actividad productiva. La infraestructura pública, la proveeduría mayorista, el emprendedurismo, por ejemplo, son

factores no convencionales que influyen en la actividad productiva. Este tipo de economías de ofrecen servicios especializados en grandes áreas urbanas que no existen en zonas de menor tamaño (Goldstein y Gronberg, 1984). En las zonas rurales las empresas de fabricación de camiones, por ejemplo, deben tener sus propios servicios de mantenimiento mecánico o utilizar los servicios mecánicos locales generalmente poco especializados. Por el contrario, en una zona urbana la empresa puede acceder a servicios de mantenimiento profesionalizados, por lo que las ciudades actúan como almacenes que permiten a las empresas acudir rápidamente a opciones especializadas. La infraestructura pública como carreteras, parques industriales, instalaciones de energía, seguridad, por ejemplo, son factores que dan una ventaja a las zonas urbanas respecto a otro tipo de áreas geográficas. En el caso de la electricidad, estar cerca de una fuente barata de energía eléctrica atrae industrias de alto consumo de energía, alternativamente, puede traer otro tipo de industrias de nivel de consumo medio y bajo que están directamente relacionadas con la empresa de alto consumo. El análisis del impacto de la aglomeración sobre la eficiencia constituye una de las áreas más promisorias e inexploradas en la investigación empírica. Las metodologías formalmente más desarrolladas para incorporar la heterogeneidad entre firmas son aquellas basadas en la estimación de fronteras de producción (e.g. Aigner, Lovell, y Schmidt, 1977; Battese y Coelli, 1995; Cullinane, Wang, Song, y Ji, 2006; Driffield y Munday, 2001; Kirkley, Squires, y Strand, 1995; Reinhard, Knox Lovell, y Thussen, 1999; Seyoum, Battese, y Fleming, 1998; Tovar y Martín-Cejas, 2010). Sin embargo, son todavía escasos los estudios empíricos de fronteras de producción orientados al análisis del vínculo entre especialización y eficiencia productiva (e.g. Alvarez, Garduño-Rivera, y Nuñez, 2017; Bannister y Stolp, 1995; Colombia, 2015).

## 2.2 Hipótesis

De acuerdo con los argumentos de que las diferencias productivas sectoriales se generan como procesos y patrones de desarrollo industrial en un espacio determinado (Fisher, 1939; Clarck, 1940; Chenery, 1979) y de que la especialización productiva surge principalmente por la existencia de insumos o factores especializados (teorías ricardianas de ventajas comparativas) o bien por la proximidad de las firmas de un sector en específico ofreciendo ventajas de información, disminución de costos, cercanía a la competencia y a clientes (Krugman, 1991), es planteada la siguiente hipótesis.

La industria automotriz está localizada en distintos puntos geográficos del país con características específicas que impactan en el aprovechamiento de los factores productivos. Existen zonas geográficas con mayor presencia de actividad automotriz que otras, lo que especializa (en términos de producción) a dichas zonas, tal especialización provocaría entonces que el grado de aprovechamiento de los recursos productivos sea mayor (por ventajas comparativas; de cercanía a la competencia y clientes; o proximidad) o bien, que exista heterogeneidad en términos de eficiencia productiva explicada por la especialización.



### III. EFICIENCIA TÉCNICA Y MÉTODOS DE ESTIMACIÓN

La teoría relacionada con la eficiencia técnica y las principales técnicas de estimación son abordadas en este capítulo, el cual se compone de cinco apartados. El primero ofrece una perspectiva sobre la discusión del concepto de eficiencia en general y eficiencia técnica en particular. El segundo, retoma una de las principales técnicas de estimación (Análisis Envolvente). El tercero, Expone el método de Fronteras estocásticas y las funciones de producción más comunes. El Cuarto, establece el modelo empírico utilizado en esta tesis. El quinto y último, una revisión de los principales trabajos realizados sobre eficiencia técnica en México.

#### 3.1. Eficiencia técnica

Una definición de eficiencia técnica fue propuesta por Koopmans (1951) la cuál sostiene que, bajo un conjunto de posibilidades de producción, un vector de entrada y otro de salida son técnicamente eficientes si no existe otro vector de entrada que utilice una menor cantidad de insumos para producir la misma cantidad de salida.

Existen principalmente dos categorías de eficiencia, la técnica y la asignativa (Pinilla, 2013). La eficiencia técnica se refiere al aprovechamiento de los recursos en términos de insumos, es decir, la relación existente entre los insumos productivos utilizados y el producto terminado. La eficiencia técnica, por tanto, es la capacidad de producir bienes con la menor cantidad de insumos disponibles (Farrell, 1957). La eficiencia asignativa se refiere a la minimización de costos y maximización de beneficios, obedece a la asignación de precios por oferta y demanda. Dado que el presente documento no se refiere a o minimización de costos y maximización de beneficios, sino al adecuado aprovechamiento de los insumos productivos, el concepto de eficiencia técnica resulta ser el término utilizado para el análisis.

Existen múltiples formas de estimar la eficiencia técnica (Pinilla, 2013). Distintos autores han hecho estimaciones con variedad métodos de cuantificación, cada una de ellas contienen una serie de argumentos técnicos y metodológicos con ventajas y desventajas. A fin de hacer una buena selección de la metodología de estimación adecuada para resolver el problema de investigación planteado en la presente investigación, a continuación, se presentan los métodos más utilizados.

### 3.2. Análisis Envolvente de Datos

El Análisis Envolvente de Datos (DEA, por sus siglas en inglés), es una técnica de estimación no paramétrica de eficiencia orientada a evaluar Unidades de Toma de Decisión (DMU, por sus siglas en inglés) las cuales transforman múltiples *inputs* en múltiples *outputs* (Cooper, Seiford, & Zhu, 2004). La definición de DMU es flexible y puede referirse a distintos tipos de entidades que desarrollan distintas actividades, por ejemplo, países, municipios, empresas, ciudades o granjas. El análisis envolvente de datos cada vez es más utilizado por distintos investigadores dado que requiere muy pocos supuestos.

El modelo inicial DEA, fue presentado originalmente por Charnes, Cooper y Rhodes (CCR, 1978) siguiendo el trabajo de (Farrell, 1957), el cuál es descrito como un modelo de programación matemática para estimar las relación entre la frontera de posibilidades de producción y la eficiencia de las DMU (Charnes, Cooper, & Rhodes, 1981).

Siguiendo a Cooper et al. (2004) mediante la metodología CCR (1981), es descrito a continuación el modelo DEA para la estimación de eficiencia de las unidades tomadoras de decisión o DMU.

Formalmente, se asume que existen  $n$  DMU's a ser evaluadas y cada una de ellas consume una cantidad de  $m$  insumos o *inputs* para producir  $s$  diferentes *outputs*. Específicamente cada  $DMU_j$  consume una cantidad  $x_{ij}$  de *inputs*  $i$  para producir una cantidad  $y_{rj}$  de  $r$  *outputs*. Se asume que cada DMU tiene al menos un *input* y *output* positivos  $x_{ij} \geq 0$  y  $y_{ij} \geq 0$ .

La proporción de *outputs-inputs* es utilizada para medir la eficiencia relativa de  $DMU_j = DMU_0$  para cada  $j = 1, 2, \dots, n$   $DMU_j$ . Esta proporción o "ratio" se define como:

$$\frac{\sum_r u_r y_{r0}}{\sum_i v_i x_{i0}} \quad (1)$$

Donde  $u_r$  es la ponderación relacionada con *inputs* y  $v_i$  la ponderación de *outputs*;  $y_{r0}$  y  $x_{r0}$  muestran los valores observados de *inputs* y *outputs* de  $DMU_0$  respectivamente. En lenguaje de programación matemática, la ecuación (2) puede ser maximizada para generar la función objetivo y evaluar  $DMU_j$ , de tal manera que:

$$\max h_0(u, v) = \frac{\sum_r u_r y_{r0}}{\sum_i v_i x_{i0}} \quad (2)$$

Es evidente que la función objetivo  $h_0$  es la maximización del ratio de la eficiencia de la unidad comparada. La ecuación (2) puede contener un conjunto de restricciones de normalización para evitar que la solución tienda a infinito, de tal manera que

$$\begin{aligned} \max h_0(u, v) &= \Sigma_r u_r y_{r0} / \Sigma_i v_i x_{i0} \\ \text{s. a. } \frac{\Sigma_r u_r y_{r0}}{\Sigma_i v_i x_{i0}} &\leq 1 \text{ para } j = 1, 2, \dots, n, u_r, v_i \geq 0 \text{ para todo } i \text{ y } j. \end{aligned} \quad (3)$$

Es importante dar una perspectiva de la existencia de la técnica del análisis envolvente con el objetivo de señalar que la eficiencia técnica no solo puede ser estimada bajo un método paramétrico como el que utilizará el presente análisis. El análisis envolvente ha sido implementado en distintos estudios para estimar la eficiencia técnica en diversas áreas, sin embargo, el presente análisis utilizará el método de fronteras estocásticas, un método paramétrico que toma funciones de producción para la estimación de la frontera. A continuación, se presenta el método de fronteras estocásticas (método paramétrico) y las funciones de producción más comunes.

### 3.3. Fronteras Estocásticas

El análisis de fronteras estocásticas (SFA, por sus siglas en inglés) es una técnica de estimación paramétrica, es decir, involucra una función de producción que puede tener distintas variantes como las presentadas en el apartado 3.3.1 al incorporar a estas funciones un error aleatorio es cuando se denomina frontera estocástica, este término de error contiene dos componentes, uno que mide el efecto aleatorio y otro la ineficiencia (Aigner et al., 1977). El modelo básico original fue propuesto por Aigner et. Al. (1977) presenta la siguiente estructura.

Partiendo de una función de producción lineal de la forma.

$$y_i = f(x_i; \beta) + \varepsilon_i, i = 1, \dots, N. \quad (4)$$

Donde  $y_i$  es la máxima producción posible de la unidad  $i$  dado un vector de insumos  $x_i$ ,  $\beta$  es un parámetro por estimar y  $\varepsilon_i \leq 0$  es el término de error, el cual tiene el componente aleatorio y de ineficiencia como es mostrado en la siguiente ecuación.

$$\varepsilon_i = v_i + u_i, i = 1, \dots, N. \quad (5)$$

Por un lado,  $v_i$  que es el error idiosincrático que se asume independiente e idénticamente distribuido con  $N(0, \sigma^2)$ , por otro lado  $u_i$  es el error que mide la ineficiencia, se asume distribuido independiente de  $v_i$  y presenta una distribución normal trucada positiva, de tal manera que se satisface que  $u_i \leq 0$ , es decir, valores mayores a cero en  $u_i$  implica unidades de observación ineficientes, mientras que valores iguales a cero implica unidades sobre la frontera eficiente.

El trabajo presentado por Aigner et al., (1977) no incorpora la especificación de variables explicativas del término de ineficiencia y sólo era estimable para datos de corte transversal. Uno de los primeros trabajos en incorporar variables explicativas al modelo de eficiencia fueron, por ejemplo, Pitt & Lee (1981) quienes modelaron la eficiencia técnica de establecimientos de tejido en Indonesia a partir del tipo de propiedad, la edad y el establecimiento de las unidades de análisis, sin embargo, aún no incluían temporalidad en la eficiencia, es decir, no permitía variaciones de tiempo del término aleatorio.

### 3.3.1. Funciones de producción

Una función de producción es una herramienta que permite analizar la estructura productiva de una unidad económica con el fin de identificar las distintas combinaciones de *inputs* o insumos productivos que logran cierta cantidad de producto físico (*output*). Típicamente los insumos productivos utilizados son trabajo ( $l$ ) y capital ( $k$ ), la combinación óptima de los insumos arrojará un nivel de producción máximo posible, esto permite establecer una “frontera” de posibilidades de producción en donde la unidad de análisis no sobrepasa tal límite productivo dada una cantidad de insumos suministrados (Varian, 1992). A continuación, se revisan brevemente algunas de las formas funcionales que ayudan a modelar la producción.

En la función de producción de Leontief los insumos productivos son utilizados en proporciones fijas. Esto es que la elasticidad de sustitución “ $\sigma$ ” es igual a cero, lo cual implica que no existe sustitución de factores productivos, matemáticamente la función se representa como:

$$Y = \min(\beta_1 X_1, \beta_2 X_2), \beta_1, \beta_2 > 0 \text{ y } \sigma = 0 \quad (6)$$

$\beta_1$  y  $\beta_2$  representan la proporción de los factores utilizados en la producción;  $X_1$  y  $X_2$  son los factores productivos. Aquí el operador de minimización “min” indica que la producción “Y” está dada por el más pequeño de los valores de los factores contenidos dentro de los paréntesis, por ejemplo, si  $\beta_1 X_1 < \beta_2 X_2$ ; entonces  $Y = \beta_1 X_1$ , esto implica que en tal caso la restricción del proceso productivo es el factor  $X_1$ .

### 3.3.1.2. Función de producción Cobb-Douglas

Esta función fue propuesta por Cobb & Douglas (1928) y sugiere que la elasticidad de sustitución “ $\sigma$ ” es igual a 1, es decir, los factores productivos son sustitutos perfectos. La ecuación (7) representa la función de producción Cobb-Douglas.

$$Y = F(X_1, X_2) = AX_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2}, A, \beta_1, \beta_2 > 0 \text{ y } \sigma = 1 \quad (7)$$

$\beta_1$  y  $\beta_2$  representan la proporción de los factores utilizados en la producción;  $X_1$  y  $X_2$  son los factores productivos y A representa una constante de tecnología disponible. La función de producción Cobb-Douglas arroja retornos de escala mediante la suma de los exponentes, de tal manera que si  $\beta_1 + \beta_2 = 1$  hay rendimientos constantes a escala, si  $\beta_1 + \beta_2 > 1$  se presentan rendimientos crecientes a escala y por último si  $\beta_1 + \beta_2 < 1$  se presentan rendimientos decrecientes a escala.

La función de producción Cobb-Douglas resulta ser muy útil dado que su transformación logarítmica es lineal (Nicholson, 2008), de tal manera que la ecuación resulta:

$$Y = \ln A + \ln \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \quad (8)$$

Las constantes  $\beta_1$  y  $\beta_2$  representan las elasticidades de los factores  $X_1$  y  $X_2$  respectivamente.

### 3.3.1.3. Función de producción CES

La función de elasticidad de sustitución constante (Arrow, Chenery, Minhas, & Solow, 1961) o CES por sus siglas en inglés se plantea de la siguiente manera:

$$Y = F(X_1, X_2) = (X_1^\rho + X_2^\rho)^{\frac{\gamma}{\rho}} \quad (9)$$

Donde  $\rho \leq 1$ ,  $\rho \neq 0$  y  $\gamma > 0$ . El exponente  $\frac{\gamma}{\rho}$  representan los retornos de escala, donde valores de  $\gamma > 1$  implican rendimientos crecientes y  $\gamma < 1$  rendimientos decrecientes.

La elasticidad de sustitución  $\sigma$  en esta función de producción se plantea como:

$$\sigma = \frac{1}{1-\rho} \quad (10)$$

Si  $\rho = 0$  y  $\rho = -\infty$  los valores de  $\sigma$  corresponden con la función de producción Cobb-Douglas y de proporciones fijas, respectivamente. Con rendimientos constantes a escala, es decir con  $\rho = 0$  la función CES converge a una función Cobb-Douglas de la forma:

$$Y = F(X_1, X_2) = X_1^\beta X_2^{1-\beta} \quad (11)$$

#### 3.3.1.4. Función de producción translogarítmica

La función logarítmica trascendental o translog (Christensen, Jorgenson, & Lau, 1973) presenta la siguiente estructura:

$$\ln y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i \ln x_i + 0.5 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln x_i \ln x_j, \beta_{ij} = \beta_{ji} \quad (12)$$

Donde  $\ln y$  es el logaritmo natural del producto,  $x_i$  representa los insumos productivos de igual manera en logaritmo natural,  $\ln x_i \ln x_j$  muestra la interacción de los insumos productivos, y los coeficientes  $\beta_0, \beta_i, \beta_{ij}$  son el término constante, el coeficiente de los insumos y el coeficiente de interacción respectivamente.

Para  $\beta_0 = \beta_{ij} = 0$  la función translog converge en una Cobb-Douglas. En tal caso, si:

$$\sum_{i=1}^n \beta_i = 1 \text{ y } \sum_{j=1}^n \beta_{ij} = 0 \quad (13)$$

La función presenta rendimientos constantes a escala.

Como se mostró, existen distintas formas funcionales que pueden ser utilizadas en fronteras estocásticas, para este análisis se utilizará una función tipo Cobb-Douglas, siguiendo la propuesta de Battese & Coelli (1995). A continuación, se presenta el desarrollo del trabajo propuesto por dichos autores.

#### 3.3.2. Modelo Battese & Coelli, 1995

Como ya se mencionó anteriormente, el modelo de ineficiencia técnica para datos de panel y especificación de variables explicativas del término de error fue propuesto por Battese & Coelli,

(1995) para medir la eficiencia técnica de productores de arroz en la India. El modelo parte de una función de producción estocástica de la forma:

$$y_{it} = \exp(x_{it}\beta + V_{it} - U_{it}) \quad (14)$$

Donde  $y_{it}$  es la producción de la  $i$ -ésima observación ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) en el periodo  $t = 1, 2, \dots, T$ ;  $x_{it}$  es un vector de valores ( $1 \times k$ ) que representan los insumos en el proceso productivo;  $\beta$  es un vector de parámetros desconocidos a ser estimados ( $k \times 1$ );  $V_{it}$  es el error aleatorio que se asume independiente e idénticamente distribuido con media cero y varianza  $\sigma^2_v$ , o simplemente  $iid N(0, \sigma^2_v)$ , además, independientemente distribuido de  $U_{it}$ ;  $U_{it}$  es el error asociado a la ineficiencia técnica, se asume independientemente distribuido con propiedades semejantes al término de error  $U_u$  de Aigner et al., (1977), es decir, con una normal truncada positiva. Sin embargo, ahora la media será  $z_u\delta$ , con varianza  $\sigma^2$ ;  $z_u$  es un vector de variables exploratorias o explicativas ( $1 \times m$ ) que están asociadas con la ineficiencia técnica de las unidades de observación a lo largo del tiempo; Por último,  $\delta$  es un vector ( $m \times 1$ ) de parámetros a estimar.

