



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

**“ESPECIALIZACIÓN TECNOLÓGICA EN LA INDUSTRIA
AUTOMOTRIZ. MÉXICO, ESTADOS UNIDOS Y CANADÁ,
1994-2015”**

**IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS
QUE PRESENTA**

KARLA YARETH TORRES BUSQUEÑO
2183800224

**PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRA EN ESTUDIOS SOCIALES
LÍNEA ECONOMÍA SOCIAL**

DIRECTORA: DRA. G. ALENKA GUZMÁN CHÁVEZ
JURADO: DR. GILBERTO ABOITES MANRÍQUEZ
DRA. MARCELA AMARO ROSALES

IZTAPALAPA, CIUDAD DE MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2020

RETRIBUCIÓN SOCIAL

La presente investigación se suscribe en la esfera de la economía social y particularmente aporta al campo de la innovación social. Al analizar el nivel de especialización tecnológica en la industria automotriz y de autopartes en la región de América del Norte y los factores que influyen, es posible poner la lupa en los campos tecnológicos en que se han desarrollado fortalezas y en cuales no; en esa medida, contar con instrumentos para el diseño de políticas industriales y de innovación.

En el contexto del dinamismo y los encadenamientos productivos de este sector se ha aportado con este estudio la identificación en cuáles del total de 29 subclases de patentes otorgadas por la USPTO en el área automotriz y de autopartes, los tres países cuentan con ventajas tecnológicas reveladas y de que magnitud. Así también, otro hallazgo fue al haber corroborado que, al incrementar los niveles de capital humano, mediante el aumento de la matriculación de la educación terciaria (nivel superior), se impacta positivamente en mayores niveles de especialización tecnológica. Igualmente, incrementar el gasto en I+D favorece la especialización productiva. Fomentar mediante la política pública estas dos variables permitirán sin duda consolidar las ventajas tecnológicas reveladas. Adoptar políticas que profundicen el desarrollo de capacidades tecnológicas y de innovación en los tres países. Pero en el caso de México, permitirá sin duda asomarse al diseño, producción y comercialización de los vehículos que tengan menor impacto en la contaminación ambiental. Los logros en este sector tendrán efectos multiplicadores en lo económico y en lo sociales. El bienestar de la sociedad se podrá sostener sobre bases de mayor solidez.

RESUMEN

El objetivo de esta ICR busca primero, estimar los índices de ventajas tecnológicas reveladas-VTR- para 29 subclases de patentes, relativas a la industria automotriz y de autopartes otorgadas por la USPTO a México, Estados Unidos y Canadá de 1994 a 2015; Segundo, identificar factores asociados a niveles de VTR. Los enfoques de especialización tecnológica y de sistemas sectoriales de innovación son sustento de la investigación.

Se confirma liderazgo de Estados Unidos, especializándose en clases de alta intensidad tecnológica (sistema eléctrico y computarizados e inteligencia artificial). Canadá en clases de baja (sistemas de refrigeración y carrocería y chasis) y alta intensidad tecnológica (sistemas eléctrico y motor). México comparte VTR con Canadá y Estados Unidos en sistemas automotrices de baja (carrocería y chasis, confort, suspensión y rines, llantas y frenos) y alta intensidad tecnológica (inteligencia artificial, eléctrico y motor). El gasto en I+D y el capital humano impactan positivamente a los índices de VTR, pero no IED.

Palabras clave: Especialización tecnológica; industria automotriz; sistemas sectoriales de innovación; América del Norte.

ABSTRACT

The aim of this master thesis first, is to estimate the revealed technological advantages -RTA- index for 29 technological patent sub-classes of the automotive and auto parts industry, granted by USPTO to Mexico, United States and Canada from 1994 to 2015. Second, to identify which factors are associated to the RTA index. This research takes into account the technological specialization and sectoral innovation systems approaches.

We confirm the United States leadership, with high technological intensity sub-classes (electrical and computerized and artificial intelligence systems). Canada specializes in low (refrigeration, and bodywork, chassis systems) and high technological intensity sub-classes (electrical and motor systems). Mexico shares RTA with Canada and the United States in low (bodywork, chassis and comfort, suspension and wheels, tires and brakes) and high technological intensity classes (artificial intelligence and electric systems). The R&D and human capital affect positively to RTA index but not FDI.

Key words: Technological specialization; automotive industry; sectorial innovation systems; North America.

ÍNDICE GENERAL

Introducción	10
1. La especialización tecnológica; una revisión conceptual y teórica	
1.1 La especialización tecnológica	16
1.1.2 Innovaciones radicales	23
1.2 Sistemas sectoriales de innovación	24
1.3 Medición de la especialización tecnológica	28
1.4 Las patentes como un indicador de especialización tecnológica.....	31
1.5 Estado de arte sobre especialización tecnológica	34
2. La industria automotriz	
2.1 Antecedentes de la industria automotriz	38
2.2 Naturaleza de la dinámica de la industria automotriz mundial.....	41
2.3 Producción automotriz mundial	44
2.3.1 El mercado automotriz mundial	48
2.3.2 Las firmas automotrices en el mercado mundial	52
2.3.3 La investigación y desarrollo de las empresas automotrices.....	56
2.3.4 Cambio de paradigmas en el sector automotriz: Innovaciones radicales	58
2.3.5 El nuevo paradigma en la industria automotriz	61
2.4 La industria automotriz en América del Norte	63
2.4.1 La industria automotriz en el TLCAN	63
2.4.2 Estados Unidos y Canadá	67
2.4.3 México	70

3. Especialización tecnológica de la Industria Automotriz de México, Estados Unidos y Canadá.

3.1 Ventajas tecnológicas reveladas.....	78
3.1.1 Base de datos y fuente de información	78
3.1.2 Metodología propuesta	79
3.1.3 Patentes de México, Estados Unidos y Canadá	80
3.1.4 Estimación de las ventajas tecnológicas reveladas de México, Estados Unidos y Canadá	86
3.1.5 Análisis de resultados	92
3.2 Factores asociados a la especialización tecnológica	93
3.2.1 Base de datos y fuentes de información	94
3.2.2 Metodología propuesta	95
3.2.3 Evolución de los factores asociados a la especialización tecnológica de México, Estados Unidos y Canadá	97
3.2.4 Estimación de los factores asociados a la especialización tecnológica de México, Estados Unidos y Canadá	100
3.2.5 Análisis de resultados	103
4. Conclusiones e implicaciones de política pública	106
Bibliografía	114
Anexo estadístico	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Cuadros

1. Autores vinculados a especialización tecnológica por producción
2. Estado del arte sobre especialización tecnológica
3. Del automóvil a la industria automotriz
4. Países con mayor producción de automóviles, 2018
5. Mayores exportadores de automóviles a nivel mundial, 2019
6. Innovaciones tecnológicas de proceso en la industria automotriz
7. Innovaciones tecnológicas de producto en la industria automotriz
8. Plantas automotrices en México
9. Clases tecnológicas y clasificación básica automotriz
10. Clasificación de los niveles de las Ventajas Tecnológicas Reveladas (VTR)
11. Patentes y porcentajes respecto al total de cada país por clase tecnológica, 1994-2015
12. Ventajas tecnológicas reveladas intensivas y moderadas de México, 1994-2015
13. Ventajas tecnológicas reveladas moderadas de Estados Unidos, 1994-2015
14. Ventajas tecnológicas reveladas intensivas y moderadas de Canadá, 1994-2015
15. Ventajas tecnológicas reveladas por sistema del automóvil: México, Estados Unidos y Canadá, 1994-2015
16. Variables independientes, unidad y fuente
17. Estimación del modelo panel de datos de efectos aleatorios
18. Estimación del modelo panel de datos de los factores asociados a las ventajas tecnológicas de México, Estados Unidos y Canadá.

Gráficas

1. Producción automotriz a nivel mundial 2000-2019, (millones de unidades)
2. Evolución del nivel de precios de la industria automotriz mundial, 2015-2019

3. Mayores firmas automotrices por sus ventas globales, 2004-2017 (millones de unidades vendidas)
4. Tasa de crecimiento de las importaciones y exportaciones de la industria automotriz de América del Norte, 2016-2019
5. Producción y ventas automotrices en Estados Unidos 1965-2018 (millones de unidades)
6. Producción automotriz en Canadá, 2000-2019 (millones de unidades)
7. Producción automotriz en México, 1999-2019 (millones de unidades)
8. Patentes otorgadas a México, 1994-2015
9. Patentes otorgadas a Estados Unidos, 1994-2015
10. Patentes otorgadas a Canadá, 1994-2015
11. Gasto en I+D como porcentaje del PIB de México, Estados Unidos y Canadá, 2008-2015
12. Inversión extranjera directa como porcentaje del PIB de México, Estados Unidos y Canadá, 2008-2015
13. Porcentaje de participación de egresados de ingeniería, ciencia y tecnología como parte del total de graduados de educación terciaria de México, Estados Unidos y Canadá, 2008-2015

Imágenes

1. Localización de las principales empresas automotrices de Estados Unidos en América del Norte
2. Empresas automotrices en México

INTRODUCCIÓN

El objetivo general de esta investigación es doble. Por un lado, es el de estimar el nivel de especialización tecnológica en la industria automotriz de los países que actualmente han suscrito el Tratado México, Estados Unidos y Canadá (TMEC)¹; y, por el otro, identificar qué factores influyen en tal especialización. El período de estudio comprende de 1994 a 2015, durante el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). El sector industrial por analizar se ha caracterizado por estrecha red productiva y comercial regional, especialmente en las transacciones comerciales intra-industria e intra-firma.

En particular, los propósitos de esta investigación son: primero, estimar la especialización tecnológica mediante el índice de ventajas tecnológicas reveladas (VTR) de 29 subclases tecnológicas de patentes de vehículos y autopartes otorgadas por la *United States Patents and Trademark Office* (USPTO, por sus siglas en inglés) a titulares de México, Estados Unidos y Canadá; segundo, identificar los factores que determinan las ventajas o desventajas tecnológicas en el sector de los tres países, mediante un modelo econométrico de datos panel.

El estudio de la especialización tecnológica adquiere relevancia, en la medida en que permite conocer en qué sectores los países poseen capacidades tecnológicas y que pueden constituir el potencial de su competitividad internacional y de su crecimiento económico². La especialización tecnológica está definida como la acumulación de conocimientos en materia de ciencia,

¹ El cual entró en operación el pasado 1º de julio de 2020.