La especificación del término de error  $U_u$  a diferencia de Aigner et al., (1977) es descrita en la siguiente ecuación.

$$U_u = z_u\delta + W_u \quad (15)$$

Donde  $W_u$  es una variable aleatoria, con una distribución normal truncada positiva de media cero y varianza  $\sigma^2$ , o bien  $W_u \sim N^+(0, \sigma^2)$ . Dado que es una distribución normal truncada positiva, entonces  $W_u \geq -z_u\delta$ , lo que es consistente con que  $U_u$  sea truncado positivo de la distribución  $N(z_u\delta, \sigma^2)$ .

Para obtener una estimación simultánea tanto de la frontera estocástica como del término de los efectos de ineficiencia, Battese & Coelli (1995) proponen estimar por máxima verosimilitud la eficiencia técnica de la producción para la  $i$ -ésima observación en el periodo de tiempo  $t$  como se expresa a continuación (16).

$$TE_{it} = \exp(-U_{it}) = \exp(-z_u\delta - W_u) \quad (17)$$

Como ya se mencionó, con esta forma, es posible evaluar la eficiencia técnica de cada observación para un determinado periodo de tiempo.

### 3.4. Modelo Empírico

Para responder las preguntas de investigación y contrastar las hipótesis planteadas previamente, en el presente capítulo es descrito el modelo empírico a utilizar. Como ya se expuso en el apartado anterior, la técnica de estimación planteada para este análisis es la propuesta por Battese y Coelli (1995) dada la estructura de datos de panel. La especificación de la función de producción es la propuesta por Aigner, Lovell, y Schmidt (1977) como se muestra a continuación.

Función de producción estocástica tipo Cobb-Douglas:

$$y_{it} = (x_{it}\beta) + \varepsilon; \varepsilon = V_{it} - U_{it} \quad (18)$$

Error aleatorio asociado con la eficiencia:

$$U_{it} = z_u \delta \quad (19)$$

$$U_{it} \sim N^+(z_u \delta, \sigma^2_u) \quad (20)$$

La ecuación general de la sección determinística -modelación de la frontera de posibilidades de producción- sigue una función de tipo Cobb-Douglas de la forma:

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \ln \beta_1 K + \ln \beta_2 L + \sum_{j=3} \beta_j x_{jit} + \varepsilon; \varepsilon = V_{it} - U_{it} \quad (21)$$

Donde  $i$  indica el área geográfica de análisis (municipios y zonas metropolitanas);  $Y$ ,  $L$  y  $K$  representan la producción automotriz, trabajo y capital respectivamente, que serán detallados en el capítulo cuatro;  $x$  es un grupo de control para la estimación de la frontera de producción,  $j$  indica el número de variables de control utilizadas, 3 en este caso, o bien  $j = 3$ , que son la especialización productiva, la población y la energía eléctrica. Todas las variables que contiene esta forma funcional, a excepción del índice de especialización productiva, son presentadas en logaritmo natural.

La modelación del error  $U_{it}$  relacionado con las variables explicativas de la ineficiencia, se presenta como:

$$U_{it} = \delta_0 + \delta_1 esp + \delta_2 lnesc + \delta_3 t + \delta_4 t^2 + \delta_5 arm + \delta_6 cnor + \delta_7 nor + \delta_8 cen + \delta_9 sur + \delta_{10} tlcan + \delta_{11} zm \quad (22)$$



Son once las variables que modelan la varianza de la ineficiencia o la sección estocástica: *esp*, referente a la especialización productiva; *lnesc*, como escolaridad; *t* indica variaciones no observadas en el tiempo;  $t^2$  tendencia al cuadrado; *arm* variable dicotómica que identifica si la unidad de análisis contiene una planta armadora, la inclusión de esta variable se justifica dado el tipo de capital y tecnología implementadas en las plantas armadoras, el hecho de que estas plantas puedan contener una estructura productiva más sofisticada (con mayor tecnología y organización) puede impactar en la eficiencia productiva de las unidades de análisis; *cnor*, *nor*, *cen*, *sur*, son variables dicotómicas para indicar si las unidades de análisis pertenecen a la región centro norte, norte, centro y sur respectivamente. El *tlcan* es una variable instrumental que se introduce para evaluar el efecto del Tratado de Libre Comercio con el fin de evaluar si existe mejora en la eficiencia productiva automotriz dada la apertura comercial; *zm* variable dicotómica para indicar si la unidad de observación pertenece o no a una zona metropolitana, esta variable se incluye para evaluar efectos inobservados de economías de urbanización (Goldstein y Gronberg, 1984).

En México existen distintos trabajos que han estimado la eficiencia técnica tanto por el método de la envolvente como por fronteras estocásticas. Los estudios se focalizan principalmente en el sector manufacturero como lo muestra el siguiente apartado.

### 3.5. Estudios de eficiencia técnica en México

Bannister y Stolp (1995) estudian la relación entre localización, concentración industrial y la eficiencia económica estatal para las manufacturas mexicanas en 1985. Mediante el DEA encuentran que la eficiencia técnica está relacionada con la urbanización y aglomeración económicas. Este trabajo es el primero en aplicarse para estimar la eficiencia técnica regional para un país en desarrollo.

Navarro y Torres (2006) analizan la eficiencia técnica y asignativa de la industria eléctrica en México para el periodo 1997-2003. Utilizan análisis envolvente de datos (DEA) para la estimación de la frontera. Concluyen que -dentro de su regionalización- el Golfo, el Norte y el Bajío son las regiones más eficientes en términos de industria eléctrica, mientras que el Sureste resulta más ineficiente.

Becerril, Álvarez y Vergara (2007) mediante una función de producción translogarítmica y la técnica de estimación de frontera de Battese y Coelli (1995), es analizada la eficiencia técnica manufacturera en México para el periodo 1970-2003. Los autores concluyen que la inversión petrolera ha permitido mejorar la eficiencia en el uso de los factores productivos, particularmente en el sur del país. Añaden un análisis de convergencia para estudiar las disparidades regionales de las entidades federativas.

Arellano y Cortés (2010) estudian la eficiencia técnica relativa de la agroindustria azucarera en México para el periodo 2005-2006. Mediante el método de análisis envolvente, estiman la frontera eficiente. Analizan 57 unidades de decisión en función de seis variables, cuatro insumos (superficie industrializada medida en hectáreas; caña molida neta en toneladas; duración de zafra; y costos de producción) y dos productos (producción de azúcar y utilidad neta).

Gutiérrez (2011) utiliza una función de producción de fronteras estocásticas para estudiar la eficiencia técnica de empresas industriales en 91 municipios de México durante el periodo 2006-2008. Expone tres variables explicativas para el término de eficiencia, la primera es la concentración industrial, la segunda los incentivos salariales y la tercera el nivel de escolaridad. Concluye que los sectores industriales tienden a incrementar la eficiencia técnica promedio.

Hayde y Montiel (2012) mediante análisis envolvente de datos, estudia la eficiencia técnica de los sectores manufactureros de alta tecnología y su relación con variables de aglomeración y urbanización para el periodo 1988-2008. Encontró que las entidades del sur presentan mayor aprovechamiento de los factores productivos (principalmente por la presencia de industria petrolera); que los sectores con menor tecnología presentaron mayor eficiencia en entidades con mayor concentración urbana; por último, que la apertura comercial influye de manera positiva en la eficiencia productiva (excepto para sectores con tecnología baja).

Becerril, Álvarez, y Nava (2012) utilizan el análisis envolvente de datos para estimar la frontera tecnológica y la eficiencia técnica de las entidades federativas en escuelas de educación superior de México en 2008. Encuentran que la eficiencia técnica promedio de la producción educativa es de 0.71, lo que implica que es posible incrementar la producción 30% sólo con un mejor aprovechamiento de los factores productivos.

Chavez-Martin Del Campo y Fonseca (2013) utilizan el análisis de fronteras estocásticas para medir el comportamiento de la eficiencia técnica de las manufacturas para las entidades federativas en México durante el periodo 1988-2008. Los resultados encontrados por los autores muestran que la eficiencia técnica incrementa a través del tiempo; sugieren que existen importantes diferencias en desarrollo tecnológico entre el norte, sur y centro del país.

Peón y Casimiro (2017) por medio de fronteras estocásticas, estiman el potencial fiscal y la eficiencia recaudatoria de gobiernos estatales en México para el periodo 2003-2010. Concluyen que los efectos de ineficiencia decrecen ligeramente durante el periodo de análisis, además, encuentran que la política de transferencias gubernamentales disminuye la eficiencia recaudatoria de los ingresos de las entidades federativas.

Álvarez-Pinilla, Garduño-Rivera, y Núñez (2015) por medio de una estructura de panel para el periodo 1988-2008 estiman la eficiencia técnica para las entidades federativas en México utilizando fronteras de producción estocásticas. Para controlar por heterogeneidad, introducen variables socioeconómicas y de localización. Concluyen que existe una relación entre eficiencia técnica y tasas de criminalidad, además, encuentran que la educación y la especialización productiva reducen la ineficiencia productiva.

El siguiente capítulo, por un lado, detalla cada una de las variables incluidas tanto en la parte determinística, como en la sección estocástica. Por otro, los resultados de las estimaciones de los coeficientes de las variables explicativas de la frontera y la ineficiencia.

#### IV. DATOS Y RESULTADOS

En esta sección se presenta la descripción de las zonas geográficas de análisis y la definición de la temporalidad utilizada, así como las ramas de actividad que componen el sector automotriz bajo el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). Posteriormente, se presenta el apartado de la sección determinística del modelo de eficiencia técnica, donde se expone la estadística descriptiva de las variables que se introdujeron. Luego, la sección estocástica, al igual que la sección determinística muestra la estadística descriptiva relacionada con las variables que la integran. Por último, se presentan los resultados de las estimaciones del modelo.

La industria automotriz incluye para los periodos 1994, 1999, 2004 y 2009 las ramas 3361 (Fabricación de automóviles y camiones); 3362 (Fabricación de carrocerías y remolques); y 3363 (Fabricación de partes para vehículos automotores) del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). Para 1989 se refiere a la rama 3841 (Industria Automotriz). Dentro de estas ramas son tomadas las variables Valor Agregado, Activos Fijos, Personal Ocupado y Consumo de Energía Eléctrica que se describen posteriormente.

Para la estimación del modelo de eficiencia técnica es utilizada una base de datos de panel balanceado compuesta por 38 zonas metropolitanas<sup>4</sup> y 34 municipios que no pertenecen a alguna zona metropolitana pero que desarrollaron actividad automotriz durante cinco cortes de tiempo (1988, 1993, 1998, 2003 y 2008), como se muestra en las tablas 4.1 y 4.2. La delimitación de áreas metropolitanas es tomada del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2010) y los municipios, del Marco Geoestadístico Nacional.

Tabla 4.1 Zonas metropolitanas con actividad automotriz para los periodos seleccionados

Clave	Nombre	Clave	Nombre Zona
1	Aguascalientes	29	Cuautla
2	Tijuana	30	Tepic
3	Mexicali	31	Monterrey
4	La Laguna	32	Oaxaca
5	Saltillo	34	Puebla-Tlaxcala
6	Monclova-Frontera	35	Tehuacán

<sup>4</sup> Se define como zona metropolitana al conjunto de dos o más municipios donde se localiza una ciudad de 50 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan el límite del municipio que originalmente la contenía, incorporando como parte de sí misma o de su área de influencia directa a municipios vecinos, predominantemente urbanos, con los que mantiene un alto grado de integración económica, CONAPO 2010.

8	Colima-Villa de Álvarez	36	Querétaro
10	Tuxtla Gutiérrez	38	San Luis Potosí
11	Juárez	43	Reynosa-Río Bravo
12	Chihuahua	44	Matamoros
13	Valle de México	45	Nuevo Laredo
14	León	46	Tlaxcala-Apizaco
18	Pachuca	47	Veracruz
19	Tulancingo	49	Poza Rica
21	Guadalajara	50	Orizaba
24	Toluca	53	Córdoba
25	Morelia	54	Acayucan
26	Zamora-Jacona	57	Celaya
28	Cuernavaca	58	Tianguistenco

Fuente: Elaboración propia, CONAPO 2010

Tabla 4.2 Municipios con actividad automotriz para los periodos seleccionados

Clave Municipal	Nombre Municipio	Clave Municipal	Nombre Municipio
2001	Ensenada	19004	Allende
5002	Acuña	19033	Linares
7019	Comitán de Domínguez	19044	Sabinas Hidalgo
8050	Nuevo Casas Grandes	20068	Ocotlán de Morelos
10005	Durango	21004	Acatzingo
11017	Irapuato	21164	Tepeaca
12057	Técpán de Galeana	21208	Zacatlán
13006	Alfajayucan	22012	Pedro Escobedo
13061	Tepeapulco	22016	San Juan del Río
13063	Tepeji del Río de Ocampo	25001	Ahome
14093	Tepatitlán de Morelos	25006	Culiacán
15090	Tenango del Valle	25012	Mazatlán
15113	Villa Guerrero	26002	Agua Prieta
16076	Sahuayo	26030	Hermosillo
16079	Salvador Escalante	26043	Nogales
16102	Uruapan	30015	Angel R. Cabada
16107	Zacapu	30141	San Andrés Tuxtla

Fuente: Marco Geostatístico Nacional, INEGI

Dado que el modelo a estimar es de estructura de panel balanceado, son excluidos algunos municipios que, si bien tuvieron actividad automotriz, no fue posible darles seguimiento en todo el periodo de análisis. Sin embargo, las áreas geográficas presentadas en los tabulados anteriores contienen (a excepción del consumo de energía eléctrica para el año 1988 y personal ocupado 2003 y 2008) más del 90% del total de cada variable. Por ejemplo, la tabla 4.3 muestra la proporción de información rescatada de las áreas geográficas seleccionadas respecto del total de la actividad automotriz, en ella se observa que en 1988 las áreas geográficas seleccionadas contenían el 98.6% de los activos fijos automotrices (la misma interpretación es realizable para todas las variables en cada año). Este análisis muestra que, aunque existe pérdida de información

por el tipo de estructura del modelo, la información concentrada en las áreas geográficas seleccionadas es casi total.

Tabla 4.3 Proporción respecto del total de actividad automotriz de las áreas geográficas seleccionadas según periodo de tiempo.

Año/Variable	Valor Agregado (%)	Personal Ocupado (%)	Activos Fijos (%)	Energía Eléctrica (%)
1988	98.8	98.2	98.6	88.2
1993	99.0	98.1	98.1	98.4
1998	97.2	91.0	97.7	95.3
2003	93.0	87.0	98.7	90.6
2008	94.9	88.1	97.6	94.4

Fuente: Elaboración propia, INEGI Censos Económicos

La eficiencia técnica es modelada con base en un grupo de variables que, por un lado, estiman la frontera de posibilidades de producción (sección determinística) y por otro la ineficiencia técnica (sección estocástica). Existe una controversia en la modelación empírica de las fronteras estocásticas sobre qué variables incluir en la sección determinística y qué otras en la sección estocástica (Alvarez et al., 2017). En general, las variables de control de la frontera pueden ser incluidas también en la sección de ineficiencia, sin embargo, dependerá del caso particular de análisis para considerar cuáles estarán en una u otra sección.

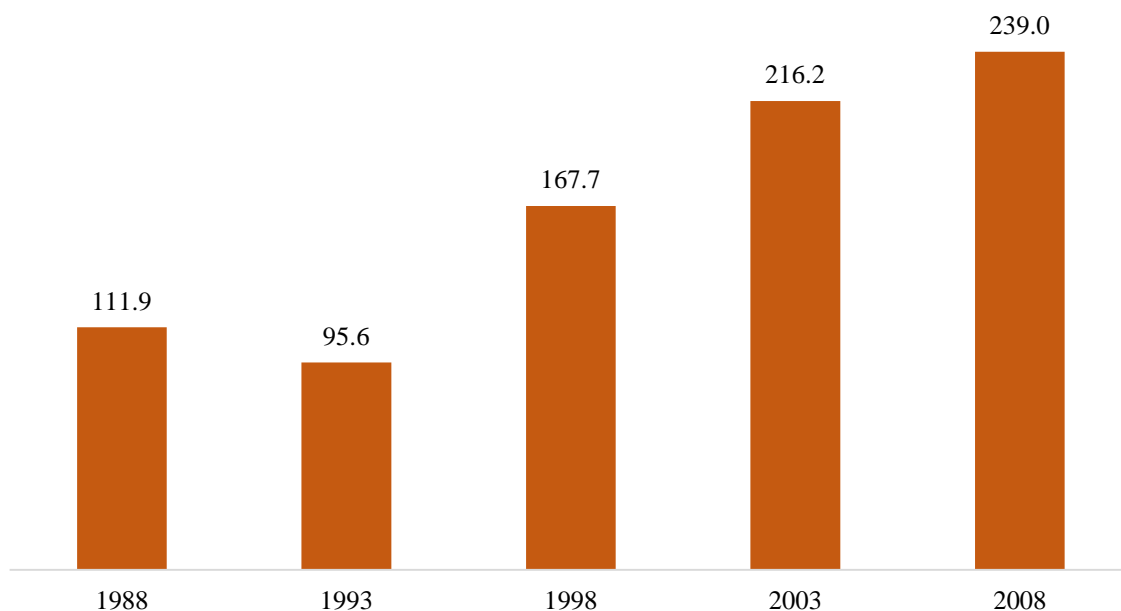
#### 4.1. Sección Determinística

La variable dependiente ( $y$ ) utilizada para la estimación del modelo de fronteras estocásticas es el valor agregado<sup>5</sup> automotriz que representa un proxy de la producción. Para expresarla en términos reales es deflactada para cada corte de tiempo con el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) base 2010, para la modelación de la sección determinística, la variable fue transformada a logaritmos naturales para interpretarla como elasticidades.

El gráfico 4.1 muestra que prácticamente en todo el periodo de análisis, el Valor Agregado automotriz experimentó crecimiento en términos reales. De 1988 a 2008 un lapso de 20 años la producción automotriz incrementó 115.5 por ciento, esto es, más de 127 mil millones de pesos. Sin embargo, en 1993 hubo un ligero retroceso de 14% respecto al periodo anterior.

<sup>5</sup> Es el valor de la producción que se añade durante el proceso de trabajo por la actividad creadora y de transformación del personal ocupado, el capital y la organización (factores de la producción), ejercida sobre los materiales que se consumen en la realización de la actividad económica (Censos Económicos, 2009).

Grafico 4.1 - Valor agregado de la industria automotriz, según periodo censal (miles de millones de pesos base 2010)



Fuente: Elaboración propia, Censos Económicos, INEGI.

Las variables independientes utilizadas para explicar la producción son: trabajo, capital y consumo de energía eléctrica. A continuación, se describen cada una de las variables dependientes de la sección determinística.

El trabajo ( $L$ ) es definido como el personal ocupado total<sup>6</sup> que trabaja en las ramas automotrices, la variable es presentada en número de personas o trabajadores para cada periodo de tiempo. En la sección empírica, la variable es transformada a logaritmos naturales para ser interpretada como elasticidades.

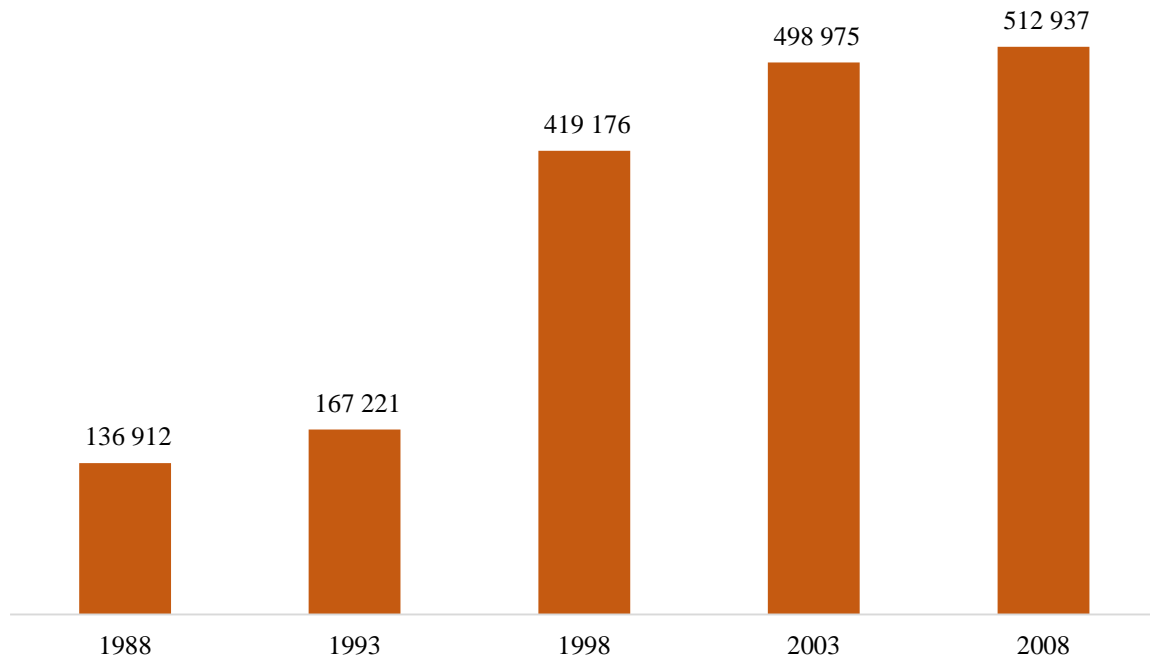
El gráfico 4.2 muestra el comportamiento del personal ocupado para el periodo de análisis. El número de trabajadores en esta industria tuvo un comportamiento creciente en todos

---

<sup>6</sup> Comprende tanto al personal contratado directamente por la razón social como al personal ajeno suministrado por otra razón social, que trabajó para la unidad económica, sujeto a su dirección y control, y que cubrió como mínimo una tercera parte de la jornada laboral de la misma. Puede ser personal de planta o eventual, sean o no remunerados (Censos Económicos, 2009).

los cortes de tiempo, particularmente durante el periodo 1993-1998 que implicó una expansión de 150.6 por ciento, es decir, que hubo una incorporación de 251 955 nuevos trabajadores en cinco años. Durante todo el periodo el crecimiento fue de 274.6% anexando a la industria 512 937 empleos automotrices.

Gráfico 4.2 - Personal ocupado total en la industria automotriz, según periodo censal



Fuente: Elaboración propia, Censos Económicos, INEGI.

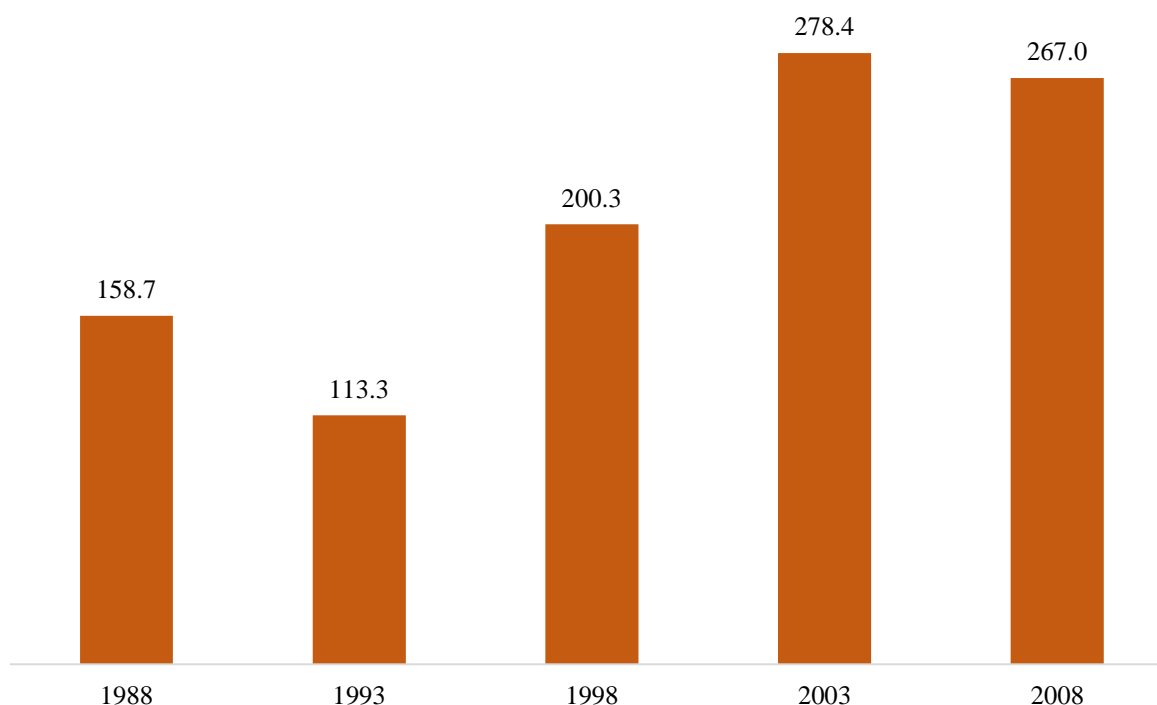
El capital ( $K$ ), es representado por la variable activos fijos<sup>7</sup> de las ramas automotrices. Para expresarla en términos reales es deflactada para cada corte de tiempo con el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) base 2010, para la modelación de la sección determinística, la variable fue transformada a logaritmos naturales para interpretarla como elasticidades.

Los activos fijos incrementaron 68.2% en los veinte años correspondientes con el periodo de análisis. Al igual que la variable de valor agregado se registró un decremento de 1988 a 1993 de 28.5 por ciento, como lo muestra el gráfico 4.3.

<sup>7</sup> Es el valor actualizado de todos aquellos bienes de propiedad de la unidad económica -cuya vida útil es superior a un año- que tienen la capacidad de producir o proporcionar las condiciones necesarias para la generación de bienes y servicios (Censos Económicos, 2009).



Gráfico 4.3 - Activos fijos en la industria automotriz, según periodo censal (miles de millones de pesos base 2010)



Fuente: Elaboración propia, Censos Económicos, INEGI.

Para controlar por heterogeneidad, son incluidas en la función de producción tres variables. La primera se refiere a los insumos intermedios (energía eléctrica), la segunda es especialización productiva y la tercera población. A continuación, son descritos cada uno de estos controles dentro de la forma determinística.

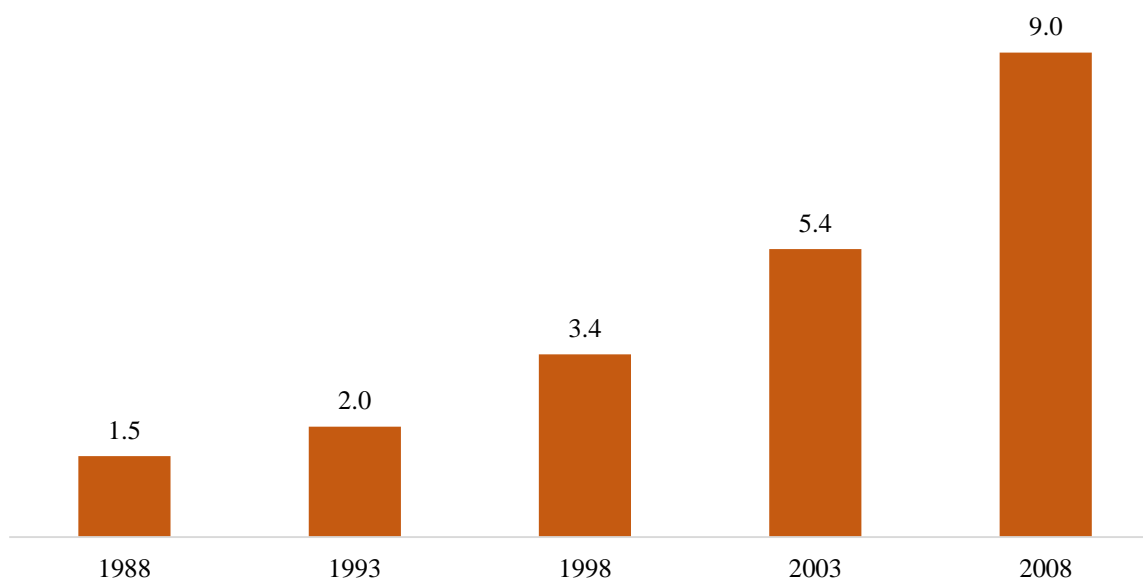
Levinsohn & Petri (2013) proponen la introducción de insumos intermedios en la función de producción como una variable de control para la estimación de la función de producción. La propuesta de la variable de control como proxy de insumos intermedios es el consumo de energía eléctrica<sup>8</sup>, deflactada con el INPC base 2010. La variable es convertida en logaritmos en la modelación para ser interpretada como elasticidades. El consumo de energía eléctrica para el año 1988 fue estimado por interpolación dada la no disponibilidad de información<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> Es el valor a costo de adquisición que el establecimiento pagó por la utilización de la energía eléctrica (Censos Económicos, 2009).

<sup>9</sup> El método de interpolación se presenta en la sección de ANEXOS.

La energía eléctrica presenta un comportamiento creciente en todos los periodos. En 1988 la industria automotriz consumió más de mil quinientos millones de pesos, como lo muestra el gráfico 4.4, desde ese año hasta 2009 el consumo incrementó 498 por ciento.

Gráfico 4.4 - Consumo de energía eléctrica en la industria automotriz, según periodo censal (miles de millones de pesos base 2010)



Fuente: Elaboración propia, Censos Económicos, INEGI.

Para medir el efecto del grado de especialización productiva en la industria automotriz, se incluye un índice de especialización<sup>10</sup> que se calcula de la siguiente manera:

$$esp = \frac{\frac{Ai}{At_i}}{\frac{Ar}{Ar_i}} \quad (23)$$

$Ai$ : Valor agregado automotriz en el municipio o zona metropolitana  $i$ .

$At_i$ : Valor agregado total del municipio o zona metropolitana  $i$ .

$Ar$ : Valor agregado automotriz nacional.

$Ar_i$ : Valor agregado total nacional.

El índice permite identificar la especialización económica de las unidades de análisis con sí mismas y con otras áreas geográficas. El análisis del índice toma el valor agregado automotriz

<sup>10</sup> El índice de especialización se calculó siguiendo la propuesta de Normand Asuad (2001) para análisis regionales.

para comparar la especialización productiva de las regiones de análisis en relación con la especialización nacional. El resultado del coeficiente es interpretado de la siguiente manera:

Coeficiente de especialización mayor a 1: La región tiene más especialización automotriz que el resto del país.

Coeficiente de especialización menor a 1: La región tiene menor especialización automotriz que el resto del país.

Coeficiente de especialización igual a 1: La región y el país tienen el mismo grado de especialización automotriz.

La población es incluida dentro de la sección determinística con el fin de controlar la heterogeneidad productiva de las unidades de análisis. Los datos son obtenidos de los Censos de Población y Vivienda 1990, 2000 y 2010, para los dos periodos intercensales 1995 y 2005 del Censo Intercensal. Específicamente es utilizado el número de habitantes de las unidades geográficas que conforman el análisis. La variable es transformada a logaritmo natural en la sección empírica.

Para modelar la ineficiencia técnica es incluido un grupo de variables con el fin de determinar el impacto que cada una de ellas tiene sobre el aprovechamiento de los factores. La sección determinística está caracterizada por las variables presentadas a continuación.

#### 4.2. Sección estocástica

Es integrada una variable de escolaridad la cuál es definida como el grado promedio de escolaridad de la población de 15 años y más de cada municipio y zona metropolitana<sup>11</sup>, al igual que la población, se obtuvo del Censo de Población y Vivienda 1990, 2000 y 2010 así como de los conteos intercensales 1995 y 2005. La variable es transformada a logaritmo natural en la sección empírica.

Se incluyen variables de tendencia para captar efectos temporales inobservados que impactan en la eficiencia productiva de las unidades de análisis.

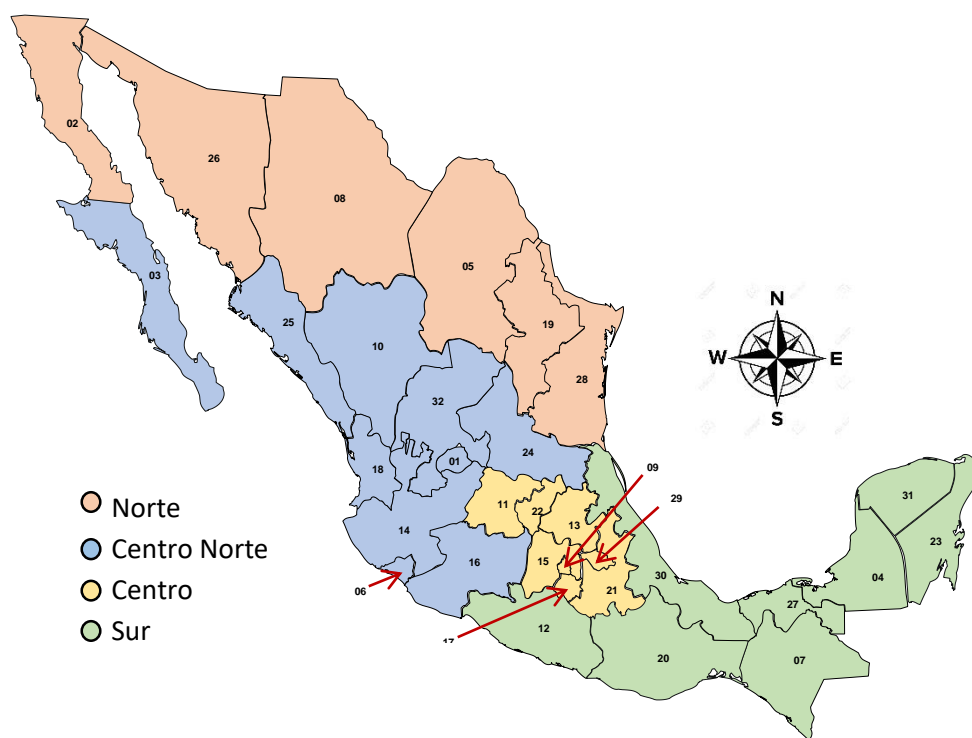
---

<sup>11</sup> La escolaridad de las zonas metropolitanas es obtenida por el promedio de escolaridad de los municipios que la integran.

La tabla 1.1 contiene las plantas automotrices en México que se han instalado desde 1952. Con base en esta información se incluye dentro de la estimación una variable dicotómica para evaluar el impacto que tienen las plantas automotrices en las unidades de estudio. El objetivo es identificar si las armadoras tienen un impacto significativo en la reducción de la ineficiencia técnica, dado que el análisis de la sección 1.1 muestra que existe una cantidad amplia de unidades productivas muy pequeñas y con indicios de negocios poco sofisticados.

Para medir efectos regionales de eficiencia técnica, se incluyen cuatro variables instrumentales que capturan si la unidad geográfica de análisis pertenece a una de las cuatro regiones presentadas en el mapa 1 propuestas por el Banco de México (2013). Las variables instrumentales para la sección empírica, por tanto, son: *nor* correspondiente con los estados de la región norte del país; *cenor* con la región centro norte; *centro* para la región centro y; *sur* para las entidades de la región del sur. Con la inserción de estas variables será posible contrastar resultados con otras investigaciones sobre el comportamiento de la eficiencia técnica manufacturera regional y si el sector automotriz se asemeja a resultados similares o es distinto al resto de las manufacturas.

Mapa 1 - Regionalización Banco de México.