² Para profundizar sobre el tema consulte: Guzmán et al, 2018.

innovación y tecnología que le permiten a un país incrementar su competitividad internacional para que esto se puede ver reflejado en el aumento del bienestar de la población en general (INCyTU, 2018).

El estudio de la especialización tecnológica, de acuerdo con Maldonado (2018), puede realizarse por dos vías: una a nivel sectorial, el cual analiza las ventajas o desventajas tecnológicas de cada país y las relativiza comparando los resultados entre sectores; y la otra, a nivel nacional, en la cual se estudian las correlaciones de los sectores entre la especialización tecnológica de un país con el resto del mundo dependiendo de las ventajas o desventajas que estos presenten.

Existen pocos estudios sobre el análisis de especialización tecnológica, planteando un estudio de patentes y los factores que pueden explicarla. Las investigaciones empíricas que se pueden encontrar son para la economía española en la industria manufacturera. Tal es el caso de Urraca (2005), Molero y López (2017), Buesa y Molero (1992) que analizan la especialización tecnológica mediante el uso de patentes de la industria española, haciendo estudios a nivel nacional y sectorial.

En la literatura especializada, no se encontraron estudios respecto a análisis de especialización tecnológica mediante el IVTR para el sector automotriz en la región de América del Norte. De ello, resulta el interés de abordar la especialización tecnológica, mediante dicho indicador para la industria. En diversos análisis como el de Borgstedt, Neyer y Schewe (2017), los autores analizan los cambios tecnológicos en la industria automotriz estadounidense de 1990 al 2013; en otra investigación (Laosirihongthong, Paul y Speece, 2003) se estudia, mediante un modelo econométrico, la implementación de nuevas tecnologías y procesos en la industria automotriz tailandesa para estudiar sus innovaciones; en Unger, Garduño e Ibarra (2014), los autores

examinan las especialización tecnológica revelada y ventajas competitivas en la región del Bajío mexicano, estudiando específicamente los clúster automotrices ubicados en el corredor de León, Aguascalientes y Celaya – Querétaro. Estos son solo algunos ejemplos de investigaciones relacionadas al tema propio. A diferencia de las investigaciones previas, en ésta, pretendemos contribuir caracterizando la especialización tecnológica del sector automotriz, identificando los subsectores específicos en que cada país cuenta con ventajas tecnológicas y cómo han evolucionado durante el periodo del TLCAN.

La automotriz ha sido identificada como una industria intensiva en escala. Sin embargo, ésta ha incorporado los avances tecnológicos de otros sectores como la robótica, los sistemas digitales, y en general, formas de producción de elevada intensidad tecnológica. Así, su competitividad internacional depende, en gran medida, de la capacidad de las empresas para diseñar y desarrollar productos con un alto grado de innovación y especialización. La competencia en el sector automotriz mundial se expresa mediante la necesidad de mejorar los productos ofrecidos en el mercado y, al mismo tiempo, enfrentar la feroz competencia entre las empresas internacionales por una mayor cuota de mercado.

A pesar de que la producción de automóviles se encuentra concentrada en países industrializados como Estados Unidos, Japón y Alemania, países emergentes como China, India y México han adquirido una importancia fundamental en la industria: en el 2018 China produjo más de doble de automóviles que Estados Unidos (27.8 millones de unidades), mientras que la India y México, se posicionaron dentro de los mayores productores de automóviles, con el cuarto y sexto lugar a nivel mundial, respectivamente (García, 2019).

Desde hace algunos años, la automotriz parece evolucionar hacia nuevos escenarios de innovación, tanto en el ámbito técnico/tecnológico como en el de procesos productivos, especialmente en el campo del desarrollo de nuevas tecnologías vinculadas al aprovechamiento de fuentes de energías complementarias y limpias. El desarrollo e implementación de fuentes alternativas de energía tiene un doble objetivo: por un lado, busca contribuir en la disminución de la contaminación ambiental, y por el otro, busca hacer más eficiente el rendimiento del automóvil mismo (Vliet et al. 2011). Se prevé que para el año 2030 más de la mitad de los automóviles en circulación funcionaran, fundamentalmente, mediante energía eléctrica; transformando, así, la industria en su totalidad (Nemry y Brons, 2010).

En este contexto, la industria automotriz no sólo es un sector económico clave por los eslabonamientos productivos que tiene con industrias productoras de alto valor agregado (Castellanos, 2016), sino también, por las implicaciones en materia de innovación que se desarrollan en ella para lograr los cambios marcados por el contexto.

Esta investigación se inscribe en la preocupación por evaluar el nivel de capacidades tecnológicas y de innovación que han alcanzado los tres países que suscribieron el acuerdo comercial de América del Norte y que factores han contribuido en su desempeño. Además de ser una industria eslabonada regionalmente, en México se le reconoce por sus elevadas habilidades productivas, comerciales, de exportación y también por su contribución al PIB.

Mediante esta investigación se pretende aportar al análisis de la industria automotriz, particularmente en los estudios empíricos de la VTR. En este caso se trata de identificar las fortalezas o las desventajas tecnológicas que poseen México, Estados Unidos y Canadá en el sector automotriz y de autopartes. El conocimiento de los segmentos de especialización tecnológica y sus

determinantes permitirá hacer propuestas de política que favorezcan la competitividad tecnológica y el crecimiento del sector, así como el incremento de su aportación a las economías de la región.

Una herramienta útil para medir y/o determinar el grado de especialización tecnológica son las patentes. Su funcionabilidad radica en la desagregación tan amplia que poseen (en el caso de la USPTO, que será la base de datos a utilizar en esta investigación). Facilita realizar análisis de especialización tecnológica desde diferentes perspectivas, las cuales son descritas en el siguiente capítulo.

La protección de las patentes a las novedades otorga un monopolio para su explotación, incentivando la creatividad de los inventores, y al escalarla industrialmente permite el retorno de la inversión en I+D, más una de la ganancia. No obstante, la protección de las novedades, el conocimiento codificado de las patentes es divulgado, dando lugar a externalidades positivas. Es decir, hay derramas del conocimiento que pueden influir al desarrollo de nuevos por otros agentes en diferentes latitudes, dependiendo de las capacidades científicas y de desarrollo de los países (Guzmán, 2015).

De acuerdo con el problema de investigación planteado, las preguntas centrales son: ¿Poseen Ventajas Tecnológicas intensivas o moderadas, en el sector automotriz y de autopartes México, Estados Unidos y Canadá?; ¿Cómo se caracteriza la especialización tecnológica de los países de América del Norte en la industria automotriz? y, ¿Qué factores están asociados a tales ventajas tecnológicas reveladas?

Conforme a las preguntas expuestas, se establecen las siguientes hipótesis: H.1. Se espera una limitada especialización tecnológica de México y un comportamiento más dinámico para Estados Unidos y en menor medida para Canadá; H.2. Estados Unidos mantiene el liderazgo en la VTR del sector automotriz, con especialización en clases que corresponden a mayor

intensidad tecnológica; Canadá cuenta con un nivel menor de especialización; y México cuenta con VTR en clases relacionadas a bajos niveles tecnológicos y, H.3. Las VTR de México, Estados Unidos y Canadá están asociadas al gasto en I+D como porcentaje del PIB, al nivel de escolaridad terciaria y al porcentaje de inversión extranjera directa (Maldonado, 2018).

Para cumplir con los objetivos y dar una respuesta satisfactoria a las preguntas de investigación planteadas, esta idónea comunicación de resultados se compone de cuatro capítulos. En el primer capítulo se expone el marco teórico y conceptuales sobre la especialización tecnológica y los sistemas sectoriales de innovación. Así también se exponen las metodologías medición, con base en datos de patentes. En el segundo capítulo se estudia la evolución de la industria automotriz dentro del periodo de estudio para México, Estados Unidos y Canadá. En el tercer capítulo se realiza el estudio empírico mediante la elaboración del índice de VTR y se propone un modelo econométrico para validar la hipótesis de los factores que influyen en las VTR. Finalmente, se presentan las conclusiones generales de la investigación y algunas implicaciones de política pública.

CAPÍTULO 1

LA ESPECIALIZACIÓN TECNOLÓGICA: UNA REVISIÓN CONCEPTUAL Y TEÓRICA.

En esta sección de la investigación se expone el marco conceptual y teórico que permitirá desarrollar el análisis de la especialización tecnológica-ET- en el sector automotriz. Primero, nos abocamos a estudiar la dimensión del concepto de ET, considerando que éste implica a las ventajas tecnológicas reveladas que los países adquieren en ciertos sectores o subsectores asociados a sus capacidades tecnológicas. En la segunda parte se analiza cómo los países conforman sistemas sectoriales de innovación; es decir, cuál es su naturaleza y cómo influye para que los países fortalezcan su competitividad de innovación en ciertos segmentos tecnológicos. La tercera sección se destina a explicar la medición de la ET. En el cuarto apartado se aborda la discusión referente el uso de patentes como indicador de innovación y, por último, en la quinta sección se presenta una breve exposición referente al estado del arte de los principales autores referidos en la investigación acorde a ET.

1.1 Especialización Tecnológica

La especialización se define como “el proceso por el que una persona, un colectivo o una entidad se concentra en una actividad concreta o en un ámbito específico, en lugar de abarcar la totalidad de las actividades posibles” (Maldonado, 2018 p. 27). En el ámbito tecnológico, la especialización puede interpretarse como la concentración de las actividades tecnológicas y/o la generación de patentes en ciertas clases tecnológicas (Miozzo, 2002; Ruiz, 2013).

Sin embargo, cuando nos referimos a la especialización tecnológica, se entiende como la forma de un proceso de formación de habilidades conocimientos tecnológicos específicos (Urraca, 2005) y la creación de capacidades tecnológicas.

El estudio de la especialización tecnológica tiene como antecedente el análisis la especialización por producción. En el siguiente cuadro se presentan los principales autores relacionados al estudio de este.