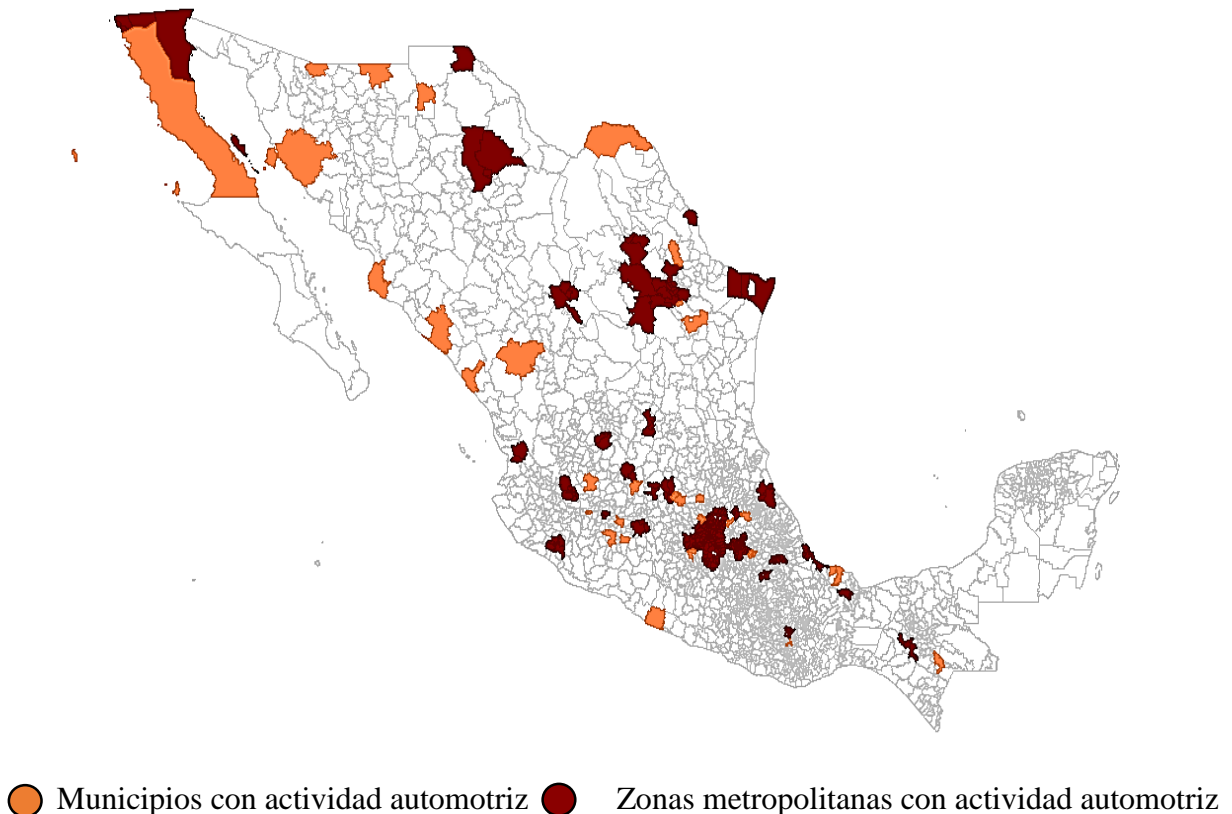


Norte		Centro Norte		Centro		Sur	
Clave	Estado	Clave	Estado	Clave	Estado	Clave	Estado
2	Baja California	1	Agascalientes	9	Ciudad de México	4	Campeche
5	Coahuila de Zaragoza	3	Baja California Sur	11	Guanajuato	7	Chiapas
8	Chihuahua	6	Colima	13	Hidalgo	12	Guerrero
19	Nuevo León	10	Durango	15	México	20	Oaxaca
26	Sonora	14	Jalisco	17	Morelos	23	Quintana Roo
28	Tamaulipas	16	Michoacán	21	Puebla	27	Tabasco
		18	Nayarit	22	Querétaro	30	Veracruz
		24	San Luis Potosí	29	Tlaxcala	31	Yucatán
		25	Sinaloa				
		32	Zacatecas				

Para evaluar el impacto de la apertura comercial del Tratado de Libre Comercio en la eficiencia técnica de la manufactura automotriz es incluida una variable instrumental para periodos posteriores a 1993, sin incluir este último año dado que el Tratado entra en vigor el 1 de enero de 1994.

Para estimar el efecto en la eficiencia productiva relacionado con producir dentro de una zona metropolitana o no, es incluida una variable instrumental que diferencia si la unidad de análisis es una zona metropolitana o un municipio con actividad automotriz presentados anteriormente. El mapa 2 muestra los municipios en color naranja y las zonas metropolitanas en color rojo que son estudiados en el análisis.

Mapa 2 - Zonas Metropolitanas y municipios con actividad automotriz



### 4.3. Resultados del índice de especialización y estimación Battese & Coelli, 1995

El presente apartado contiene los resultados del índice de especialización, así como de la estimación del modelo de eficiencia técnica. Primero son descritos los índices de especialización, posteriormente se presentan los coeficientes estimados de las variables de la frontera estocástica y de la sección estocástica (ineficiencia). Después se presentan mapas de eficiencia de las unidades geográficas con la finalidad de ofrecer una perspectiva visual del comportamiento de la eficiencia técnica en cada uno de los periodos de tiempo. Adicionalmente, es incluida una tabla de las unidades de análisis en el cuartil de mayor eficiencia técnica automotriz para cada corte de tiempo<sup>12</sup>.

#### 4.3.1 Especialización

Para dar respuesta a la pregunta de investigación ¿existe especialización productiva de la industria automotriz en México? en la tabla 4.4 se presentan las principales unidades de análisis con mayor especialización en términos de producción automotriz en el país para cada uno de los cinco periodos de tiempo<sup>13</sup>. Por lo que la respuesta a la pregunta es sí, además se advierte que las zonas geográficas más especializadas en 1988 contienen municipios del sur del país, como Ocotlán de Morelos en Oaxaca, donde el valor agregado automotriz no es elevado, pero es muy representativo. Sin embargo, en periodos posteriores se observa que el norte del país, particularmente después de la apertura comercial, comienza a especializarse en manufacturas automotrices, por ejemplo, dentro de las 10 zonas geográficas presentadas en la tabla 4.4 para 1988 y 1993 solamente figuraron dos zonas del norte del país -Saltillo (1988 y 1993) y Chihuahua en (1988)- en contraste, para los años 1998, 2003 y 2008 las zonas del norte ocuparon 4, 5 y 6 espacios respectivamente dentro de las principales zonas especializadas, principalmente en los estados de Coahuila y Chihuahua. Con esta evidencia es posible continuar con la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál es el efecto de la especialización en la eficiencia técnica de la industria automotriz?, que será contestada posteriormente.

---

<sup>12</sup> Las eficiencias calculadas para todas las unidades geográficas de este análisis, son presentadas en la sección de ANEXOS.

<sup>13</sup> Los índices de especialización para todas las unidades de análisis son reportados en el apartado de ANEXOS.

Tabla 4.4. Unidades de análisis con mayor índice de especialización.

Año	Categoría	Estado	Nombre del área geográfica	Índice
1988	Municipio	Querétaro	Pedro Escobedo	14.9
1988	Zona Metropolitana	Coahuila	Saltillo	12.5
1988	Zona Metropolitana	Morelos	Cuernavaca	10.1
1988	Zona Metropolitana	Estado de México	Tianguistenco	9.1
1988	Municipio	Hidalgo	Tepeapulco	5.5
1988	Municipio	Oaxaca	Ocotlán de Morelos	5.5
1988	Municipio	Hidalgo	Alfajayucan	4.6
1988	Zona Metropolitana	Chihuahua	Chihuahua	4.3
1988	Zona Metropolitana	Estado de México	Toluca	4.2
1988	Zona Metropolitana	Puebla-Tlaxcala	Puebla-Tlaxcala	3.4
1993	Municipio	Querétaro	Pedro Escobedo	17.8
1993	Zona Metropolitana	Estado de México	Tianguistenco	17.3
1993	Municipio	Hidalgo	Tepeapulco	16.9
1993	Municipio	Hidalgo	Alfajayucan	16.1
1993	Municipio	Oaxaca	Ocotlán de Morelos	15.6
1993	Zona Metropolitana	Morelos	Cuernavaca	10.1
1993	Zona Metropolitana	Coahuila	Saltillo	8.0
1993	Municipio	Estado de México	Tenango del Valle	6.5
1993	Zona Metropolitana	Estado de México	Toluca	6.5
1993	Zona Metropolitana	Aguascalientes	Aguascalientes	6.2
1998	Municipio	Querétaro	Pedro Escobedo	15.6
1998	Municipio	Hidalgo	Alfajayucan	10.9
1998	Zona Metropolitana	Guanajuato	León	8.9
1998	Zona Metropolitana	Estado de México	Tianguistenco	8.7
1998	Municipio	Coahuila	Acuña	7.5
1998	Zona Metropolitana	Coahuila	Saltillo	6.7
1998	Municipio	Estado de México	Tenango del Valle	6.7
1998	Municipio	Sonora	Hermosillo	6.6
1998	Municipio	Nuevo León	Sabinas Hidalgo	6.1
1998	Zona Metropolitana	Aguascalientes	Aguascalientes	5.8
2003	Municipio	Chihuahua	Nuevo Casas Grandes	18.3
2003	Municipio	Coahuila	Acuña	9.7
2003	Zona Metropolitana	Estado de México	Tianguistenco	8.6
2003	Zona Metropolitana	Guanajuato	León	7.2
2003	Zona Metropolitana	Puebla-Tlaxcala	Puebla-Tlaxcala	7.1
2003	Zona Metropolitana	Coahuila	Saltillo	6.6
2003	Municipio	Nuevo León	Sabinas Hidalgo	6.5
2003	Zona Metropolitana	Aguascalientes	Aguascalientes	4.6
2003	Municipio	Estado de México	Tenango del Valle	4.4
2003	Zona Metropolitana	Chihuahua	Juárez	4.3
2008	Zona Metropolitana	Estado de México	Tianguistenco	13.8
2008	Municipio	Hidalgo	Alfajayucan	9.3
2008	Zona Metropolitana	Aguascalientes	Aguascalientes	8.7
2008	Zona Metropolitana	Coahuila	Saltillo	8.7
2008	Municipio	Coahuila	Acuña	8.4
2008	Zona Metropolitana	Puebla-Tlaxcala	Puebla-Tlaxcala	7.2
2008	Municipio	Chihuahua	Nuevo Casas Grandes	6.8
2008	Zona Metropolitana	Chihuahua	Juárez	5.4
2008	Municipio	Sonora	Agua Prieta	5.1
2008	Zona Metropolitana	Tamaulipas	Nuevo Laredo	4.9

Fuente: Elaboración propia a partir de información de Censos Económicos, INEGI.

A continuación, se presentan los resultados de las estimaciones del modelo de eficiencia técnica para dar respuesta a la pregunta de investigación principal: ¿Cuáles son los determinantes de la eficiencia técnica automotriz en las zonas geográficas analizadas?, además, con esta estimación es posible observar el coeficiente relacionado con el TLC y observar si contribuye a reducir la ineficiencia productiva en México; adicionalmente, conocer el coeficiente de regiones podrá explicar si existe una diferencia significativa en la eficiencia técnica en las regiones de producción automotriz, y así dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas en esta tesis.

#### 4.3.2 Frontera

Los coeficientes estimados por máxima verosimilitud siguiendo la metodología de Battese & Coelli (1995) muestran que en la frontera de producción máxima eficiente los factores productivos Trabajo (L) y Capital (K) son estadísticamente significativos al 99% y presentan signos positivos, como lo muestra la tabla 4.5. El factor trabajo es más elástico (.52) que el factor capital (.23) lo que implica mayor participación de la mano de obra en la producción automotriz mexicana. El coeficiente asociado a la energía eléctrica resulta estadísticamente significativo al 99% y positivo (0.11). La especialización presenta un coeficiente positivo (0.106) y estadísticamente significativo al 99%, indicando que la especialización productiva contribuye al incremento del valor agregado automotriz. Por último, el coeficiente de población, al igual que los anteriores, es positivo (0.37) y estadísticamente significativo al 99 por ciento.

#### 4.3.3 Ineficiencia

La sección estocástica (o de ineficiencia) del modelo es interpretada de forma distinta, los coeficientes de las variables con signo positivo implican que existe un mayor “alejamiento” de las unidades de análisis en relación con la frontera máxima eficiente, mientras que un signo negativo acerca a las unidades a la frontera óptima, por lo que es ideal que los coeficientes de las variables arrojen signos negativos para cada una de las variables incluidas en este estudio. A continuación, son descritos los coeficientes de las variables de la sección estocástica del modelo de eficiencia técnica.



El coeficiente de especialización productiva de la sección estocástica resulta significativo al 99% y negativo (-1.31), esto confirma la hipótesis planteada de las ventajas de economías de localización y aglomeración.

La escolaridad arroja un coeficiente negativo (-0.84) y estadísticamente significativo al 90% lo que implica que los años de escolaridad promedio de la población contribuyen a disminuir la ineficiencia técnica automotriz. Trabajos previos (Chávez y Fonseca, 2013; Álvares, Garduño-Rivera y Núñez, 2017) muestran coeficientes negativos y significativos para toda la industria manufacturera.

Los coeficientes de tendencia ( $t$ ) y tendencia cuadrada ( $t^2$ ) son estadísticamente significativos al 99%, aunque los signos son contrarios. El signo negativo del coeficiente de tendencia lineal ( $t$ ) implica que existe una disminución de la ineficiencia técnica a lo largo del periodo de análisis. El signo positivo de la tendencia cuadrada ( $t^2$ ) implica que la eficiencia técnica es decreciente a lo largo del tiempo, es decir, aunque existe evidencia de que el cambio técnico disminuya la ineficiencia técnica automotriz, tal disminución, es cada vez menor.

Los coeficientes correspondientes con las regiones resultan tener disparidades en la significancia estadística. Aunque la región Centro Norte presenta un signo esperado dada la región de comparación no resulta estadísticamente significativa, esto quizá por el parecido de la estructura productiva con la región de contraste (región sur) que de hecho es omitida por colinealidad. Los coeficientes correspondientes con las regiones Norte y Centro son estadísticamente significativos al 99% y 90% respectivamente y presentan signo negativo como se esperaba, esto implica que la ineficiencia técnica automotriz es menor en las regiones Norte y Centro del país, lo corresponde con la concentración de esta industria en estas regiones, además, con los resultados de los índices de especialización productiva. Estudios como los de Chavez y Fonseca (2013); Álvares, Garduño-Rivera y Núñez (2017) presentan resultados similares para las manufacturas en estas regiones del país.

El Tratado de Libre Comercio, introducido mediante una variable binaria, presenta significancia estadística al 95% y signo positivo (0.83), esto responde a la pregunta de investigación sobre el impacto del TLC en la industria automotriz en México. Trabajos como los de Álvares, Garduño-Rivera y Núñez (2017) encuentran que la ineficiencia técnica en el sector manufacturero aumenta después del Tratado de Libre Comercio, advierten que los resultados

pueden tener efectos mezclados con otros acontecimientos. El coeficiente asociado a la etapa de liberalización debe interpretarse con precaución, ya que el efecto del TLCAN probablemente se mezcle con otros eventos importantes como la crisis del tequila; los acontecimientos terroristas del 11 de septiembre en 2001; o el ingreso de China a la OMC.

Producir en una zona metropolitana no resulta ser significativo. El coeficiente asociado con la variable binaria para indicar si la unidad de análisis pertenece a una zona metropolitana no es estadísticamente significativo.

Por último, el valor de lambda  $\lambda$ , es el resultado del cociente de las desviaciones estándar de  $u$  y  $v$  ( $\sigma_u/\sigma_v$ ), indica la ineficiencia del modelo que no es explicada por las variables independientes, en este caso 1.42.

Tabla 4.5 Resultados del modelo de fronteras estocásticas Battese & Coelli (1995)

Variable	Parámetro	Modelo: Battese & Coelli (1995)
<b>Frontera</b>		
<b>Variable dependiente: lny</b>		
Intercepto	$\beta_0$	0.284 (0.434)
Capital (K)	$\beta_1$	0.234 *** (0.028)
Trabajo (L)	$\beta_2$	0.523 *** (0.048)
Energía (E)	$\beta_3$	0.117 *** (0.042)
Especialización productiva (esp)	$\beta_4$	0.106 *** (0.012)
Población (pob)	$\beta_5$	0.375 *** (0.052)
<b>Ineficiencia</b>		
Intercepto	$\delta_0$	4.192 *** (0.919)
Especialización productiva (esp)	$\delta_1$	-1.317 *** (0.315)
Escolaridad (esc)	$\delta_2$	-0.844 * (0.492)
Tendencia (t)	$\gamma_1$	-1.081 *** (0.348)
Tendencia cuadrada (t2)	$\gamma_2$	0.158 *** (0.046)
Armadoras (arm)	$\delta_3$	0.204 (0.300)
Centro Norte (cnor)	$\theta$	-0.135 (0.177)
Norte (nor)	$\theta$	-1.148 *** (0.390)
Centro (cen)	$\theta$	-0.299 * (0.171)
Sur (sur)	$\theta$	omitida por colinealidad
TLCAN (tlcan)	$\delta_4$	0.675 ** (0.305)
Zona Metropolitana (zm)	$\delta_5$	0.214 (0.149)
Usigma	$\sigma_u$	0.639
Vsigma	$\sigma_v$	0.45
Lambda	$\lambda$	1.42
Observaciones	NxT	332
Log-likelihood		-314.25

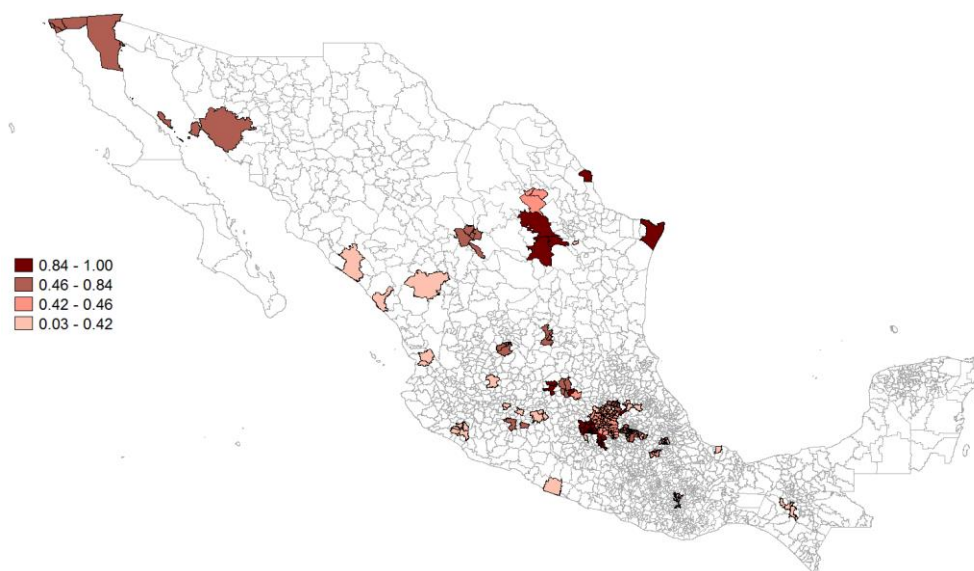
Errores estándar en paréntesis;

\*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.005$ , \*  $p < 0.01$

#### 4.3.4 Evaluación de eficiencia en las unidades geográficas de análisis

En el presente apartado se muestran las unidades de análisis (Zonas metropolitanas y municipios) que presentaron actividad automotriz de acuerdo con el rango de eficiencia al que pertenecen. Para cada corte de tiempo, es presentado un mapa que divide las zonas geográficas de análisis de acuerdo con rangos cuartílicos, la obtención de la eficiencia se obtiene a partir del modelo estimado previamente y se evalúa cada una de las zonas geográficas de acuerdo con los valores de las variables en cada periodo. A continuación, se presentan los mapas con la división de rangos por cuartiles y una tabla que contiene las zonas geográficas del cuartil con eficiencia más elevada, cabe destacar que la tabla señala el tipo de unidad de análisis por municipio o una zona metropolitana, además, el estado y la región a la que pertenecen.

Mapa 3 – Eficiencia técnica automotriz 1988

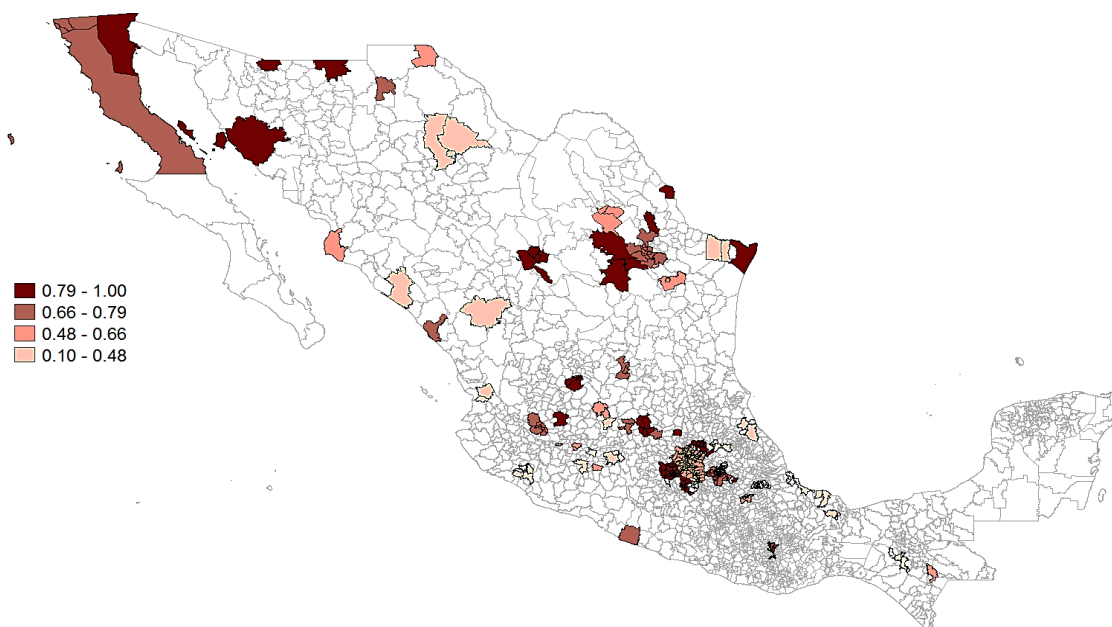


Clave	Entidad	Región	Zona Metropolitana / Municipio	Eficiencia
5	Coahuila	Norte	Saltillo	0.98
22012	Querétaro	Centro	Pedro Escobedo	0.98
28	Morelos	Centro	Cuernavaca	0.97
58	Estado de México	Centro	Tianguistenco	0.97
13061	Hidalgo	Centro	Tepeapulco	0.94
20068	Oaxaca	Sur	Ocotlán de Morelos	0.93
24	Estado de México	Centro	Toluca	0.90
44	Tamaulipas	Norte	Matamoros	0.90
57	Guanajuato	Centro	Celaya	0.87
45	Tamaulipas	Norte	Nuevo Laredo	0.86
Eficiencia promedio nacional				0.52

Fuente: Elaboración propia, con estimaciones del modelo de eficiencia Battese & Coelli, (1995).

La eficiencia técnica promedio para el año 1988 fue de 0.52, en este año 6 de las 10 entidades con mayor eficiencia técnica fueron de estados de la región centro del país. Sin embargo, el área metropolitana de Saltillo de la región norte se posicionó como la entidad con mayor eficiencia. Sólo para este periodo se tuvo una entidad de la región sur del país, se trató de Ocotlán de Morelos de Oaxaca, con una eficiencia estimada de 0.93. Cabe aclarar que para este periodo no fue posible estimar la eficiencia técnica automotriz dada la ausencia de datos para la variable de energía eléctrica.

Mapa 4 - Eficiencia técnica automotriz 1993

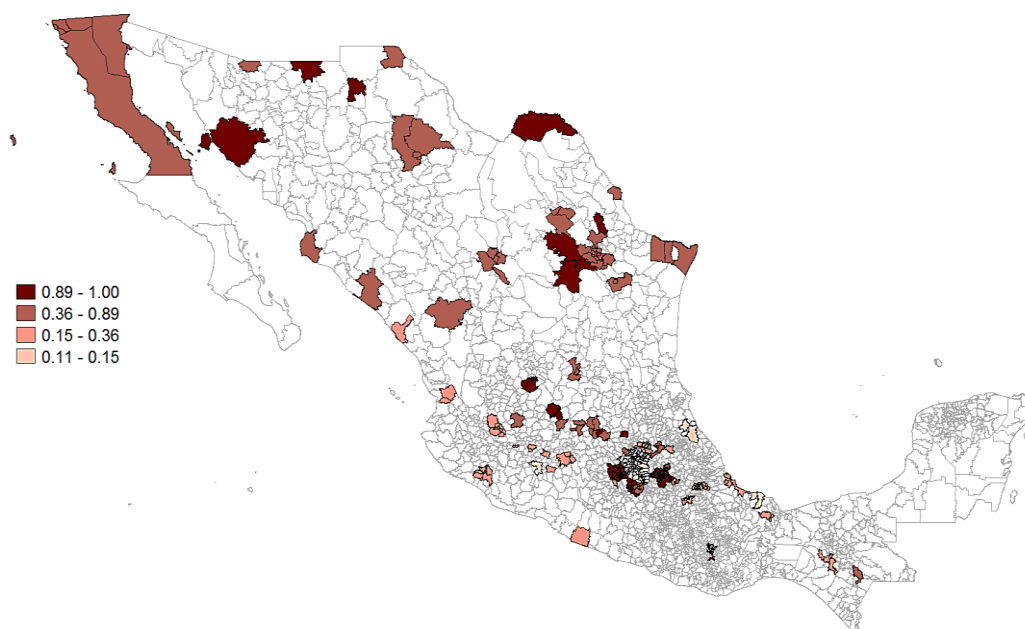


Clave	Entidad	Región	Zona Metropolitana / Municipio	Eficiencia
22012	Querétaro	Centro	Pedro Escobedo	0.98
58	Estado de México	Centro	Tianguistenco	0.98
13061	Hidalgo	Centro	Tepeapulco	0.98
20068	Oaxaca	Sur	Ocotlán de Morelos	0.98
13006	Hidalgo	Centro	Alfajayucan	0.98
28	Morelos	Centro	Cuernavaca	0.97
5	Coahuila	Norte	Saltillo	0.96
24	Estado de México	Centro	Toluca	0.95
26030	Sonora	Norte	Hermosillo	0.95
15090	México	Centro	Tenango del Valle	0.95
Eficiencia promedio nacional				0.62

Fuente: Elaboración propia, con estimaciones del modelo de eficiencia Battese & Coelli, (1995).

La eficiencia técnica promedio para 1993 tuvo un incremento de 19.2% en relación con la eficiencia reportada para 1988, es decir 0.1 más, en términos absolutos. En este periodo, al igual que el anterior, la zona centro del país contiene las entidades con mayor eficiencia técnica en la tabla de las principales unidades de análisis, de hecho, en relación con el periodo anterior se sumó una zona geográfica más a la tabla. En la región norte, Saltillo que en 1988 se posicionó como el primer lugar en eficiencia, se colocó como la séptima entidad más eficiente en este periodo, mientras que Pedro Escobedo pasó del segundo al primer lugar.

Mapa 5 – Eficiencia técnica automotriz 1998



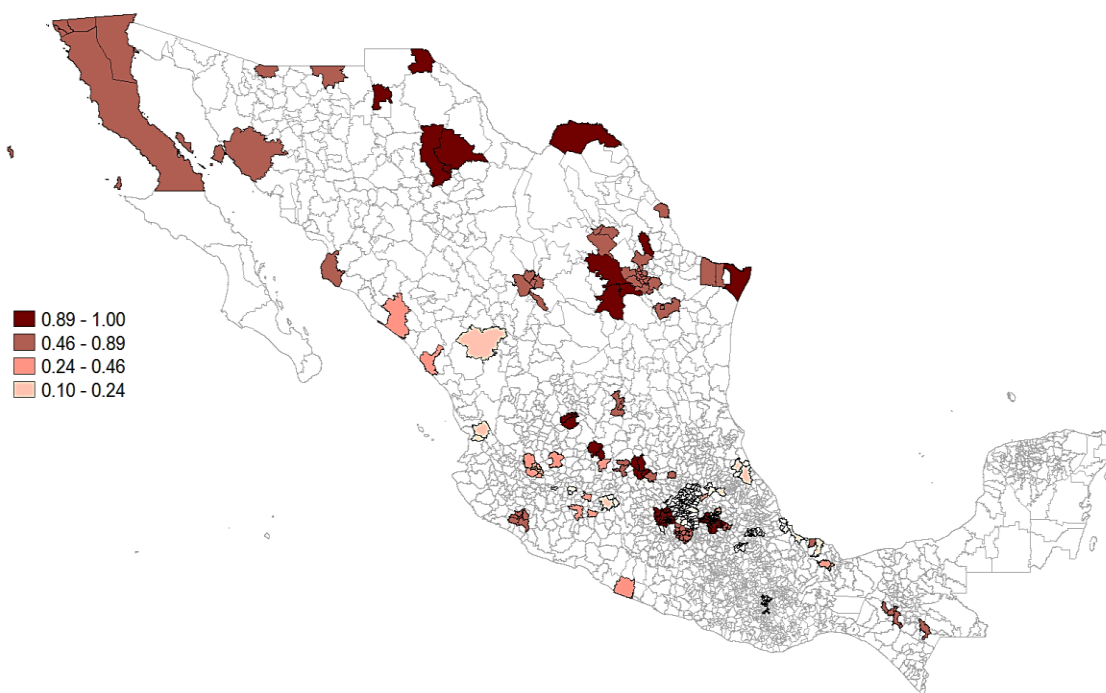
Clave	Entidad	Región	Zona Metropolitana / Municipio	Eficiencia
22012	Querétaro	Centro	Pedro Escobedo	0.98
58	Estado de México	Centro	Tianguistenco	0.97
13006	Hidalgo	Centro	Alfajayucan	0.97
14	Guanajuato	Centro	León	0.97
26030	Sonora	Norte	Hermosillo	0.96
5002	Coahuila	Norte	Acuña	0.96
5	Coahuila	Norte	Saltillo	0.95
15090	México	Centro	Tenango del Valle	0.95
19044	Nuevo León	Norte	Sabinas Hidalgo	0.95
1	Aguascalientes	Centro Norte	Aguascalientes	0.94
Eficiencia promedio nacional				0.58

Fuente: Elaboración propia, con estimaciones del modelo de eficiencia Battese & Coelli, (1995).

Para 1998 la eficiencia técnica promedio disminuyó de 0.62 a 0.58. En este año la zona centro del país disminuye su participación en la tabla de las unidades más eficientes y comienza

a posicionarse la región norte. Al igual que el periodo anterior, Pedro Escobedo se encuentra en primer lugar y Saltillo en séptimo. En este periodo, comienza a aparecer por primera vez una entidad de la región centro norte del país, Aguascalientes, la cual registró una eficiencia técnica de 0.94.

Mapa 6 – Eficiencia técnica automotriz 2003



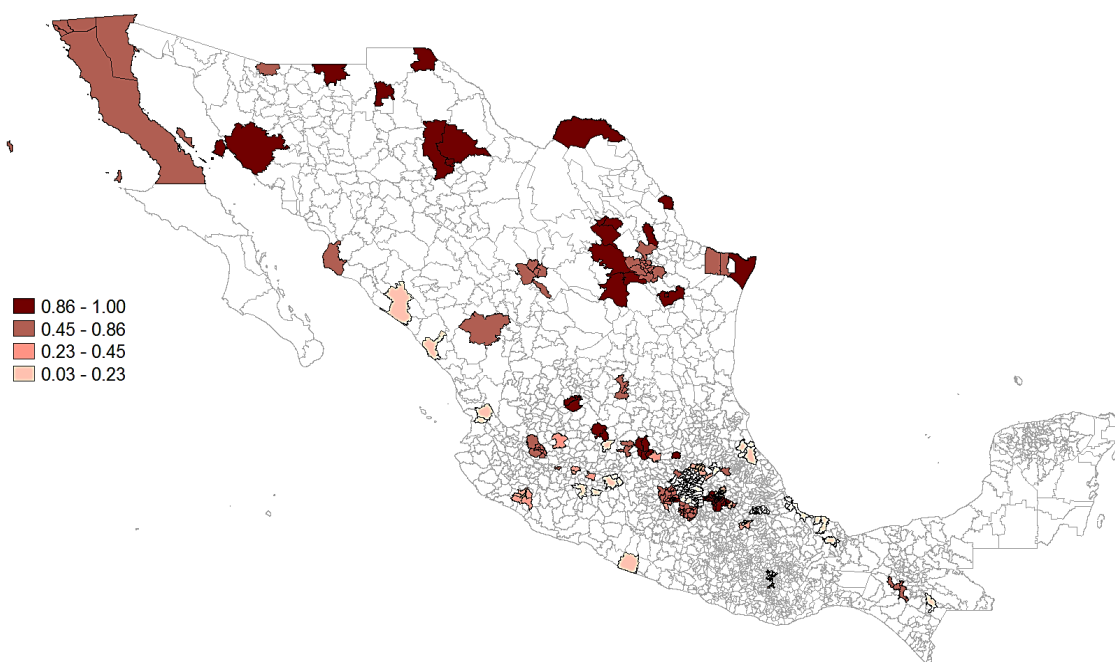
Clave	Entidad	Región	Zona Metropolitana / Municipio	Eficiencia
8050	Chihuahua	Norte	Nuevo Casas Grandes	0.98
5002	Coahuila	Norte	Acuña	0.97
58	Estado de México	Centro	Tianguistenco	0.96
14	Guanajuato	Centro	León	0.96
19044	Nuevo León	Norte	Sabinas Hidalgo	0.96
5	Coahuila	Norte	Saltillo	0.95
34	Puebla-Tlaxcala	Centro	Puebla-Tlaxcala	0.95
44	Tamaulipas	Norte	Matamoros	0.93
15090	México	Centro	Tenango del Valle	0.92
1	Aguascalientes	Centro Norte	Aguascalientes	0.92
Eficiencia promedio nacional				0.58

Fuente: Elaboración propia, con estimaciones del modelo de eficiencia Battese & Coelli, (1995).

La eficiencia técnica promedio para 2003 fue de 0.58 prácticamente sin variación respecto del año de estudio previo. Pedro Escobedo deja de participar en la tabla de las unidades de análisis con mayor eficiencia técnica, pasando del primer lugar en el año previo al número

doce en el presente año, mientras unidades de análisis del norte del país como Nuevo Casas Grandes, Acuña, Sabinas Hidalgo, Saltillo, y Matamoros se posicionan en la tabla de mayor eficiencia técnica. En este periodo por primera vez el norte del país tiene más representatividad en la tabla que otras regiones.