Cuadro 1. Autores vinculados a especialización tecnológica por producción

	<i>Autores</i>	<i>Tipo de especialización</i>
Especialización por producción	Adam Smith	Del trabajo
	David Ricardo	De países
	Heckscher y Ohlin	Dotación de recursos

Fuente: Elaboración propia

Al estudiar la especialización, es necesario hablar del estudio de la teoría económica clásica, en obras como la de Adam Smith (1776), se argumentó que la división del trabajo mediante la especialización de los trabajadores en un proceso productivo específico es la clave para el crecimiento económico y su posterior transformación en bienestar social y la de David Ricardo (1817), donde mostró que los países tienden a especializarse en la producción y exportación de ciertos bienes; lo que quiere decir que los países exportarán los bienes en los que son más eficientes produciendo e importarán los bienes en los que su producción no es eficiente. Esta diferenciación de producción se relaciona directamente con la especialización de cada territorio; ya que implica tener a disposición ciertos conocimientos y un conjunto de habilidades

adquiridas (Maldonado, 2018). En pocas palabras, los países con especialización tendrán ventaja sobre el resto de los países.

En el plano del comercio internacional, las dotaciones de factores se vuelven el centro de estudio. La teoría desarrollada por Heckscher y Ohlin (1933) identifica que existen países con abundancia relativa del factor capital, mientras que en otros países abunda el factor trabajo; por lo tanto, los países donde abunda el factor capital se especializarán en producir y exportar bienes intensivos en capital, mientras que los países donde abunda el factor trabajo se especializan en producir y exportar bienes intensivos en trabajo.

Volviendo al ámbito de la especialización tecnológica, debemos considerar que ésta se plantea como objetivo crear “la vinculación entre innovación tecnológica y competitividad³, ya que, de esta última depende la posición del país en relación con el resto de los países competidores” (Guzmán, 2015 p. 28).

Como se mencionó en párrafos anteriores, en el estudio de la ET están involucradas las capacidades tecnológicas, siendo estas un factor de gran importancia, para articular el proceso productivo y comercial de los países, y así tener una posición competitiva frente al resto de países (Martín et. al 2016)

La capacidad tecnológica es la capacidad de las empresas en adquirir, transformar o crear tecnologías mediante el uso de conocimientos y habilidades nuevas, o ya existentes con el objetivo de sustentar el proceso de producción (Hernández, 2017 y Martín et al 2016). “La generación y acumulación de capacidades tecnológicas demandan la estructura de un Sistema Sectorial de Innovación” (Hernández, 2017 pp.71). Las CT requieren

³ Competitividad se entiende como el incremento en la producción de bienes que tienen como base la innovación y mejoras en la calidad.

que las empresas inviertan en actividades de I+D, capital, en mano de obra calificada y, en conocimiento codificado mediante patentes (Martín et. al 2016).

Siguiendo el estudio de la especialización tecnológica, se encuentra que está determinada por la posición relativa que ocupen los países dentro de una frontera tecnológica internacional; si un país se encuentra por encima de la frontera tecnológica, será un país desarrollado; mientras que, si se encuentra por debajo, estará en la categoría de país en desarrollo (Edquist, 2001 citado en Suárez y Erbes, 2016).

Conforme a Suárez y Erbes (2016), dependiendo de la posición relativa y la categorización en la que se encuentre cada país, es el tipo de innovación que este necesita. Como la realidad nos lo muestra, los países desarrollados son los encargados de generar nuevos conocimientos para la creación de innovaciones que impacten positivamente en la sociedad, es decir, innovaciones radicales; mientras que los países en desarrollo, generalmente, absorben y adaptan estas innovaciones, a la par de generar nuevas tecnologías destinadas a los procesos productivos. Del mismo modo señalan que, de concentrarse (los países en desarrollo) en actividades con baja especialización tecnológica y poca complejidad, podría significar continuar en niveles de bajo desarrollo y reafirmar su estatus de países seguidores de las economías desarrolladas.

En el comercio exterior, los bienes y servicios que son importados y exportados muestran mucho sobre el tipo de especialización tecnológica y capacidades con las que cuenta un país para añadir valor agregado a sus productos y, de esta forma, incrementar su productividad. Por lo tanto, un alto grado de productividad conlleva una alta especialización tecnológica, que se puede ver reflejada en mayores tasas de crecimiento económico y competitividad internacional.

Balassa (1965) aporta a la discusión argumentando que no son únicamente los factores de producción los elementos decisivos de la especialización tecnológica de los países, sino que el cambio tecnológico y la interacción de los oligopolios entre sí, de igual manera tienen la capacidad de determinar los patrones de las ventajas tecnológicas comerciales.

Pavitt (1999) realizó una clasificación de las empresas de acuerdo con sus capacidades tecnológicas y las agrupo en cuatro categorías:

- Empresas dominadas por proveedores
- Proveedores especializados
- Empresas de producción a gran escala
- Empresas basadas en la ciencia (innovación)

El sector en el que se desempeñe la empresa será decisivo para la forma en la que se producen y se difunden las innovaciones (Maldonado, 2018).

En otro estudio (Porter, 2007) se argumenta que la competitividad de un país depende directamente de la capacidad que su aparato productivo tenga para innovar. Es decir, que se mantendrán las ventajas competitivas siempre y cuando los países sean capaces de innovar. “De esta manera, existen diferentes patrones de competitividad en cada país, por lo que ninguna nación puede ser competitiva en todas o incluso en la mayoría de las industrias. Por el contrario, las naciones tienen éxito en ciertas industrias donde su entorno es el más visionario, dinámico y desafiante” (Maldonado, 2018 p. 28).

Malerba y Montobbio (2003) estudian la especialización tecnológica mediante el desempeño tecnológico de un país en un área tecnológica específica y, de esta manera, es que se relacionan directamente los conceptos de especialización tecnológica y las ventajas relativas. Los autores afirman

que un país logra especializarse en determinado campo o área si su rendimiento tecnológico es más alto que el rendimiento tecnológico promedio.

En el estudio realizado por (Hernández, 2017) expone 3 vías para la adquisición de conocimiento tecnológico: i) inversión en I+D, ii) derramas tecnológicas de los competidores y, iii) el conocimiento que no es generado en la industria.

A nivel nacional, la especialización tecnológica hace referencia a la distribución o concentración de las invenciones patentadas a través de ciertos sectores tecnológicos específicos con relación a otros países (Mancusi, 2001)⁴.

Malerba, Mancusi y Montobbio (2001) definen cuatro factores que inciden en la creación, acumulación y absorción del conocimiento dependiente de la dinámica tecnológica que los países desarrollan:

° Inversión presente y pasada por empresas: las empresas deben considerar, que un continuo y persistente gasto en I+D, deriva en una importante acumulación de stocks de capital de conocimiento, lo cual implica una alta tasa de especialización en clases tecnológicas específicas.

° Universidades e Institutos Públicos: un factor importante que impulsa y guía la especialización tecnológica es el resultado de las investigaciones que son realizadas en universidades y centros públicos de investigación.

° Acumulación de conocimiento: este factor dependerá fuertemente de la capacidad que tengan las empresas de absorber los conocimientos que son producidos dentro de los centros de investigación científica de universidades e instituciones públicas.

⁴ “En consecuencia, la especialización tecnológica en su sentido positivo implica ventajas tecnológicas en ciertos sectores, y en sentido negativo, implica capacidades débiles en otras áreas, en comparación con el punto de referencia que suele ser el internacional” (Maldonado, 2018 p. 30).

° Vínculo entre empresas: la acumulación de conocimiento se deriva de la cooperación empresarial, dado que da difusión al conocimiento ya adquirido y permite complementar y reducir la incertidumbre a la que se enfrentan las empresas a la hora de innovar.

De igual forma los autores recalcan que la innovación surge por los incentivos económicos que son generados por la patentación y los resultados del proceso de innovación. De igual manera se argumenta que el comercio internacional es una oportunidad de transferencia de conocimiento que se materializa en la especialización tecnológica.

Al ser las instituciones las encargadas de brindar los incentivos para fomentar la innovación que impacten dentro de un país, es el aparato institucional quien marca el sendero por el cual deben surgir los cambios en el conocimiento científico y tecnológico que impacta en el tipo de especialización tecnológica (Guzmán, 2015).

Autores como Molero y López (2017) recalcan que, el estudio de la especialización tecnológica por sectores económicos es de vital importancia ya que es dentro de los sectores, que se da la acumulación de conocimiento tecnológico derivado de la vinculación entre empresas y universidades, y es dentro de este núcleo, que el proceso de acumulación se da de forma concreta.

Las empresas multinacionales juegan un papel fundamental en la construcción de especialidades tecnológicas nacionales; tal y como argumenta Urraca (2005) al establecer que dichas empresas “producen un impacto en los patrones de especialización tecnológica internacional, la competencia internacional inducida por éstas lleva a un aumento de la especialización tecnológica nacional“ (Urraca, 2005 pág.7); pese a ello, no siempre se fortalecen las áreas tecnológicas en la que los países receptores cuentan con ventajas tecnológicas.

En esta investigación definimos a la especialización tecnológica como la concentración de la producción de México, Estados Unidos y Canadá en la industria automotriz y de autopartes mediante el uso de conocimiento y capacidades tecnológicas específicas. Lo anterior nos permite la identificación de los sectores en los que los países de América del Norte cuentan con ventajas o tecnológicas en la industria automotriz y de autopartes.

1.1.2 Innovaciones Radicales

Este apartado tiene como objetivo fundamentar teóricamente las innovaciones radicales conceptualizadas por Schumpeter; con la finalidad de, en el capítulo siguiente, abordar las innovaciones radicales que se han surgido en la industria automotriz.

Se suele pensar en la innovación como en algo de reciente surgimiento, no es así; la innovación no consiste simplemente en crear una invención y, que dicha invención, se traduzca en un producto comerciable.

Las ideas de Schumpeter fueron un parteaguas en la conceptualización de la innovación. Schumpeter introdujo dos conceptos que han tenido un gran impacto en el posterior desarrollo del tema: la innovación y el empresario innovador como personaje central de la innovación. Schumpeter (1934) argumenta que la innovación es el principal motor del desarrollo económico y del bienestar de la sociedad en general.

Para Schumpeter, el proceso de innovación es la fuerza fundamental que moviliza la producción y su desarrollo. Sin embargo, no todas las innovaciones tienen las características necesarias para ser consideradas innovaciones como tal; innovar no solo es tener capacidad inventiva, sino que, según Schumpeter, son las innovaciones radicales las capaces de provocar

cambios “revolucionarios”, trayendo consigo transformaciones estructurales y decisivas en la economía y en la sociedad (Montoya, 2004). Por innovación radical se entiende: 1) la introducción de nuevos bienes de consumo en el mercado, 2) el surgimiento de nuevos métodos de producción y transportación, 3) la apertura de un nuevo mercado, 4) la generación de una nueva fuente de oferta de materias primas y 5) cambios en la organización de los procesos productivos.

A este proceso de surgimiento de innovaciones radicales fue lo que Schumpeter llamó “destrucción creativa”: “Revoluciona incesantemente la estructura económica desde dentro, destruyendo interrumpidamente lo antiguo y creando continuamente elementos nuevos. Este proceso de destrucción creadora constituye el dato de hecho esencial del capitalismo. En ella consiste definitivamente el capitalismo y toda empresa capitalista tiene que amoldarse a ella para vivir” (Schumpeter, 1942 p. 120).

Ahora bien, así como Schumpeter identificó que no todas las innovaciones son innovaciones radicales, así mismo no cualquier tipo de empresario puede llevar a cabo este tipo de innovaciones. Las innovaciones radicales son el elemento fundamental para el mantenimiento del sistema económico, pero este proceso de innovación no se da por casualidad, ni es espontáneo; sino que es un proceso deliberado, buscado, por el empresario innovador.

1.2 Sistemas Sectoriales de Innovación

Previamente el concepto de especialización se utilizó para definir la competencia comercial, sin embargo, trasladado a un ámbito tecnológico de innovación, este nos permite conocer en qué medida los países se especializan en función de sus capacidades tecnológicas.

Por tal motivo, el estudio de la ET requiere de un marco teórico complementario respecto a los Sistemas Sectoriales de Innovación (SSI). Un SSI toma como base los fundamentos de la teoría evolucionista⁵, aplicados al enfoque tradicional sectorial de la economía industrial (Malerba, 2003). Este enfoque surge de la necesidad de explicar la vinculación entre los agentes, el impacto y generación de las políticas públicas y esclarecer el papel de las instituciones en los sectores que impulsan la innovación dentro de un país o región.

Malerba (2003) identifica tres elementos que se encuentran presentes en los sectores y permiten llevar a cabo un análisis: i) conocimiento, ii) instituciones y iii) actores.

i) Conocimiento: el conocimiento es fundamental en la conformación de los SSI, ya que emplea los conocimientos científicos y tecnológicos que desarrollan y caracterizan a los sectores. Además de impactar en los procesos

⁵ La teoría económica evolucionista es una corriente del pensamiento económico que toma en cuenta las complejas relaciones de interdependencia entre la competencia, el crecimiento y los recursos limitados; la interacción de todos estos sistemas se da en un sistema mayor, donde es continua su evolución (Maldonado, 2018). Una de las proposiciones de la economía evolucionista es “considerar a la economía como un todo, como un sistema” (Beinhocker, 2006, p. 10). Normalmente se estudian los fenómenos económicos como relaciones lineales de “causa y efecto”; pensar en los fenómenos económicos bajo un enfoque sistémico de relaciones no lineales es la proposición de la economía evolucionista. La Economía Evolucionista nace como un esfuerzo intelectual para abordar los problemas económicos y sociales actuales desde una perspectiva diferente a la Economía Tradicional; se postula un cambio de paradigma, un nuevo modelo que hace uso de herramientas novedosas para enfrentar problemas complejos. Para la Economía Evolucionista las organizaciones, los mercados y las economías en general son “sistemas evolutivos”. Uno de los principios de la economía evolucionista es que la historia de la humanidad es la historia del conocimiento, así mismo dicha teoría funciona con tres axiomas (Beinhocker, 2006): a. Bimodalidad: hace referencia a la utilización de dos insumos necesarios para el proceso productivo (materia – energía e información); b. Asociación: las entidades se relacionan con conexiones y c. Proceso: procesos dinámicos en el tiempo, cuyo resultado estructural es el conocimiento.

de acumulación de conocimientos y aprendizaje que determina el funcionamiento de las empresas.

ii) Instituciones: las instituciones son el marco regulador encargado de dar forma a las interacciones entre los agentes, estableciendo normas, reglas, leyes, acuerdos y estándares que repercuten directamente en las relaciones de los actores económicos.

iii) Actores: los actores son individuos y organizaciones que interactúan mediante procesos de comunicación, intercambio, cooperación y competencia, las cuales son reguladas por las instituciones (Malerba y Nelson, 2009). Dentro de cualquier sector el actor clave son las empresas⁶.

Un SSI se define como un conjunto de empresas/firmas y agentes que tienen como objetivo la creación, elaboración y venta de productos, utilizando tecnologías y conocimientos sectoriales que se vinculan mediante interacción y cooperación. Las interacciones pueden estar, o no, reguladas por el mercado; como la elección de actividades de innovación (Guzmán, 2015; Malerba 2002).

El estudio de los sistemas sectoriales se puede dividir, entonces, en tres enfoques: el primero se evoca al estudio de las semejanzas y diferencias que caracterizan a los sectores; el segundo a determinar los factores que impactan

⁶ Es importante mencionar que, para Schumpeter, no cualquier empresario logra el título de empresario innovador, no basta con montar un negocio o dirigir una empresa; el empresario innovador es aquel que tiene la capacidad (e iniciativa) de realizar proposiciones y realizar nuevas combinaciones de medios de producción, es decir, la persona que sea capaz de introducir y manejar innovaciones radicales en una empresa es un empresario innovador. De la misma manera una “empresa” no es cualquier negocio que esté funcionando, sino que una empresa es la “realización de nuevas combinaciones” (Schumpeter, 1911 p. 84), por tanto, la empresa es el proceso de innovación radical en sí mismo (Montoya, 2004). Para Schumpeter la causa del desarrollo económico y de los procesos de transformación en el ámbito económico y social es la innovación, llevada a cabo por el empresario innovador.

en la propensión a patentar y la competitividad internacional; y el tercero a la creación de políticas públicas orientadas a la generación de innovación. Esta investigación se inscribe dentro del segundo enfoque de estudio de los SSI.

Bajo la lógica de análisis adoptada, los sistemas sectoriales se plantean como objetivos la creación de vínculos entre los agentes que facilite la adquisición de nuevas tecnologías; la organización sectorial de la producción y la innovación; propiciar un ambiente que favorezca la competitividad internacional; la construcción de capacidades tecnológicas de innovación que repercutan en beneficios para la población y la constante demanda de conocimiento y nuevas tecnologías generadas en el ámbito académico y de investigación.

Los elementos que componen a la innovación bajo el enfoque sistémico sectorial y regional son:

1) Conocimiento y aprendizaje el cual, dependiendo del tipo de sector económico, es la posibilidad de patentamiento y generación de nuevo conocimiento. Hay sectores donde la innovación depende directamente de la investigación realizada por universidades; algunos otros sectores económicos donde, la probabilidad de patentar, está relacionada con el gasto en I+D; y algunos otros donde la información sobre la generación de innovación es proporcionada por los consumidores; 2) tecnología, insumos y demanda: en los SSI las tecnologías básicas y los insumos pueden variar dentro de una empresa especializada en un único producto puede hacer uso de diversas tecnologías para su producción; 3) estructura determinada por las interacciones entre empresas y organizaciones: las estructuras en los SSI se definen como las interacciones entre los agentes con diferenciaciones en su comportamiento y competitividad que afecta al resto de los agentes; 4) el papel de las instituciones es un elemento importante, ya que son las

encargadas de dar forma a las interacciones entre los agentes estableciendo normas, rutinas, leyes, reglas, acuerdos y estándares; por último, 5) los mecanismos de generación de variedad (Malerba, 2002; Malerba, 2003).

Los elementos anteriormente descritos permiten un buen desempeño productivo en sectores económicos en el ámbito de innovación. Todos y cada uno de ellos (los elementos descritos en párrafos anteriores) son importantes para que se puedan esbozar y visualizar los efectos de la innovación dentro de los sectores, ya que, si alguno de los elementos tuviera algún rezago, evidentemente a innovación no se favorecería.

Por lo consiguiente, la especialización tecnológica necesita la conformación de un SSI que, impulsado por instituciones como las universidades (que fomentan la formación de capital humano), sistemas financieros (que otorguen créditos a las empresas innovadoras), empresas altamente especializadas (encargados de invertir en I+D) e instituciones públicas (que brinden un marco legal a las interacciones y los resultados de estas). Así mismo, resaltando el papel fundamental de las empresas, quienes mayoritariamente realizan el proceso de innovación.

1.3 Medición de la Especialización Tecnológica

La especialización tecnológica se puede evaluar a partir de la generación de innovaciones traducidas en patentes; dado que representan el esfuerzo colectivo en investigación y desarrollo. Por ello, la medición de la especialización tecnológica puede darse acorde a lo que se pretenda estimar y el nivel al que se realiza el estudio. Es posible clasificar las mediciones de especialización tecnológica a nivel nacional o sectorial (Maldonado,2018).

Cuando se realizan investigaciones sobre la especialización tecnológica a nivel territorial, un indicador comúnmente utilizado para conocer la concentración de las actividades tecnológicas de una geografía es el índice de Herfindhal. En Wong y Singh (2005) encontramos que el valor del índice va de 0 a 100; cuando el valor es estadísticamente cercano a 0, nos indicaría que el país tiene una participación en todas las clases tecnológicas y, por el contrario, cuando el valor es cercano a 100, se concentra en una o pocas áreas tecnológicas, lo que se traduce en una alta especialización tecnológica.⁷

Una estimación más de especialización tecnológica a nivel nacional son los chi²; una herramienta de gran utilidad si lo que se busca es estimar el grado de especialización tecnológica, ya que permite conocer la distancia entre los valores de una región o país entre el total nacional o del resto de países. En Urraca (2005) se retoma el modelo propuesto por Pianta y Meliciani (1996)⁸ en el cual se puede definir, a la especialización tecnológica, como una medida de la diferencia del perfil tecnológico nacional respecto a la del resto del mundo.

⁷ La cual se puede estimar mediante la siguiente ecuación: $H_j = \sum_i \left(\frac{P_i}{P_j} \right)$

Dónde:

H_j = el país de estudio

i = las áreas tecnológicas

P_i = las patentes del país j en la clasificación de estudio i

P_j = el total de patentes j del país.

⁸ La ecuación planteada es la siguiente: $\chi^2 = \sum_{j=1}^n \frac{(P_{ij} - P_{wj})^2}{P_{wj}}$

Dónde:

P_{ij} = total de patentes del país i en el área tecnológica j

P_{wj} = total de patentes del mundo en el área tecnológica j .