Mapa 7 – Eficiencia técnica automotriz 2008



Clave	Entidad	Región	Zona Metropolitana / Municipio	Eficiencia
58	Estado de México	Centro	Tianguistenco	0.97
5002	Coahuila	Norte	Acuña	0.96
5	Coahuila	Norte	Saltillo	0.96
1	Aguascalientes	Centro Norte	Aguascalientes	0.96
13006	Hidalgo	Centro	Alfajayucan	0.96
8050	Chihuahua	Norte	Nuevo Casas Grandes	0.95
34	Puebla-Tlaxcala	Centro	Puebla-Tlaxcala	0.94
26002	Sonora	Norte	Agua Prieta	0.94
45	Tamaulipas	Norte	Nuevo Laredo	0.94
19033	Nuevo León	Norte	Linares	0.94
Eficiencia promedio nacional				0.55

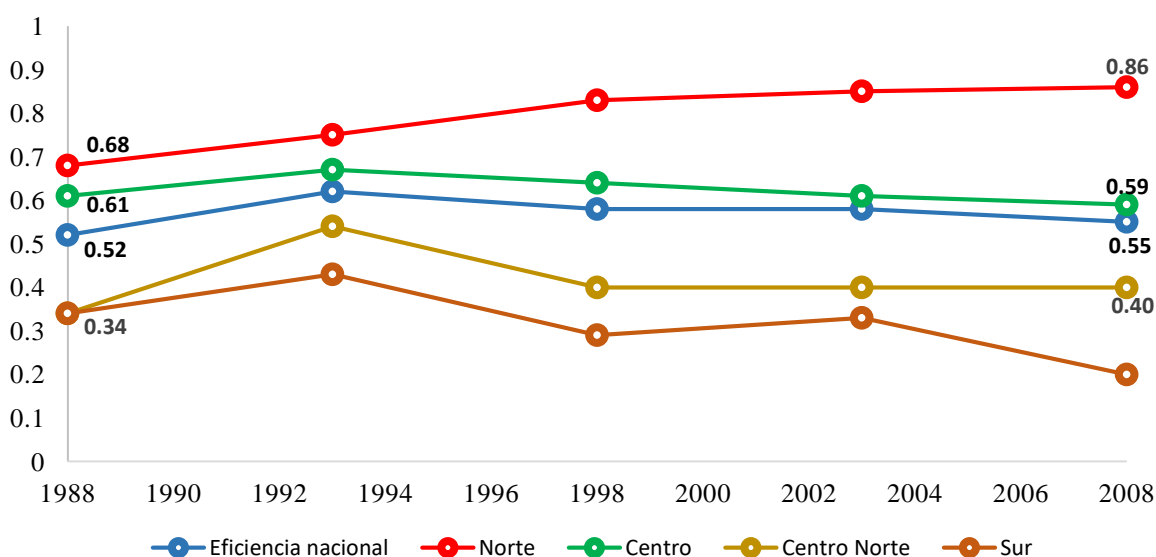
Fuente: Elaboración propia, con estimaciones del modelo de eficiencia Battese & Coelli, (1995).

Para 2008 el promedio nacional de eficiencia fue de 0.55 esto implica una disminución en relación con el periodo de análisis previo. En este año el Estado de México, particularmente la zona metropolitana de Tianguistenco se posicionó como la unidad más eficiente con 0.97 del índice de eficiencia técnica. En términos generales, dentro de la tabla de unidades más eficientes

se encuentran seis zonas metropolitanas o municipios del norte del país, siguiendo la tendencia de posicionamiento de esta parte del país.

A continuación, se presenta información sobre la evolución de la eficiencia técnica de la industria automotriz en México por cada región del país en dos secciones. Primero, se presenta un gráfico que expone la evolución de cada región en comparación con las demás regiones. Segundo, se muestra información relacionada con el gráfico en términos de promedios de eficiencia por cada año de cada región, el cambio total de eficiencia de 1988 a 2008 y el promedio de eficiencia nacional.

Gráfico 4.5 – Índice de eficiencia promedio regional por cada región del país, 1988 - 2008



Fuente: Elaboración propia, con estimaciones del modelo de eficiencia Battese & Coelli, (1995).

Tabla 4.6 – Evolución de la eficiencia técnica promedio, 1988 – 2008.

Región / Año	1988	1993	1998	2003	2008	Cambio 1988 - 2008 (%)
Efficiencia nacional	0.52	0.62	0.58	0.58	0.55	5.8
Norte	0.68	0.75	0.83	0.85	0.86	26.5
Centro	0.61	0.67	0.64	0.61	0.59	-3.3
Centro Norte	0.34	0.54	0.40	0.40	0.40	17.6
Sur	0.34	0.43	0.29	0.33	0.20	-41.2

Fuente: Elaboración propia, con estimaciones del modelo de eficiencia Battese & Coelli, 1995.

El gráfico y la información presentada anteriormente muestra que la eficiencia técnica del norte del país, en promedio, fue mayor que la eficiencia de otras regiones desde el inicio del



periodo de análisis, incluso, tal eficiencia fue incrementando en cada periodo. Por ejemplo, en 1988 la eficiencia en dicha región fue de 0.68 y se incrementó a 0.86, esto implicó un aumento en términos porcentuales del 26.5% como lo muestra la información anexa al gráfico 4.5. La región sur, tuvo un comportamiento opuesto al igual que la región centro, aunque la primera con una disminución mucho mayor, específicamente del 41.2% en términos porcentuales. La eficiencia promedio nacional, incrementó de 5.8% en todo el periodo, aunque desde su nivel más elevado en 1993 ha venido decreciendo.

En general es posible observar que la región norte del país tuvo un incremento importante en el aprovechamiento de sus recursos, esto es congruente con el tipo de industria instalada en esta región – como se analizó en el tabulado 1.3 – industrias con mayor número de personas ocupadas del tipo de razón social de armadoras y proveedurías especializadas, contrario con la región sur, de micro y pequeños negocios con razones sociales de negocios poco sofisticados.

Tabla 4.7 – Evolución de la escolaridad promedio, 1988 – 2008.

<b>Región / Año</b>	<b>1988</b>	<b>1993</b>	<b>1998</b>	<b>2003</b>	<b>2008</b>	<b>Cambio 1988 - 2008 (%)</b>
Eficiencia nacional	6.2	6.6	7.1	7.9	8.4	34.5
Norte	7.2	7.5	7.9	8.5	9.0	26.0
Centro	5.8	6.3	6.8	7.6	8.1	39.4
Centro Norte	6.4	6.7	7.3	8.1	8.6	34.3
Sur	5.4	5.9	6.4	7.1	7.7	42.1

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos del Censo de Población y Vivienda 1990, 2000 y 2010 así como de los conteos intercensales 1995 y 2005, INEGI.

La tabla 4.7 muestra la escolaridad promedio nacional<sup>14</sup> y por regiones dentro del periodo de estudio. La escolaridad promedio es una variable significativa que impacta en el nivel de eficiencia técnica automotriz. El promedio de escolaridad del primer periodo 1988 en comparación con 2008 tuvo un incremento de 34.5% o bien 2.2 años promedio más. La región norte también presenta mayores niveles de escolaridad promedio en el país, lo que explica que, entre otras variables, sea la región con mayor eficiencia. La región sur, sin embargo, aunque fue la que presentó mayor incremento porcentual en el periodo, fue la que en términos absolutos presenta menores niveles educativos, lo que es congruente con que sea además la que presente menores niveles de eficiencia productiva.

<sup>14</sup> La escolaridad promedio para cada unidad de análisis en cada periodo de estudio es presentada en el apartado ANEXOS de este documento.

## **CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DE POLÍTICA PÚBLICA**

Las teorías y técnicas de estimaciones revisadas aplicadas a los datos censales disponibles para el sector automotriz de México permiten hacer una verificación positiva de la hipótesis de investigación de la que partió este trabajo, así como de las preguntas de investigación específicas propuestas como guía de la presente investigación.

Los resultados obtenidos y descritos en el capítulo anterior sugieren que la productividad en el sector automotriz se explica en mayor proporción por la acción de una fuerza laboral adiestrada y disciplinada que por la contribución de las inversiones de capital hechas en el sector. Ambas sin embargo, contribuyen a la dinámica de la productividad, tal como se observa en los resultados de las estimaciones.

No obstante, cabe destacar que la mayor parte de las variables de control agregadas en el estudio muestran una tendencia a acercar a las unidades de análisis a la frontera eficiente de producción. La excepción es la puesta en vigor del TLCAN que parece no haber incidido en hacer más eficiente a las empresas del sector, al contrario el coeficiente asociado a la liberalización comercial es positivo, es decir, tiene un impacto negativo en la eficiencia productiva automotriz. Sin embargo, debe aclararse que no fue posible aislar los efectos del Tratado de otros eventos económicos e históricos que impactaron en la economía mexicana y que repercutieron tanto del lado de la oferta de factores de producción como del lado de la demanda de los productos automotrices. El caso más emblemático fue el ingreso de China a la OMC que modificó el flujo de exportaciones de México hacia los Estados Unidos, en combinación con otros acontecimientos como la crisis del Tequila.

Los resultados además muestran que las regiones con mayor eficiencia son la región Centro y Norte del país. Estos resultados concuerdan con las zonas de mayor presencia automotriz del país, como Guanajuato, Coahuila, Sonora, Puebla o Estado de México. Particularmente la eficiencia técnica del norte del país, en promedio, fue mayor desde el inicio del periodo de análisis, incluso, tal eficiencia fue incrementando en cada periodo, mientras que la región sur del país presentó la mayor pérdida de eficiencia.

La escolaridad promedio es una variable significativa que impacta en el nivel de eficiencia técnica automotriz. El promedio de escolaridad del primer periodo 1988 en

comparación con 2008 tuvo un incremento de 34.5% lo que implicó un incremento de 2.2 años más. La escolaridad arroja un coeficiente negativo (-0.84) y estadísticamente significativo al 90% lo que implica que los años de escolaridad promedio de la población contribuyen a disminuir la ineficiencia técnica automotriz.

Se advierte que dentro de las zonas geográficas más especializadas en 1988 figuró un municipio del sur del país, como Ocotlán de Morelos en Oaxaca, donde el valor agregado automotriz no es elevado, pero sí representativo para su actividad económica. Sin embargo, en periodos posteriores se observa que el norte del país, particularmente después de la apertura comercial, comienza a especializarse en manufacturas automotrices, mostrando que las principales zonas geográficas en términos de especialización son del de esta zona como Coahuila, Chihuahua, Tamaulipas y Sonora. En la sección determinística la especialización presentó un coeficiente positivo (0.106) y estadísticamente significativo al 99%, indicando que la especialización productiva contribuye al incremento del valor agregado automotriz. En relación con el impacto de la especialización en la eficiencia técnica, se obtuvo en la sección estocástica del modelo estimado, un coeficiente significativo al 99% y negativo (-1.31), con esto se comprueba la hipótesis de que la especialización productiva contribuye a mejorar los niveles de eficiencia técnica dadas las ventajas que ofrece (información, disminución de costos, cercanía a la competencia y a clientes (Krugman, 1991).

Producir en una zona metropolitana no resulta ser significativo. El coeficiente asociado con la variable binaria para indicar si la unidad de análisis pertenece a una zona metropolitana no es estadísticamente significativo. Por lo que no existe evidencia de efectos inobservados de economías de urbanización (Goldstein y Gronberg, 1984).

## Bibliografía

- Aigner, D., Lovell, C. A. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21–37. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(77\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5)
- Álvarez-Pinilla, A., Garduño-Rivera, R., & Núñez, H. M. (2015). Estimating the Technical Efficiency of Mexican States, 18.
- Alvarez, A., Garduño-Rivera, R., & Nuñez, H. M. (2017). Mexico's North-South divide: The regional distribution of state inefficiency 1988–2008. *Papers in Regional Science*, 96(4), 843–858. <https://doi.org/10.1111/pirs.12303>
- Bannister, G. J., & Stolp, C. (1995). Regional concentration and efficiency in Mexican manufacturing. *European Journal of Operational Research*, 80(3), 672–690. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(94\)00144-2](https://doi.org/10.1016/0377-2217(94)00144-2)
- Battese, G. E., & Coelli, T. . (1995). A model for Technical Inefficiency effects in a Stochastic Frontier Production Function. *Empirical Economics*, 20, 325–332. <https://doi.org/10.1007/BF01205442>
- Becerril, O., Álvarez, I., & Nava, R. (2012). Frontera tecnológica y eficiencia técnica de la educación superior en México. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 17(54), 793–816.
- Celso Arellano, Pedro Luis; Cortés Fregoso, J. H. (2010). ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA TÉCNICA RELATIVA DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA: EL CASO DE MÉXICO Analysis of the sugar agrindustry ´ s relative technical efficiency : The case of Mexico. *Revista Mexicana de Agronegocios*, XIV, (Enero-Junio 2010), 202–213.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1981). Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through. *Management Science*, 27(6), 668–697. <https://doi.org/10.1287/mnsc.27.6.668>
- Chavez-Martin Del Campo, J. C., & Fonseca, F. J. (2013). Technical efficiency, technological development, and the labor productivity gap in mexican manufacturing. *Regional and Sectoral Economic Studies*, 13(2), 43–58.
- Cobb, C. W., & Gouglas, P. H. (1928). A Theory of Production. *The American Economic Review*, 18(1), 139–165. <https://doi.org/10.1515/humr.1998.11.2.161>
- Colombia, U. N. de. (2015). Revista Innovar Journal Revista de Ciencias Administrativas y Sociales. *Innovar*, 20(36), 139–156. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-50512010000100011&lang=es%0Ahttp://www.revistas.unal.edu.co/index.php/innovar/article/view/47194/49782](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-50512010000100011&lang=es%0Ahttp://www.revistas.unal.edu.co/index.php/innovar/article/view/47194/49782)
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Zhu, J. (2004). Data envelopment analysis: History, Models and Interpretations. *Handbook on Data Envelopment Analysis*, 1–39.

[https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8_1)

- Covarrubias Valdenebro, A. (2014). Explosión de la industria automotriz en México : de sus encadenamientos actuales a su potencial transformador. *Análisis*, (1), 1–44.
- Cullinane, K., Wang, T.-F., Song, D.-W., & Ji, P. (2006). The technical efficiency of container ports: Comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(4), 354–374. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2005.07.003>
- Driffield, N., & Munday, M. (2001). Foreign manufacturing, regional agglomeration and technical efficiency in UK industries: A stochastic production frontier approach. *Regional Studies*, 35(5), 391–399. <https://doi.org/10.1080/713693833>
- Eberts, R. W., & McMillen, D. P. (1999). Chapter 38 Agglomeration economies and urban public infrastructure. *Applied Urban Economics*, 3, 1455–1495. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S1574-0080\(99\)80007-8](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S1574-0080(99)80007-8)
- Gutiérrez, G. A. (2011). Eficiencia industrial en las regiones de México. *EconoQuantum*, 7(2), 93–113. Retrieved from [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-66222011000100006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-66222011000100006)
- Hayde, S., & Montiel, T. (2012). EN LA EFICIENCIA TÉCNICA DE LAS MANUFACTURAS EN MÉXICO : UN ANÁLISIS, XXIX, 9–31.
- Kirkley, J. E., Squires, D., & Strand, I. E. (1995). Commercial Fisheries : Efficiency in Scallop Fishery, 77(August), 686–697.
- Koopmans, T. C. (1951). Efficient Allocation of Resources. *Econometrica*, 19(4), 455–465. <https://doi.org/10.2307/1907467>
- Mendoza Cota, J. E. (2003). Especialización manufacturera y aglomeración urbana en las grandes ciudades de México. *Economía, Sociedad y Territorio*, 4(13), 95–126.
- Miranda, A. V. (2007). La industria automotriz en México. *Contaduría y Administración*, (221), 211–248.
- Navarro, J. C. L., & Torres, Z. (2006). Eficiencia técnica y asignativa del sector eléctrico en México en su fase de distribución: Un análisis através de los modelos de frontera DEA. *Mundo Siglo XXI*, 7, 35–43.
- Peón, S., & Casimiro, I. (2017). Recaudación potencial, eficiencia recaudatoria y transferencias federales: Un análisis para las entidades federativas en México utilizando el modelo de frontera. *EconoQuantum*, 35–71. Retrieved from <http://search.proquest.com/openview/de3e03b91bb1bf56588c12caeffdcf6/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2034502>
- Pitt, M. M., & Lee, L. F. (1981). The measurement and sources of technical inefficiency in the Indonesian weaving industry. *Journal of Development Economics*, 9(1), 43–64.

[https://doi.org/10.1016/0304-3878\(81\)90004-3](https://doi.org/10.1016/0304-3878(81)90004-3)

- Reinhard, S., Knox Lovell, C. A., & Thussen, G. (1999). Econometric Estimation of Technical and Environmental Efficiency : an Application To Dutch Dairy Farms. *American Journal of Agricultural Economics*, 81(February), 44–60.
- Seyoum, E. T., Battese, G. E., & Fleming, E. M. (1998). Technical efficiency and productivity of maize producers in eastern Ethiopia: A study of farmers within and outside the Sasakawa-Global 2000 project. *Agricultural Economics*, 19(3), 341–348.  
[https://doi.org/10.1016/S0169-5150\(98\)00037-1](https://doi.org/10.1016/S0169-5150(98)00037-1)
- Tovar, B., & Martín-Cejas, R. R. (2010). Technical efficiency and productivity changes in Spanish airports: A parametric distance functions approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(2), 249–260.  
<https://doi.org/10.1016/j.tre.2009.08.007>
- Arrow, K., Chenery, H., Minhas, B., & Solow, R. (1961). Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 43, No. 3, 225-250.
- Christensen, L. R., Jorgenson, D. W., & Lau, L. J. (1973). Transcendental Logarithmic Production Frontiers. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 55, No.1, 28-45.
- Churión, J. R. (2001). Economía al Alcance de Todos. En J. R. Churión, *Economía al Alcance de Todos* (pág. 85). Caracas: Alfadil Ediciones.
- Farrell, M. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 253-290.