El índice de ventajas tecnológicas reveladas-IVTR-, mediante el uso de patentes, es uno de los métodos más usados para lograr una medición de la especialización tecnológica a nivel nacional. La justificación para estimar de esta forma a la especialización tecnológica radica en la característica que tiene el Índice de poder hacer un análisis por campo tecnológico, en el cual, se revelan los esfuerzos que un país realiza por tener un alto nivel de patentamiento en determinadas áreas tecnológicas. Por lo tanto, esta estimación se puede clasificar como una medida de especialización tecnológica sectorial a nivel nacional.

El IVTR tiene como antecedente el índice de ventajas comparativas reveladas-VCR-, acuñado por Balassa en 1965. Dicho índice tiene como objetivo estimar “*las ventajas comparativas entre países a partir de su patrón de comercio*” (Amaya, 2010 p.5).⁹ Balassa buscaba determinar si las ventajas comparativas de un país pueden ser reveladas por el flujo de comercio de mercancías (Arias y Segura, 2014).

Las VTR se definen como el cociente de las patentes de un país en un área tecnológica respecto al total de patentes del mismo país en todos los campos tecnológicos (Urraca, 2005; Maldonado, 2018; Sanz y Arrias, 1998).

La interpretación del índice es relativamente sencilla, ya que si éste presenta un valor mayor a 1 se supone que el país cuenta con ventajas y, por el contrario, si el valor del índice es menor a 1, se tienen desventajas tecnológicas en la clase tecnológica que se esté analizando.

⁹ Para más información respecto a este tema véase “La Intensidad Tecnológica en el Salvador: una perspectiva desde el comercio internacional”.

El cálculo del índice de VTR se da de la siguiente forma:

$$\mathcal{VTR}_j = \frac{\frac{P_{ji}}{\sum_j P_{ji}}}{\frac{\sum_i P_{ji}}{\sum_j \sum_i P_{ji}}}$$

Dónde:

P_{ji} = las patentes del país j en el área tecnológica i.

1.4 Las patentes como un indicador de Especialización Tecnológica

La medición de la innovación vista como especialización tecnológica, resulta de gran utilidad, ya que es a través de ésta que se emite el nuevo conocimiento que favorece a la actividad económica (Manual de Oslo, 2006); y, mediante su estimación, es posible saber cuáles son las áreas de conocimiento tecnológico en los que los países se especializan.

Cuando se habla sobre la medición de las actividades de innovación, el indicador más conocido y utilizado es el gasto en I+D, pero, conforme a diversos autores, resaltan que este indicador no debe considerarse, en su totalidad, dado que no refleja el total de los esfuerzos realizados en innovación. Investigaciones como las de Maldonado (2018) y Diaconu, (2011) consideran que el gasto en I+D es solo una parte del proceso de innovación. Utilizando únicamente los datos de inversión en innovación se queda corta la información económica que se pudiera sustraer de tan importante actividad, que no solo impulsa la economía, sino también potencializa a los países.

El proceso de innovación visto, como la pertinencia de buscar nuevas oportunidades para generar nuevos bienes, o tomando como base el conocimiento previo para mejorar los productos (Diaconu, 2011) nos resalta

que, dentro de este proceso, las patentes juegan un papel muy importante; ya que es en ellas donde se ve reflejado el esfuerzo de una invención que ha sido reconocida como novedosa y se transforma en innovación (Maldonado, 2018).¹⁰

Las patentes se definen como un “título legal”, en el cual se le otorga al dueño la exclusividad sobre la invención que presenta por cierto límite de tiempo y en específico, brinda una protección para evitar un uso o comercialización no autorizada por su dueño (Guzmán, 2015).

Las patentes pueden ser vistas como un contrato entre el inventor y el Estado, donde el inventor paga por mantener la exclusividad sobre la patente, y al mismo tiempo la vuelve parte del conocimiento público; el Estado se encarga de brindar la protección legal para que mantenga la exclusividad sobre la invención; con ello, el Estado busca incentivar a los investigadores a investigar y comercializar sus hallazgos (Guzmán, 2015).

La principal motivación para inclinarse hacia el uso de las patentes para el estudio de especialización tecnológica se deriva de las bondades en información que proporcionan las mismas: una serie de tiempo larga, homogeneidad en los datos que favorece las comparaciones entre países, datos ordenados acorde a clase o subclase tecnológica, información complementaria como nacionalidad de los inventores, género, año de patentamiento. No es común, en la literatura especializada, encontrar investigaciones en las cuales el uso de patentes para el análisis de innovación o capacidades tecnológicas no

¹⁰ Se entiende que invención e innovación no es lo mismo. La diferencia que radica entre ambos conceptos es que una innovación es la versión comerciable de la invención; de igual forma el proceso para generar una innovación no es lineal, una invención puede ser resultado de una acumulación de innovaciones (Diaconu, 2011).

esté presente (Buesa y Molero, 1992; Molero y López, 2017; Sanz y Arias, 1998 y, Urraca, 2005).

Pese a las bondades de utilizar datos de patentes como insumo en investigaciones económicas, se deben tener en cuenta ciertas desventajas que pudiesen presentarse, como: i) el que no todas las invenciones terminan siendo patentadas; ii) diferencias en el proceso de patentamiento entre países; iii) el impacto de las patentes¹¹; iv) la disyuntiva respecto a que los datos de patentes no tienen una clasificación idéntica para todas las actividades económicas; v) que cada oficina de patentes tiene su propio marco institucional y legal; vi) la recuperación de la información de patentes se ve limitada por las solicitudes incomprensibles que algunas empresas realizan para que sus procedimientos no sean copiados; vii) el idioma en el cual están publicadas las patentes no siempre es conocido por los usuarios y, viii) las comparaciones internacionales entre oficinas no se puede realizar (Buesa y Molero, 1992 ;Diessler, 2010; Molero y López, 2017; Sanz y Arias, 1998 y, Urraca, 2005).

Actualmente las patentes son unos de los indicadores económicos más utilizados para el análisis de la innovación y la especialización tecnológica, por las ventajas anteriormente mencionadas y que difícilmente indicadores como gasto en I+D, encuestas sobre innovación y publicaciones especializadas, podrían alcanzar (Molero y López, 2017).

¹¹ Con esto nos referimos al impacto tecnológico y de investigación que se desarrolla para la generación de patentes. En ocasiones se llega a cuestionar la credibilidad de las patentes, diversos autores cuestionan que se llega a patentar solo por patentar.

1.5 Estado del Arte sobre Especialización Tecnológica

En los estudios empíricos sobre especialización tecnológica que influyeron en mayor medida dentro de esta investigación podemos encontrar análisis que estiman la especialización tecnológica de países de Latinoamérica, Europa y Asia. En el cuadro 2 se presenta un resumen técnico de dichas investigaciones.

En algunos análisis, la estimación de la especialización tecnológica como en Urraca (2005), dónde analiza mediante VTR, la especialización tecnológica de Brasil, Chile, Argentina y México con el uso de las patentes otorgadas por la EPO, seguido de calcular la convergencia tecnológica respecto a líderes tecnológicos (Estados Unidos, Francia, Japón, Reino Unido, Alemania, Suiza, Bélgica y Holanda). El indicador de distancia Chi-cuadrado, permite estimar la magnitud en la que las empresas transnacionales-ETN- fomentan competencias tecnológicas en los países.

Cuadro 2. Principales autores respecto a especialización tecnológica

Autores	Año	Objetivo	Metodología
Pavitt	1984	Patrones sectoriales tecnológicos	Datos de expertos en innovación
Malerba;Orsenigo; Peretto	1997	Percistencias de la actividad innovadora	Conceptos
Sanz; Arias	1998	Capacidades tecnológicas y perfiles de especialización	Indice H-H; chi2 y VTR.
Malerba; Mancusi; Montobbio	2001	Naturaleza de la dinámica de la ET	Modelo econométrico
Malerba; Montobbio	2003	Factores que impactan en especialización Tecnológica	Solicitudes y Citas de patentes
Urraca	2005	Especialización Tecnológica y convergencia	VTR y chi2
Diaconu	2011	Conceptualización de ET	Teórico
Maldonado	2018	Perfiles de Especialización Tecnológica	VTR
Molero; López	2018	Especialización Tecnológica	VTR

Fuente: Elaboración propia con literatura revisada

Un estudio similar es el que realiza Maldonado (2018) caracterizando la especialización tecnológica de países emergentes (Brasil, México, China e India) bajo el enfoque de capacidades y evolucionista del sistema de innovación, con el objetivo final de caracterizar los patrones de innovación entre los cuatro países. Específicamente el objetivo de la investigación citada es medir la especialización tecnológica de cada país y encontrar evidencia de los factores que inciden en dicha especialización, así como aportar al estudio de este, con el análisis y comprensión de microdatos de patentes.

En el trabajo de Sanz y Arias (1998), los autores analizan las capacidades y especialización tecnológica de las regiones españolas mediante el uso de patentes en dos fases; primero midiendo el grado de concentración de las regiones españolas en capacidades tecnológicas, y seguido de elaborar perfiles de especialización sectorial en actividades tecnológicas. En el cual descubren que únicamente, Madrid y Cataluña, tienen capacidades tecnológicas significativas en la totalidad de sus clases tecnológicas.

Un estudio reciente en el que se estiman indicadores de ET es el realizado por Molero y López (2018), en el cual los autores evalúan la especialización tecnológica sectorial de la industria española para el periodo de 1972 a 2012; utilizando como metodología el índice de ventajas tecnológicas reveladas y, como variable, las patentes otorgadas. Los factores explicativos de las ventajas y capacidades tecnológicas que impulsan la competitividad internacional se encuentran descritos dentro de los sectores industriales de cada economía.

La especialización tecnológica corresponde al rendimiento de una tecnología específica con relación a su rendimiento tecnológico internacional. El aporte principal de este trabajo es demostrar que el surgimiento de nuevos innovadores, la cooperación tecnológica y la concentración industrial en actividades innovadoras, afectan positivamente a la especialización

tecnológica. Además, muestran que la actividad tecnológica internacional es determinada por el conocimiento integrado en los sectores productivos de cada país.

En Pavitt (1984), uno de los pioneros en el estudio de Especialización tecnológica, argumenta que la especialización tecnológica es un factor importante y decisivo para el impulso de los sectores económicos de las economías desarrolladas, mejorando su posicionamiento dentro del mercado mundial.

En Malerba, Orsenigo y Peretto (1997) los autores centran su estudio en la heterogeneidad y persistencia de las actividades tecnológicas de cada empresa; para así, determinar los patrones de cambio tecnológico en los sectores industriales. En sus hallazgos determinaron que la persistencia es una variable que afecta fuertemente la actividad innovadora en los países, por lo tanto, la especialización tecnológica está determinada por su continuidad.

En el trabajo presentado por Diaconu (2011) se detalla y describe de forma simplificada los conceptos y tipos de innovación, así como definiciones de Especialización Tecnológica.

La innovación se puede interpretar como un incentivo económico que impulsa a los países a desarrollar su potencial, no solo económico, sino también científico, tecnológico y educativo. Es una herramienta que promueve la creación de bienestar económico y social. La innovación, vista en su forma específica de especialización tecnológica, nos permite conocer la dinámica y las capacidades tecnológicas de un país o países. Es muy importante su análisis por clasificaciones tecnológicas debido a la importancia de estimar las ventajas o concentración de esta; ya que es dentro de los sectores que se da la acumulación de conocimiento y capacidades tecnológicas básicas, derivadas de los vínculos entre las investigaciones científicas realizadas por las

universidades y la captación de estas aportaciones por las empresas, la inversión en I+D y la implementación de capital humano calificado.

El comercio internacional promueve la creación de ventajas tecnológicas, ya que de este intercambio de productos se favorece el intercambio de conocimientos tecnológicos que se vinculan con la acumulación de conocimiento en áreas tecnológicas y promueve la competitividad tecnológica internacional.

CAPÍTULO 2

LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

En este capítulo se esboza el panorama de la industria automotriz en México, Estados Unidos y Canadá en el marco de su producción, competencia y dinámica de innovación. Primero, de forma breve y a manera de antecedentes, se analiza el surgimiento de la industria automotriz y las innovaciones radicales dentro de la misma; posteriormente se hace una revisión del panorama de la industria automotriz y, posteriormente, exponemos las tendencias de la automotriz finalizando con la exposición de América del Norte en el sector automotriz y de autopartes.

2.1 Antecedentes de la industria automotriz

El objetivo de este apartado es el de, en primera instancia y brevemente, estudiar el origen del automóvil como medio de transporte y, posteriormente, la conformación de la industria automotriz; y cómo es que se ha posicionado como una industria fundamental en la economía mundial cuadro 3. No es nuestro objetivo hacer una revisión exhaustiva de la historia de la industria automotriz, sin embargo, consideramos necesario conocer ciertos aspectos estructurales de la misma que nos pueden ayudar a comprender de mejor manera la pertinencia de estudiar dicha industria.

La movilidad es una necesidad intrínsecamente humana. Desde el surgimiento de nuestra especie en el continente africano hace más de 300 mil años, hasta nuestros días, ha quedado explícita dicha necesidad; sin embargo, los medios para alcanzarla han ido evolucionado al paso de los años. A lo largo de la historia, la carreta o carretilla, fue el principal medio de transporte;

su origen data cuarto milenio A.C.; en América llegó en el siglo XV, traída por los españoles (Watson, 2012). Fue, hasta hace relativamente poco tiempo, ya en el siglo XVIII, que surge propiamente el automóvil; a continuación, se expone, de manera breve, el origen de dicha invención.

En 1769, al inventor francés Nicolas - Joseph Cugnot, se le atribuye la creación del primero vehículo de autopropulsión o automóvil. Por su rudimentario funcionamiento y evidente apariencia con la carreta, fue nombrado: “coche de vapor” o “carreta de vapor”; la creación de dicho carro fue un encargo del Ejército Francés para la transportación de cañones antes de la Revolución Francesa (Karwatka, 2015).

Al mismo tiempo de la creación de Cugnot en Francia, en 1769; en Inglaterra y Estados Unidos otros creadores de la época intentaron diseñar sus propios automóviles de autopropulsión. En 1789 el gobierno estadounidense otorgó la primera patente por el desarrollo de un vehículo de vapor al estadounidense Oliver Evans. En 1801, el inventor británico Richard Trevithick construyó un carruaje llamando “*London Carriage*” (Dickinson y Titley, 2010).

Entre 1885 y 1887 tuvo lugar la evolución de un carruaje a lo que se conoce actualmente como un automóvil; fue el periodo en el que Karl Benz y Gottlieb Daimler construyeron y vendieron los primeros automóviles con un motor de combustión interna; la idea inicial de Benz era la de consolidarse como productor de automóviles para la venta al público en general; su modelo

de tres ruedas logró posicionarse en el mercado; lo que se puede considerar como el nacimiento de la industria automotriz¹².

En 1899, la empresa Olds lanza al mercado 400 automóviles en un semestre, convirtiéndose en el primer fabricante en Estados Unidos. Para 1901, Benz se había convertido en el principal fabricante de automóviles en Europa, fabricando más de 2, 500 unidades en ese año.

Fue, en 1903, con la fundación de la empresa Ford, y con la aplicación de un método de producción en masa conocido como “*fordismo*” que la producción automotriz alcanzó niveles nunca vistos (para 1921, 57 por ciento de la producción automotriz mundial, correspondía al Modelo T de Ford). En 1911, Ford ya tenía plantas de producción en 9 países (Inglaterra, Argentina, Francia, España, Dinamarca, Alemania, Austria, Sudáfrica y Australia) (Triay, 1997).

El sistema fordista no sólo representó un cambio importante en la industria automotriz, sino en el conjunto del sector industrial y de la ciencia y tecnología en general¹³. El proceso de producción en serie, la dinámica salarial, la estandarización del producto y la política de precios fueron algunas de las contribuciones del fordismo para la configuración de la industria moderna (Román, 2000).

En ese proceso de transición en la producción, se conformó la industria automotriz como una de carácter internacional y pilar del desarrollo industrial y económico de los países mayormente industrializados.

¹² Consultado en: <https://www.esquirelat.com/lifestyle/historia-y-evolucion-industria-automotriz-ha-presentado-a-traves-de-tiempo/>

¹³ Consultado en: <https://periferiaactiva.files.wordpress.com/2011/09/integracion-automotriz-en-americas-del-norte.pdf>

Cuadro 3. Del automóvil a la industria automotriz

Año	Suceso
1769	Invencción del automóvil por Nicolas Cugnot
1876	Primer motor de combustión interna instalado en un automóvil
1888	Benz se convierte en el primer fabricante alemán
1903	En Estados Unidos se funda la Ford Motor Company
1908	La producción automotriz, principalmente de Ford, se internacionaliza y el modelo T se vende en todos los continentes
1910	La producción de automóviles se consolida como una industria a nivel mundial

Fuente: Elaboración propia

Desde ese entonces hasta nuestros días, no se han dejado de introducir innovaciones en todos los sentidos al automóvil; no cabe duda de que el automóvil es una de las grandes invenciones de la humanidad, prueba de ellos es que actualmente se estima que hay más de 1, 400 millones de automóviles en el planeta y se fabrican más a diario. El hecho que particularmente nos interesa resaltar es el proceso de innovación que hizo de los automóviles un bastión fundamental para el desarrollo de las sociedades humanas. El automóvil moderno es un gran caso que ilustra cómo es que los procesos de innovación han estado presentes desde las etapas iniciales de las sociedades humanas y pueden evolucionar hasta permear el funcionamiento de esta. En el siguiente apartado nos evocamos al estudio de las innovaciones radicales, definidas así por Schumpeter, en el automóvil y su conformación como una de las industrias más pujantes de la actualidad.

2.2 Naturaleza de la dinámica de la industria automotriz mundial

El sector automotriz se clasifica en el rubro de empresas/industrias intensivas en escala, de acuerdo con la taxonomía de Pavitt (1988). La industria

automotriz es un conjunto de empresas involucradas en el diseño, desarrollo, manufacturación, marketing, venta y mantenimiento de automóviles. En la industria, los departamentos de investigación y desarrollo suelen ser fundamentales debido a los requerimientos y estándares internacionales de calidad y seguridad que se ofrece a los usuarios de automóviles (Devaraj, Matta y Conlon, 2001).

Dado a que la industria automovilista cuenta con una elevada intensidad tecnológica, su competitividad internacional depende en gran medida de la capacidad de las empresas para diseñar y desarrollar productos con un alto grado de innovación (Albers, Miller, Lli, 2010).

Desde los años ochenta, la industria automotriz ha sido sujeta a enormes transformaciones que han influido enormemente en el rumbo de industrialización de los países desarrollados. La industria, desde hace algunos años, parece evolucionar hacia nuevos escenarios de innovación, tanto en el ámbito técnico/tecnológico como en el de procesos productivos, especialmente en el campo del desarrollo de nuevas tecnologías vinculadas al aprovechamiento de fuentes de energías complementarias y limpias. El desarrollo e implementación de fuentes alternativas de energía tiene un doble objetivo: por un lado, busca contribuir en la disminución de la contaminación ambiental, y por el otro, busca hacer más eficiente el rendimiento del automóvil mismo (Vliet et al, 2011). Se prevé que para el año 2030 más de la mitad de los automóviles en circulación funcionaran, fundamentalmente, mediante energía eléctrica; transformando, así, la industria en su totalidad (Nemry y Brons, 2010).

Otro aspecto importante que considerar es el carácter globalizador de la industria automotriz actual; toda la cadena de producción automotriz, desde la adquisición de insumos hasta el marketing y ventas; están insertados en la

dinámica globalizadora de la economía con el objetivo de introducir nuevos productos en los principales mercados¹⁴. A pesar de que la producción de automóviles se encuentra concentrada en países industrializados como Estados Unidos, Japón y Alemania, países emergentes como China, India y México han adquirido una importancia fundamental en la industria: en 2018 China produjo más del doble de automóviles que Estados Unidos (27.8 millones de unidades), mientras que la India y México, se posicionaron dentro de los mayores productores de automóviles, con el cuarto y sexto lugar a nivel mundial, respectivamente (García, 2019¹⁵). La utilización de una mayor especialización en la manufactura automotriz ha propiciado el surgimiento de la industria en países asiáticos como los dos mencionados anteriormente, agregando a Corea del Sur. Sin embargo, a pesar de la globalización del proceso productivo de la industria automotriz, los corporativos directivos de las principales empresas de la industria se encuentran focalizados en países industrializados; Estados Unidos y Europa, principalmente.

La competencia en el sector automotriz mundial se expresa mediante la necesidad de mejorar los productos ofrecidos en el mercado y, al mismo tiempo, enfrentar la feroz competencia entre las empresas internacionales por una mayor cuota de mercado. En los siguientes apartados abordamos la situación actual del mercado automotriz en los países que nos interesan en esta investigación.