## ANEXOS

### Escolaridad promedio de las unidades de análisis.

Clave	Estado	Región	Zona Metropolitana / Municipio	Escolaridad Promedio (Años)				
				1988	1993	1998	2003	2008
1	Aguascalientes	Centro Norte	Aguascalientes	6.2	4.5	7.1	8.1	8.8
2	Baja California	Norte	Tijuana	7.4	7.7	7.7	8.4	8.9
3	Baja California	Norte	Mexicali	7.8	8.1	8.5	9.2	9.6
4	Tamps – Durango	Norte	La Laguna	7.0	7.4	8.0	8.7	9.1
5	Coahuila	Norte	Saltillo	6.2	6.8	7.6	8.2	8.9
6	Coahuila	Norte	Monclova-Frontera	7.2	7.6	8.2	8.9	9.3
8	Colima	Centro	Colima-Villa de Álvarez	6.5	7.0	7.6	8.3	8.8
10	Chiapas	Sur	Tuxtla Gutiérrez	5.4	5.9	6.5	7.3	7.9
11	Chihuahua	Norte	Juárez	7.4	7.7	8.0	8.6	9.0
12	Chihuahua	Norte	Chihuahua	6.9	7.2	7.6	8.2	8.8
13	Edo Mex – CDMX	Centro	Valle de México	7.1	7.5	8.1	8.8	9.2
14	Guanajuato	Centro	León	5.6	6.1	6.6	7.4	7.9
18	Hidalgo	Centro	Pachuca	6.6	7.0	7.6	8.3	9.0
19	Hidalgo	Centro	Tulancingo	5.8	6.2	6.7	7.4	7.9
21	Jalisco	Centro Norte	Guadalajara	6.3	6.8	7.5	8.2	8.9
24	Estado de México	Centro	Toluca	6.4	6.8	7.3	8.2	8.9
25	Michoacán	Centro Norte	Morelia	5.6	6.0	6.5	7.6	8.3
26	Michoacán	Centro Norte	Zamora-Jacona	5.5	5.8	6.2	6.8	7.2
28	Morelos	Centro	Cuernavaca	6.6	7.1	7.7	8.4	8.9
29	Morelos	Centro	Cuatla	6.1	6.6	7.0	7.6	8.3
30	Nayarit	Centro Norte	Tepic	7.3	7.8	8.4	9.2	9.8
31	Nuevo León	Norte	Monterrey	7.4	7.8	8.4	9.1	9.6
32	Oaxaca	Sur	Oaxaca	6.6	7.2	8.0	8.9	9.4
34	Puebla-Tlaxcala	Centro	Puebla-Tlaxcala	6.0	6.5	7.2	7.8	8.3
35	Puebla	Centro	Tehuacán	5.5	5.9	6.3	6.9	7.4
36	Querétaro	Centro	Querétaro	5.3	6.0	6.8	7.8	8.6
38	San Luis Potosí	Centro Norte	SLP-Soledad de G. Sánchez	7.7	8.1	8.7	9.4	10.0
43	Tamaulipas	Norte	Reynosa-Río Bravo	6.7	7.1	7.7	8.3	8.7
44	Tamaulipas	Norte	Matamoros	7.2	7.6	8.1	8.7	9.0
45	Tamaulipas	Norte	Nuevo Laredo	7.5	7.8	8.1	8.7	9.1
46	Tlaxcala	Sur	Tlaxcala-Apizaco	7.1	7.6	8.0	8.7	9.2
47	Veracruz	Sur	Veracruz	6.1	6.6	7.1	7.8	8.6
49	Veracruz	Sur	Poza Rica	5.7	6.1	6.6	7.4	8.0
50	Veracruz	Sur	Orizaba	5.3	5.8	6.4	7.3	7.9
53	Veracruz	Sur	Córdoba	5.9	6.3	6.8	7.5	8.1
54	Veracruz	Sur	Acayucan	5.1	5.5	5.9	6.8	7.5
57	Guanajuato	Centro	Celaya	5.6	6.0	6.6	7.3	7.9
58	Estado de México	Centro	Tianguistenco	6.5	6.9	7.4	8.2	8.7
2001	Baja California	Norte	Ensenada	7.5	7.7	7.9	8.6	8.9
5002	Coahuila	Norte	Acuña	6.8	7.2	7.6	8.1	8.5
7019	Chiapas	Sur	Comitán de Domínguez	5.0	5.4	6.0	6.6	7.3
8050	Chihuahua	Norte	Nuevo Casas Grandes	6.6	7.0	7.5	8.2	8.8

10005	Durango	Centro Norte	Durango	7.5	7.9	8.5	9.1	9.7
11017	Guanajuato	Centro	Irapuato	6.1	6.6	7.1	7.9	8.5
12057	Guerrero	Sur	Técpan de Galeana	4.9	5.2	5.6	6.3	6.8
13006	Hidalgo	Centro	Alfajayucan	4.1	4.5	5.0	5.9	6.8
13061	Hidalgo	Centro	Tepeapulco	7.6	8.0	8.3	8.9	9.2
13063	Hidalgo	Centro	Tepeji del Río de Ocampo	5.8	6.3	6.9	7.7	8.2
14093	Jalisco	Centro Norte	Tepatitlán de Morelos	4.8	5.4	6.0	6.9	7.5
15090	México	Centro	Tenango del Valle	6.1	6.3	6.6	7.5	8.0
15113	México	Centro	Villa Guerrero	4.7	5.0	5.3	5.9	6.4
16076	Michoacán	Centro Norte	Sahuayo	5.6	5.9	6.2	6.8	7.3
16079	Michoacán	Centro Norte	Salvador Escalante	4.3	4.5	4.9	5.5	5.9
16102	Michoacán	Centro Norte	Uruapan	6.5	6.8	7.2	7.8	8.3
16107	Michoacán	Centro Norte	Zacapu	6.3	6.7	7.1	7.8	8.3
19004	Nuevo León	Norte	Allende	6.5	6.9	7.2	7.8	8.2
19033	Nuevo León	Norte	Linares	6.4	6.8	7.3	7.9	8.4
19044	Nuevo León	Norte	Sabinas Hidalgo	7.2	7.5	7.9	8.3	8.6
20068	Oaxaca	Sur	Ocotlán de Morelos	5.1	5.7	6.3	6.9	7.7
21004	Puebla	Centro	Acatzingo	4.7	5.0	5.5	6.1	6.6
21164	Puebla	Centro	Tepeaca	5.6	6.0	6.4	7.1	7.6
21208	Puebla	Centro	Zacatlán	4.8	5.3	6.1	6.9	7.7
22012	Querétaro	Centro	Pedro Escobedo	5.0	5.6	6.2	6.9	7.4
22016	Querétaro	Centro	San Juan del Río	5.9	6.6	7.4	8.3	8.8
25001	Sinaloa	Centro Norte	Ahome	7.5	7.9	8.3	9.2	9.6
25006	Sinaloa	Centro Norte	Culiacán	7.6	8.0	8.5	9.4	9.9
25012	Sinaloa	Centro Norte	Mazatlán	7.7	8.2	8.6	9.4	9.8
26002	Sonora	Norte	Agua Prieta	7.1	7.4	7.7	8.3	8.8
26030	Sonora	Norte	Hermosillo	8.4	8.8	9.1	9.9	10.4
26043	Sonora	Norte	Nogales	7.9	8.2	8.6	9.2	9.7
30015	Veracruz	Sur	Ángel R. Cabada	4.2	4.4	4.7	5.5	6.0
30141	Veracruz	Sur	San Andrés Tuxtla	4.4	4.7	4.9	5.7	6.2

### Índices de especialización productiva de las unidades de análisis.

Clave	Estado	Región	Zona Metropolitana / Municipio	Índice de especialización				
				1988	1993	1998	2003	2008
1	Aguascalientes	Centro Norte	Aguascalientes	2.0	6.2	5.8	4.6	8.7
2	Baja California	Norte	Tijuana	0.1	0.2	0.2	0.2	0.7
3	Baja California	Norte	Mexicali	0.6	1.4	1.3	1.1	1.4
4	Tamps - Durango	Norte	La Laguna	0.4	1.1	0.5	0.7	1.1
5	Coahuila	Norte	Saltillo	12.5	8.0	6.7	6.6	8.7
6	Coahuila	Norte	Monclova-Frontera	0.0	0.1	0.7	2.1	2.1
8	Colima	Centro	Colima-Villa de Álvarez	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
10	Chiapas	Sur	Tuxtla Gutiérrez	0.0	0.0	0.0	0.3	1.1
11	Chihuahua	Norte	Juárez	0.3	0.5	3.7	4.3	5.4
12	Chihuahua	Norte	Chihuahua	4.3	0.4	2.8	3.4	2.7
13	Edo Mex - CDMX	Centro	Valle de México	0.6	0.8	0.1	0.1	0.1
14	Guanajuato	Centro	León	0.1	0.1	8.9	7.2	4.3
18	Hidalgo	Centro	Pachuca	0.4	0.6	-0.1	0.0	0.0
19	Hidalgo	Centro	Tulancingo	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0



21	Jalisco	Centro Norte	Guadalajara	0.1	0.6	0.2	0.3	0.4
24	Estado de México	Centro	Toluca	4.2	6.5	3.5	3.3	2.6
25	Michoacán	Centro Norte	Morelia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	Michoacán	Centro Norte	Zamora-Jacona	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	Morelos	Centro	Cuernavaca	10.1	10.1	3.6	1.5	1.9
29	Morelos	Centro	Cuatla	0.0	0.1	1.3	2.0	2.3
30	Nayarit	Centro Norte	Tepic	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	Nuevo León	Norte	Monterrey	0.4	0.6	0.9	1.0	1.1
32	Oaxaca	Sur	Oaxaca	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
34	Puebla-Tlaxcala	Centro	Puebla-Tlaxcala	3.4	2.8	5.2	7.1	7.2
35	Puebla	Centro	Tehuacán	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
36	Querétaro	Centro	Querétaro	2.1	2.2	2.5	3.6	3.4
38	San Luis Potosí	Centro Norte	SLP-Soledad de G. Sánchez	0.8	0.8	1.1	1.7	1.8
43	Tamaulipas	Norte	Reynosa-Río Bravo	0.0	0.1	1.5	0.9	0.8
44	Tamaulipas	Norte	Matamoros	2.8	1.9	2.0	3.6	4.6
45	Tamaulipas	Norte	Nuevo Laredo	1.9	3.4	2.7	2.6	4.9
46	Tlaxcala	Sur	Tlaxcala-Apizaco	0.0	0.3	0.4	0.1	0.2
47	Veracruz	Sur	Veracruz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
49	Veracruz	Sur	Poza Rica	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	Veracruz	Sur	Orizaba	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
53	Veracruz	Sur	Córdoba	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
54	Veracruz	Sur	Acayucan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
57	Guanajuato	Centro	Celaya	2.0	1.5	2.7	1.6	2.1
58	Estado de México	Centro	Tianguistenco	9.1	17.3	8.7	8.6	13.8
2001	Baja California	Norte	Ensenada	0.1	0.1	0.4	0.6	0.5
5002	Coahuila	Norte	Acuña	0.4	0.8	7.5	9.7	8.4
7019	Chiapas	Sur	Comitán de Domínguez	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0
8050	Chihuahua	Norte	Nuevo Casas Grandes	0.0	0.1	4.9	18.3	6.8
10005	Durango	Centro Norte	Durango	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
11017	Guanajuato	Centro	Irapuato	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
12057	Guerrero	Sur	Técpan de Galeana	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
13006	Hidalgo	Centro	Alfajayucan	4.6	16.1	10.9	1.6	9.3
13061	Hidalgo	Centro	Tepeapulco	5.5	16.9	2.5	0.1	0.3
13063	Hidalgo	Centro	Tepeji del Río de Ocampo	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1
14093	Jalisco	Centro Norte	Tepatitlán de Morelos	0.0	0.4	0.1	0.0	0.0
15090	México	Centro	Tenango del Valle	-3.6	6.5	6.7	4.4	2.2
15113	México	Centro	Villa Guerrero	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16076	Michoacán	Centro Norte	Sahuayo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
16079	Michoacán	Centro Norte	Salvador Escalante	1.3	0.4	0.0	0.3	0.0
16102	Michoacán	Centro Norte	Uruapan	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0
16107	Michoacán	Centro Norte	Zacapu	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19004	Nuevo León	Norte	Allende	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
19033	Nuevo León	Norte	Linares	0.8	0.5	1.8	2.1	4.7
19044	Nuevo León	Norte	Sabinas Hidalgo	1.0	1.1	6.1	6.5	3.3
20068	Oaxaca	Sur	Ocotlán de Morelos	5.5	15.6	2.2	0.1	0.1
21004	Puebla	Centro	Acatzingo	1.5	3.7	1.2	1.0	0.8
21164	Puebla	Centro	Tepeaca	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21208	Puebla	Centro	Zacatlán	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2
22012	Querétaro	Centro	Pedro Escobedo	14.9	17.8	15.6	3.5	3.0
22016	Querétaro	Centro	San Juan del Río	0.1	0.5	0.1	0.1	0.1
25001	Sinaloa	Centro Norte	Ahome	0.0	0.0	0.3	0.7	0.7
25006	Sinaloa	Centro Norte	Culiacán	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25012	Sinaloa	Centro Norte	Mazatlán	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0

26002	Sonora	Norte	Agua Prieta	0.3	0.6	3.2	2.3	5.1
26030	Sonora	Norte	Hermosillo	1.4	4.7	6.6	1.5	4.6
26043	Sonora	Norte	Nogales	1.3	0.2	0.8	0.4	1.1
30015	Veracruz	Sur	Ángel R. Cabada	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0
30141	Veracruz	Sur	San Andrés Tuxtla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

### Eficiencia técnica de las unidades de análisis.

Clave	Entidad	Región	Zona Metropolitana / Municipio	Eficiencia				
				1988	1993	1998	2003	2008
1	Aguascalientes	Centro Norte	Aguascalientes	0.67	0.93	0.94	0.92	0.96
2	Baja California	Norte	Tijuana	0.61	0.69	0.63	0.68	0.74
3	Baja California	Norte	Mexicali	0.60	0.86	0.88	0.82	0.86
4	Tamps - Durango	Norte	La Laguna	0.55	0.81	0.59	0.69	0.81
5	Coahuila	Norte	Saltillo	0.98	0.96	0.95	0.95	0.96
6	Coahuila	Norte	Monclova-Frontera	0.45	0.62	0.77	0.87	0.87
8	Colima	Centro	Colima-Villa de Álvarez	0.35	0.36	0.20	0.67	0.26
10	Chiapas	Sur	Tuxtla Gutiérrez	0.21	0.32	0.27	0.55	0.65
11	Chihuahua	Norte	Juárez		0.66	0.89	0.92	0.93
12	Chihuahua	Norte	Chihuahua		0.35	0.88	0.90	0.87
13	Edo Mex - CDMX	Centro	Valle de México	0.46	0.66	0.11	0.24	0.23
14	Guanajuato	Centro	León		0.53	0.97	0.96	0.91
18	Hidalgo	Centro	Pachuca	0.65	0.83	0.35	0.20	0.39
19	Hidalgo	Centro	Tulancingo	0.42	0.35	0.57	0.21	0.23
21	Jalisco	Centro Norte	Guadalajara		0.77	0.36	0.46	0.46
24	Estado de México	Centro	Toluca	0.90	0.95	0.90	0.90	0.86
25	Michoacán	Centro Norte	Morelia	0.19	0.29	0.20	0.21	0.22
26	Michoacán	Centro Norte	Zamora-Jacona	0.17	0.51	0.23	0.18	0.25
28	Morelos	Centro	Cuernavaca	0.97	0.97	0.92	0.86	0.85
29	Morelos	Centro	Cuatla		0.40	0.89	0.86	0.83
30	Nayarit	Centro Norte	Tepic	0.05	0.28	0.16	0.18	0.20
31	Nuevo León	Norte	Monterrey		0.71	0.72	0.75	0.73
32	Oaxaca	Sur	Oaxaca	0.14	0.74	0.15	0.17	0.07
34	Puebla-Tlaxcala	Centro	Puebla-Tlaxcala	0.84	0.79	0.92	0.95	0.94
35	Puebla	Centro	Tehuacán	0.44	0.50	0.24	0.16	0.26
36	Querétaro	Centro	Querétaro	0.83	0.84	0.87	0.91	0.88
38	San Luis Potosí	Centro Norte	SLP-Soledad de G. Sánchez	0.60	0.68	0.78	0.80	0.70
43	Tamaulipas	Norte	Reynosa-Río Bravo		0.48	0.82	0.75	0.72
44	Tamaulipas	Norte	Matamoros	0.90	0.87	0.87	0.93	0.92
45	Tamaulipas	Norte	Nuevo Laredo	0.86	0.91	0.88	0.89	0.94
46	Tlaxcala	Sur	Tlaxcala-Apizaco		0.46	0.58	0.46	0.45
47	Veracruz	Sur	Veracruz		0.38	0.30	0.20	0.14
49	Veracruz	Sur	Poza Rica		0.29	0.12	0.17	0.12
50	Veracruz	Sur	Orizaba	0.16	0.10	0.16	0.17	0.06
53	Veracruz	Sur	Córdoba		0.28	0.22	0.20	0.22
54	Veracruz	Sur	Acayucan		0.24	0.19	0.26	0.22
57	Guanajuato	Centro	Celaya	0.87	0.77	0.88	0.75	0.80
58	Estado de México	Centro	Tianguistenco	0.97	0.98	0.97	0.96	0.97
2001	Baja California	Norte	Ensenada		0.73	0.74	0.75	0.76
5002	Coahuila	Norte	Acuña			0.96	0.97	0.96
7019	Chiapas	Sur	Comitán de Domínguez		0.66	0.39	0.64	0.22