¹⁴ Estados Unidos, Europa y Asia; principalmente.

¹⁵ <https://www.motorpasion.com.mx/industria/mexico-sexto-pais-donde-autos-se-fabrican>

2.3 Producción automotriz mundial

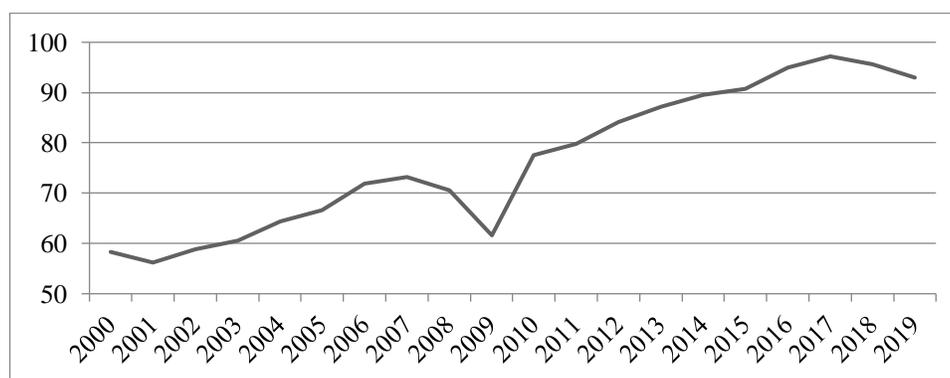
Para analizar la industria automotriz y de autopartes en esta sección de la investigación tomamos en cuenta dos aspectos de esta: la demanda y oferta de automóviles. Por el espacio de la demanda, es posible estudiar el mercado automotriz y sus diferentes estrategias competitivas entre empresas y entre países. Por el lado de la oferta es de nuestro particular interés mostrar el nivel de especialización tecnológica de la región de América del Norte, mediante la puesta en operación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), ahora Tratado México – Estados Unidos – Canadá (TMEC). A continuación, mostramos un panorama sobre el estado actual de nuestro objeto de estudio.

En el 2019, el mercado automotriz mundial registro la venta de más de 90.3 millones de vehículos; sin embargo, esta cantidad es menor a la reportada en 2017, año récord en comercialización de automóviles, cuando se vendieron más de 95 millones de automóviles (OCDE, 2019). Es decir, la industria lleva dos años seguidos disminuyendo sus niveles de ventas. Si bien la caída del 4 por ciento en las ventas del mercado automotriz mundial se ha hecho presente en la mayoría de los países, China es, en gran parte, el país responsable de dicho retroceso. China es el país que más automóviles vende en el mundo, basta con decir que más de una cuarta parte de las ventas globales de automóviles provienen del gigante asiático. En el 2019 se vendieron más de 25 millones de automóviles¹⁶ nuevos, reducción de 8.2 por ciento respecto al año anterior. Este tiene que ver, inevitablemente, con la desaceleración

¹⁶ De los cuales 91.4 por ciento fueron automóviles de pasajeros y 8.6 por ciento restante corresponde a automóviles comerciales.

económica de China de los últimos años; tras décadas de presentar un crecimiento económico acelerado (con un máximo de 10.7 por ciento en 2006) China creció entre 6.6 y 6.1 por ciento en 2018 y 2019, respectivamente (Banco Mundial, 2019). Es decir, el mayor productor de automóviles a nivel mundial presentó una desaceleración económica considerable, lo que, evidentemente, impactó de forma negativa a la industria automotriz.

Grafica 1. Producción automotriz a nivel mundial, 2000 – 2019
(Millones de unidades)



Fuente: OICA.

Al observar la gráfica 1. se vuelve evidente el argumento expuesto en el párrafo anterior. Frente a la crisis financiera, y después económica, nacida en Estados Unidos en 2008 se puede observar la drástica caída de la producción de la industria automotriz a nivel mundial; de 2008 a 2009 la producción se contrajo 12.8 por ciento, una reducción de 8.4 millones de vehículos; sin embargo, la industria tuvo una recuperación rápida al siguiente año, logrando recuperar su senda de producción, alcanzando la manufacturación de 77.5 millones de automóviles en 2010. El crecimiento de la industria continuó por siete años más hasta llegar a su punto máximo en el 2017, cuando produjo

97.2 millones de unidades; y, a partir de entonces, los siguientes dos años fueron de reducción en la producción automotriz (OICA, 2019).

La disminución en la producción y ventas automotrices está relacionada a diversos aspectos como: 1) la desaceleración económica del mayor productor mundial, mencionado anteriormente; 2) un escenario económico poco alentador para invertir, directamente o mediante la adquisición de un crédito, en la compra de un automóvil; 3) optar por otros medios de movilidad, especialmente con el resurgimiento de la bicicleta como un medio de transporte, principalmente para trayectos cortos y en el ámbito urbano (Midgley, 2011).

A pesar de que gran parte de la producción mundial de automóviles se localiza en China (29 por ciento del total), los países que continúan la lista después del país asiático son de mayor nivel de desarrollo y cuentan con un PIB per cápita mucho mayor: mientras que, para 2018, el PIB per cápita chino fue de aproximadamente \$15 mil dólares, en Estados Unidos fue 408 por ciento mayor (más de \$62 mil dólares anuales); en Alemania es 354 por ciento mayor (más de \$54 mil dólares); y Japón es 269 por ciento mayor (más de \$41 mil dólares) (Banco Mundial, 2019); lo que nos podría indicar que el funcionamiento de la industria automotriz depende de ciertas características socioeconómicas que nos ocuparan un poco más adelante.

Únicamente Estados Unidos y China produjeron el 40.8 por ciento de todos los automóviles a nivel mundial, lo que nos revela una alta concentración de la producción automovilística mundial en estos dos países; la producción combinada de Japón, India, Alemania, México y Corea del Sur alcanza el 29.1 por ciento del total, muy lejos del porcentaje que representa la producción de los dos primeros países

Cuadro 4. Países con mayor producción de automóviles, 2018

<i>País</i>	<i>Millones de unidades producidas</i>
China	27.8
Estados Unidos	11.3
Japón	9.7
India	5.2
Alemania	5.1
México	4.1
Corea del Sur	4

Fuente: Elaboración propia con información de la OICA.

La alta concentración de la producción automotriz en los países mencionados en el cuadro anterior (únicamente siete países concentran el 70 por ciento de la producción automotriz) contrasta con la participación marginal de la mayoría de los países latinoamericanos, africanos y asiáticos. Por ejemplo, en todo el continente africano se produjeron un poco más de 1.5 millones de automóviles, lo que representa una producción marginal con relación a la de los países mencionados anteriormente.

Se estima que la industria automotriz emplea directamente a más de 8.3 millones de personas a nivel mundial; indirectamente se estima que sean más de 15 millones de empleos generados por la industria (CAR, 2017). El empleo automotriz chino es el más grande de la actualidad, empleando al 19.2 por ciento del total (1.6 millones de personas, aproximadamente), seguido de Estados Unidos con el 11.4 por ciento (954 mil personas, aproximadamente) (Addley, 2017¹⁷).

El salario promedio de la industria automotriz, la cual es considerada como una que requiere de trabajo calificado (Carrillo, 1998), es de \$13.2 dólares por hora; sin embargo, los salarios promedio más elevados de la industria se

¹⁷ <https://www.fircroft.com/blogs/the-automotive-industry-employs-more-people-than-you-think-71462610395>

encuentran en Alemania, Francia y los Estados Unidos; con \$34.8, \$31.8 y \$20.8 dólares por hora, respectivamente. Únicamente tomando en cuenta los tres países mencionados, el promedio salarial incrementa a \$29.1 dólares por hora, lo que nos sugiere la concentración de los salarios más elevados en estos países. En cambio, contrastan los salarios bajos de países emergentes como Turquía, Brasil, Hungría, China y México con \$8.12, \$7.6, \$6.7, \$4.6 y \$3.8 dólares, respectivamente. Los diferenciales de salario entre países industrializados y en desarrollo explica en gran medida, la instalación de plantas automotrices o de auto partes de las empresas transnacionales.

A nivel mundial la industria representa más 6 por ciento del PIB global y más del 12 por ciento del PIB manufacturero mundial (CAR, 2018), lo que muestra la evidente importancia económica de la industria a pesar de la disminución de la producción de los últimos dos años, proceso descrito anteriormente. Los porcentajes anteriores representan cantidades absolutas enormes: el 3.5 por ciento del PIB estadounidense de 2018 representó \$71 mil millones de dólares; una cantidad equiparable al PIB completo de casi todos los países latinoamericanos¹⁸. Lo anterior nos revela la importancia y el alcance económico de la industria automotriz a nivel mundial.

2.3.1 El mercado automotriz mundial

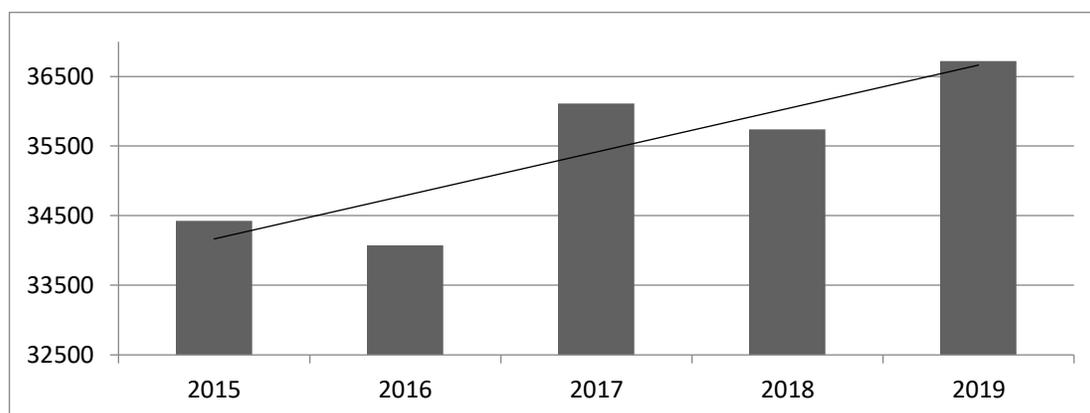
Comenzamos este apartado abordando los precios relacionados a la producción de la industria automotriz. Entre los factores fundamentales que inciden en el nivel de precios de los automóviles entre países se encuentra: los

¹⁸ Con excepción de México y Brasil.

niveles de ingreso nacional; las políticas comerciales y regulatorias de cada país; el perfil productivo característico de cada país (Ehsani et al, 2015). Y, claro es, que los precios de los automóviles dependen fuertemente del desempeño productivo de cada país (Aizcorbe, 1992). La historia de la industria automotriz nos permite comprender que, al tomar ventajas técnicas en los procesos productivos tiene como objetivo el poder ofrecer al mercado un mayor número de bienes, en este caso automóviles, a un menor precio. A menores precios, las cantidades demandadas aumentan; la función de demanda de un bien es la relación ente la cantidad demanda de un bien y su precio.