8050	Chihuahua	Norte	Nuevo Casas Grandes		0.74	0.94	0.98	0.95
10005	Durango	Centro Norte	Durango	0.27	0.17	0.42	0.10	0.46
11017	Guanajuato	Centro	Irapuato		0.26	0.45	0.25	0.18
12057	Guerrero	Sur	Técpan de Galeana	0.17	0.72	0.32	0.46	0.06
13006	Hidalgo	Centro	Alfajayucan		0.98	0.97	0.66	0.96
13061	Hidalgo	Centro	Tepeapulco	0.94	0.98	0.84	0.44	0.38
13063	Hidalgo	Centro	Tepeji del Río de Ocampo	0.33	0.63	0.61		0.51
14093	Jalisco	Centro Norte	Tepatitlán de Morelos	0.23	0.80	0.63	0.34	0.40
15090	México	Centro	Tenango del Valle		0.95	0.95	0.92	0.64
15113	México	Centro	Villa Guerrero	0.03	0.26	0.25	0.16	0.29
16076	Michoacán	Centro Norte	Sahuayo		0.64	0.21	0.23	0.50
16079	Michoacán	Centro Norte	Salvador Escalante	0.79	0.55	0.20	0.39	0.20
16102	Michoacán	Centro Norte	Uruapan	0.67	0.35	0.14	0.45	0.19
16107	Michoacán	Centro Norte	Zacapu	0.05	0.36	0.26	0.29	0.32
19004	Nuevo León	Norte	Allende	0.33	0.64	0.64	0.64	0.57
19033	Nuevo León	Norte	Linares		0.65	0.85	0.89	0.94
19044	Nuevo León	Norte	Sabinas Hidalgo		0.84	0.95	0.96	0.92
20068	Oaxaca	Sur	Ocotlán de Morelos	0.93	0.98	0.74	0.36	0.31
21004	Puebla	Centro	Acatzingo	0.66	0.90	0.73	0.68	0.48
21164	Puebla	Centro	Tepeaca	0.23	0.19	0.17	0.58	0.27
21208	Puebla	Centro	Zacatlán	0.21	0.31	0.28	0.15	0.76
22012	Querétaro	Centro	Pedro Escobedo	0.98	0.98	0.98	0.91	0.90
22016	Querétaro	Centro	San Juan del Río	0.43	0.76	0.39	0.59	0.45
25001	Sinaloa	Centro Norte	Ahome		0.50	0.63	0.75	0.70
25006	Sinaloa	Centro Norte	Culiacán	0.14	0.47	0.44	0.38	0.17
25012	Sinaloa	Centro Norte	Mazatlán	0.23	0.78	0.35	0.28	0.21
26002	Sonora	Norte	Agua Prieta		0.91	0.92	0.89	0.94
26030	Sonora	Norte	Hermosillo	0.82	0.95	0.96	0.87	0.94
26043	Sonora	Norte	Nogales		0.84	0.84	0.84	0.80
30015	Veracruz	Sur	Ángel R. Cabada	0.42	0.30	0.15	0.52	0.03
30141	Veracruz	Sur	San Andrés Tuxtla		0.18	0.14	0.16	0.07

## Apéndice de datos

Resumen estadístico						
Variable	Observaciones	Promedio	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	
Y	360	2212975	5515824	0	38500000	
L	360	4349	10666	1	96894	
K	360	2776033	8205492	0	86600000	
E	360	55937	135325	0	913542	
Pob	360	734252	2181866	15733	20100000	
Esc	360	7.3	1.3	4.1	10.4	
Esp	360	1.8	3.3	0	18.3	

Resumen estadístico. Trabajo según corte de tiempo						
Año	Variable	Observaciones	Promedio	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
1988	L	72	1868	5478.0	2	41814
1993	L	72	2279	6218.8	2	45903
1998	L	72	5296	13389.7	2	96894
2003	L	72	6028	12534.6	1	81915
2008	L	72	6275	12331.6	2	76485

Resumen estadístico. Capital según corte de tiempo

Año	Variable	Observaciones	Promedio	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
1988	K	72	2174856	6865632	13	41700000
1993	K	72	1547622	4649464	0	31400000
1998	K	72	2718904	6737338	50	31700000
2003	K	72	3817511	12000000	0	86600000
2008	K	72	3621275	8863489	11	51200000

Resumen estadístico. Consumo de energía eléctrica según corte de tiempo

Año	Variable	Observaciones	Promedio	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
1988	E	72	18616	49207	0	285376
1993	E	72	28383	66045	3	333431
1998	E	72	45409	92774	2	389999
2003	E	72	68029	139708	1	677434
2008	E	72	119249	226228	3	913542

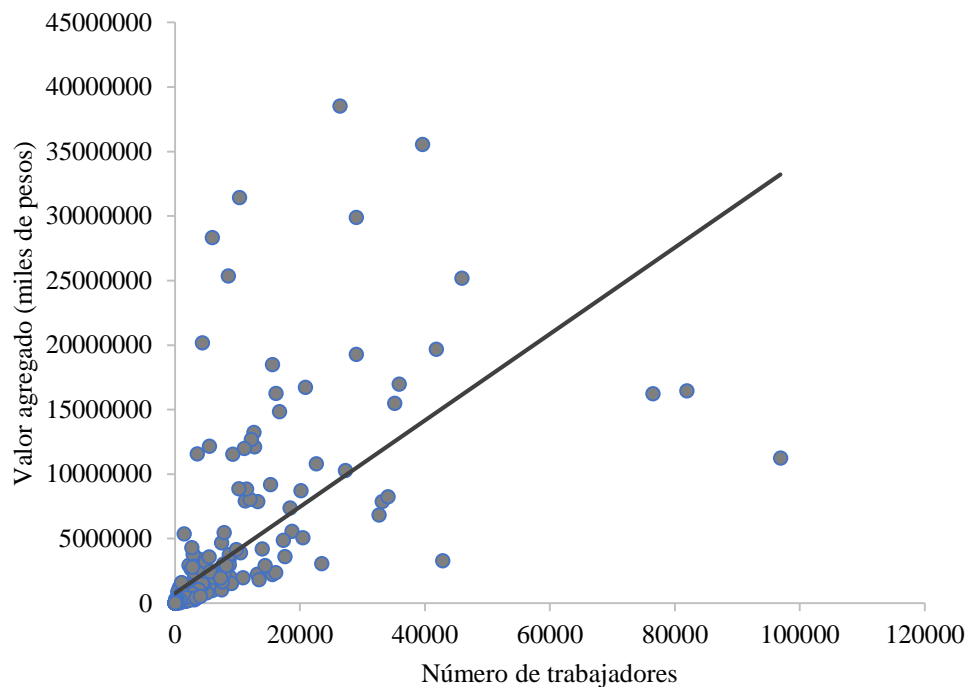
Resumen estadístico. Consumo del valor agregado según corte de tiempo

Año	Variable	Observaciones	Promedio	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
1988	Y	72	1536475	5024446	0	31400000
1993	Y	72	1317774	3726894	88	25200000
1998	Y	72	2264689	5059971	41	28300000
2003	Y	72	2794772	6440608	73	38500000
2008	Y	72	3151164	6715709	3	35500000

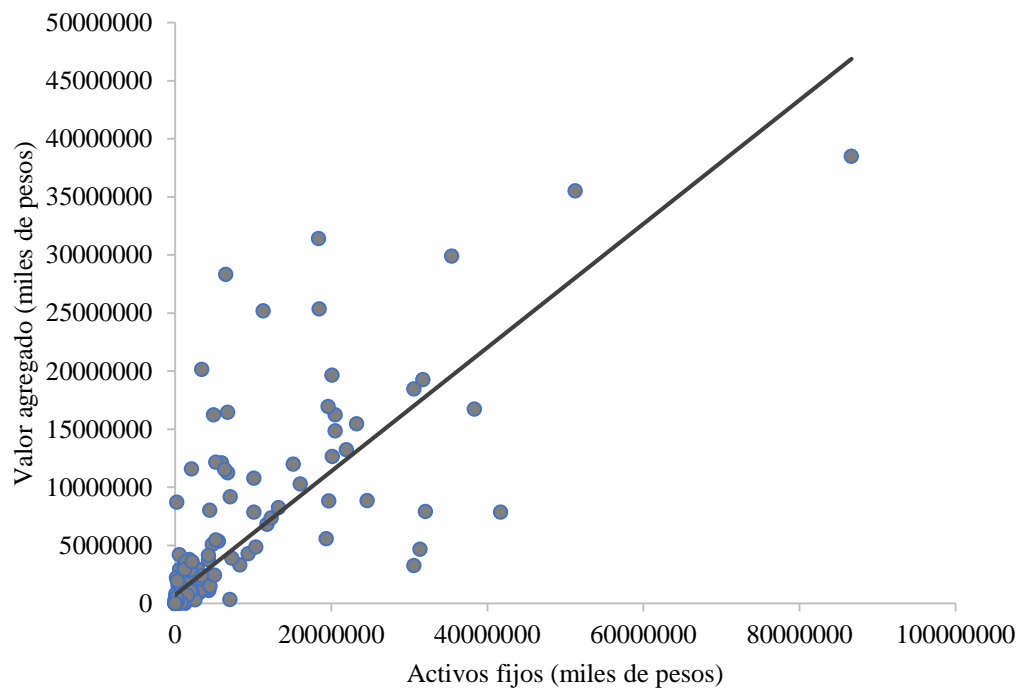
Correlaciones

	Y	L	K	E	Esp	Pob	Esc
Y	1						
L	0.65	1					
K	0.79	0.52	1				
E	0.79	0.79	0.73	1			
Esp	0.42	0.24	0.28	0.26	1		
Pob	0.35	0.50	0.35	0.44	-0.05	1	
Esc	0.20	0.28	0.13	0.32	0.02	0.18	1

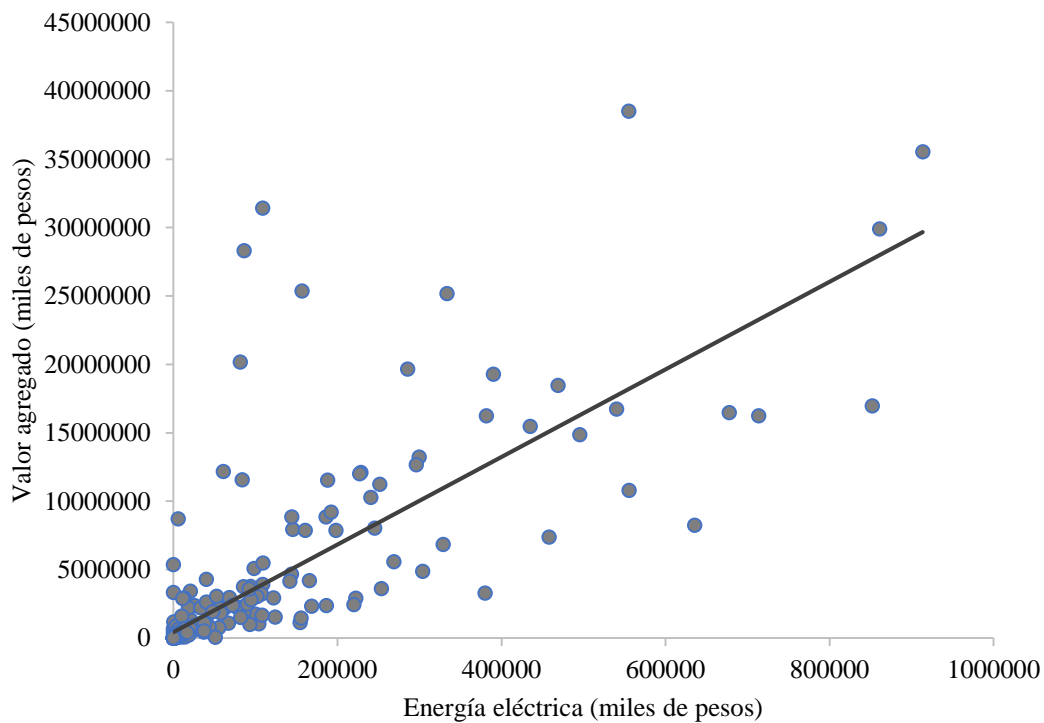
Dispersión y relación lineal entre producción y empleo.



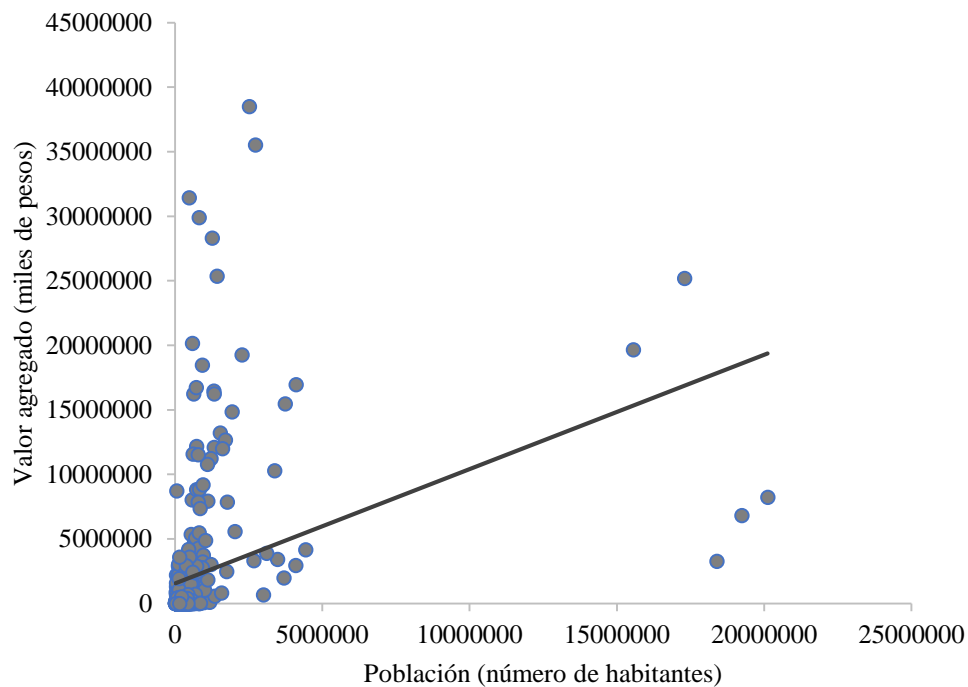
Dispersión y relación lineal entre producción y capital.



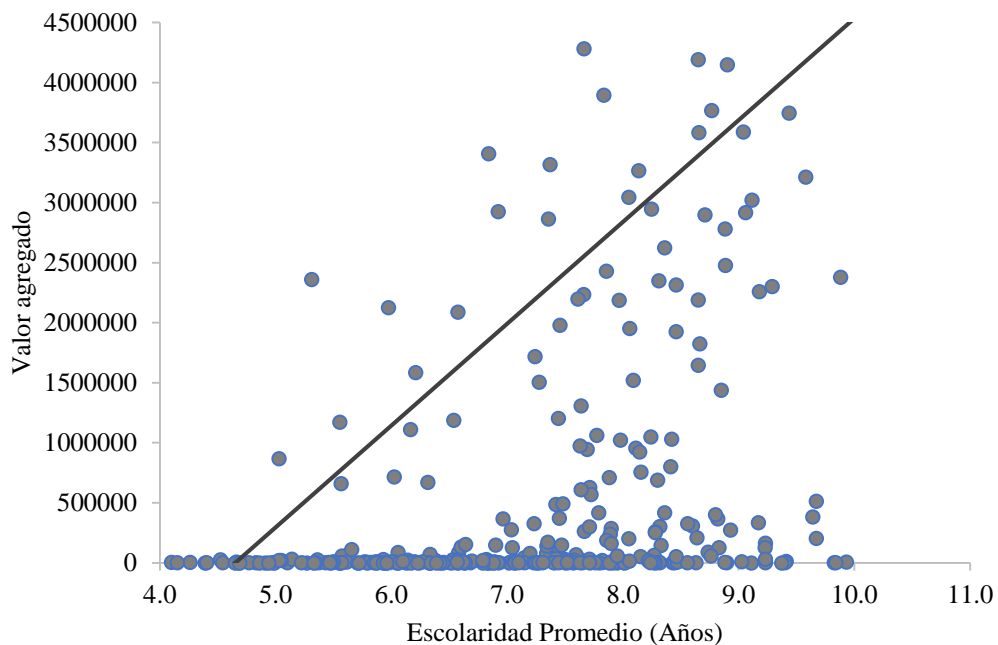
Dispersión y relación lineal entre producción y energía.



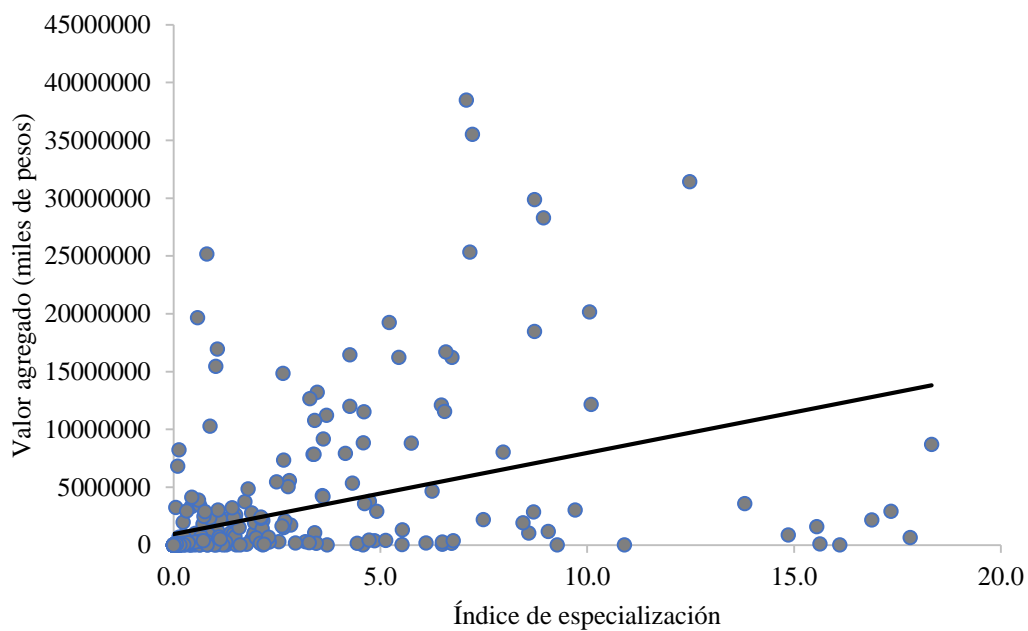
Dispersión y relación lineal entre producción y población.



Dispersión y relación lineal entre producción y escolaridad.



Dispersión y relación lineal entre producción y especialización.



*© Todos los derechos reservados. Se autorizan la reproducción y difusión parcial y total por cualquier medio, indicando la fuente.*

Forma de citar: López Zepeda, J. (2018). “Eficiencia técnica de la industria automotriz en México, 1988 - 2008”. Tesis de Maestría en Economía Aplicada. El Colegio de la Frontera Norte, A. C. México. 62 pp.