La *International Organization of Motor Vehicle Manufacturers* (OICA) estima los niveles de precios relativos de los automóviles a nivel mundial¹⁹; en el 2015 el precio promedio de automóviles de pasajeros era de un poco más de \$34 mil USD, cuatro años después, en 2019, el precio promedio de los automóviles era de más de \$36 mil USD, es decir, un incremento de 6.6 por ciento.

Grafica 2. Evolución del nivel de precios de la industria automotriz mundial



Fuente: OICA2015-2019.

¹⁹ Incluyendo el IVA y otros impuestos y pagos que debe costear el consumir final.

Sin embargo, como se puede apreciar en la gráfica anterior, el incremento del nivel de precios de la industria no ha sido constante en los últimos años; de 2015 a 2016 el nivel de precios automotrices disminuyó 1 por ciento, para después aumentar 5.9 por ciento en 2017 y posteriormente volver a disminuir 1 por ciento y aumentar 2.7 por ciento en 2018 y 2019, respectivamente (OICA, 2019).

El aumento del nivel de precios en los últimos años (como se puede apreciar en la línea de tendencia de la gráfica anterior) se puede explicar, en parte, por un ambiente económico próspero que permita a los consumidores contratar créditos para la adquisición de automóvil (Hecht, 2019; Koujianou y Verboven, 2001) y que los avances tecnológicos de los automóviles en materia de confort y seguridad han provocado que los consumidores estén dispuestos a pagar más por un automóvil. También al aumento del nivel de precios se puede explicar por la introducción de modelos eléctricos al mercado, cuyo precio es elevado al ser una nueva tecnología introducida (Randall, 2016; Zhang y Quian, 2016).

Con respecto al dinamismo comercial de la industria automotriz mundial, el volumen total de exportaciones automotrices fue de \$758.4 billones de dólares en 2019. Los automóviles representan la segunda industria con mayor valor en las exportaciones a nivel mundial, solo por debajo de la industria petrolera. Alemania, Japón, Estados Unidos y México se colocaron, en 2019, como los mayores exportadores de automóviles en el mundo; seguidos por Canadá, Corea del Sur, Bélgica y el Reino Unido (Workman, 2020²⁰).

²⁰ <http://www.worldstopexports.com/car-exports-country/>

Tal como ocurre en la esfera de la producción, las exportaciones mundiales de automóviles también se encuentran altamente concentradas en pocos países; únicamente quince países concentran el 85.5 por ciento de las exportaciones totales de automóviles. Sin embargo, en los últimos años ha habido una recomposición de los mayores exportadores de la industria: los tres primeros lugares (Alemania, Japón y Estados Unidos) han permanecido fijos en el tiempo, no han perdido o intercambiado posiciones en la jerarquía exportadora; los cambios se han dado en posiciones inferiores.

Cuadro 5. Mayores exportadores de automóviles a nivel mundial, 2019

<i>País</i>	<i>Valor de las exportaciones es billones de dólares</i>	<i>Porcentaje de participación en las exportaciones totales</i>
Alemania	142.3	18.80%
Japón	98	12.90%
Estados Unidos	56.2	7.40%
México	49.7	6.60%
Canadá	40.7	5.40%
Corea del Sur	40.5	5.30%
Bélgica	38.6	5.10%
Reino Unido	38.5	5%
España	35	4.60%
Eslovaquia	23.9	3.20%
Francia	23.6	3.10%
Republica Checa	22.6	3%
Italia	15	2%
Turquía	11.9	1.60%
Suecia	11.8	1.50%
Resto del mundo	110.1	14.50%
Total	758.4	100%

Fuente: Elaboración propia con información de la OICA.

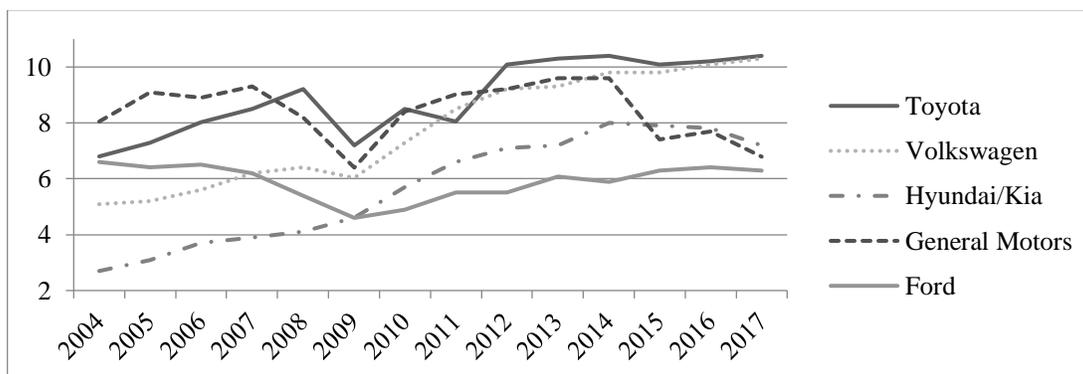
En 2015, Alemania representaba 22.7 por ciento de las exportaciones totales, Japón 13.4 por ciento y Estados Unidos 8.2 por ciento; para 2019, las participaciones se redujeron a 18.8, 12.9 y 7.4 por ciento, una reducción en conjunto de 5.2 por ciento; es decir, los tres países que lideran el ranking perdieron participación en las exportaciones mundiales.

El argumento anterior es coherente con el surgimiento de nuevas potencias en la materia; el caso mexicano es especialmente revelador: para 2015, México era el octavo país con mayores exportaciones automotrices, representando únicamente 4.9 por ciento de las exportaciones totales de la industria. Solo cuatro años después, en 2019, México ya era el cuarto país con mayores exportaciones mundiales, pasando a representar 6.6 por ciento del total; superando a España, el Reino Unido, Corea del Sur, y Canadá (OICA, 2019). Más adelante estudiamos a mayor profundidad la industria automotriz en México.

2.3.2 Las firmas automotrices en el mercado mundial

La concentración de la producción y mercado mundial de la industria automotriz se hace aún más evidente al estudiar las firmas automotrices. Únicamente diez firmas automotrices concentran el 70.5 por ciento de las ventas mundiales de automóviles en el 2019. De las firmas anteriormente mencionadas, tres son de origen japonés, tres estadounidenses, dos francesas, una alemana y una surcoreana. Las empresas a las que nos referimos, en orden de menor a mayor producción y ventas respectivamente, son: PSA, Renault, FCA, Honda, Nissan, Ford, General Motors, Hyundai/Kia, Volkswagen y Toyota (OICA, 2019).

Grafica 3. Mayores firmas automotrices por sus ventas globales (Millones de unidades vendidas)



Fuente: OICA, 2004-2017.

En la gráfica anterior se puede observar la evolución de las ventas automotrices de las principales firmas de la industria. Al inicio de la serie la firma *General Motors* se encontraba liderando las ventas globales; sin embargo, en el 2008, fue superada por Toyota, de origen nipón. Es importante anotar sobre el efecto adverso de la crisis económica de 2008 – 2009 en la industria automotriz, prácticamente todas las firmas vieron reducidas sus ventas a nivel mundial; antes de la crisis, *General Motors* era la empresa con mayores ventas, los efectos de la crisis fueron enormes para la firma estadounidense, su producción y ventas no se lograron recuperar y actualmente ocupa el cuarto lugar en ventas; algo similar ocurrió con Ford, otra empresa estadounidense, cuyas ventas mundiales pasaron de la posición tres en 2004 a la quinta en 2009. La coyuntura mundial a la que hacemos referencia fue aprovechada por las firmas de origen asiático: Toyota se posicionó como la empresa con mayores ventas mundiales y Hyundai/Kia incrementó sus ventas, logrando colocarse en la tercera posición.

Las firmas automotrices de mayor envergadura se caracterizan, también, por su amplia plantilla de trabajadores, conformada por profesionistas de

diversas índoles (principalmente relacionados con la ingeniería automotriz), personal de logística, de marketing y ventas. Las empresas Toyota, Volkswagen y Honda destacan por su nivel de empleo; las cuales cuentan, aproximadamente, con 370 mil, 304 mil y 215 mil trabajadores, respectivamente (USBLS, 2018). Otra característica de las empresas automotrices es su alto margen de ganancia debido al poder de mercado que poseen; desde 2017, Toyota es la empresa automotriz que más beneficios obtiene, en 2019 reportó beneficios superiores a los 18 MM de euros, cifra que significó un incremento de poco más del 10 por ciento respecto al año anterior. No tan lejos están los beneficios de la Volkswagen, la segunda empresa con mayores ganancias a nivel mundial, reportando beneficios superiores a los 16 MM de euros (USBLS, 2018).

Las fusiones y adquisiciones son algo común en la industria, han permitido mantener la participación en el mercado de las empresas líderes. Considerando que la industria automotriz es intensiva en I+D y de elevado costo de operación, las fusiones y adquisiciones toman sentido y están motivadas por: 1) hacer más eficiente el gasto en I+D; 2) aumentar la participación en el mercado mundial; 3) lograr posicionar cierta firma en regiones donde no lo está y, 4) disminuir costos y elevar la productividad (Cruz, 2017; Covarrubias, 2014).

A continuación, presentamos algunas de las fusiones y adquisiciones que se han dado en la industria automotriz:

- 1998: Audi, de Volkswagen, adquiere la firma italiana Automobili Lamborghini.
- 1999: Ford adquiere Volvo, de origen sueco, por 6.45 MM de euros.
- 2010: Carlos Ghosn, CEO de Renault-Nissan y Dieter Zetsche, Presidente Ejecutivo de Daimler, anuncian una alianza de cooperación que incluyó la participación mutua del 3 por ciento de ambas empresas.

En 2014 el acuerdo se extendió a compartir plataformas de fabricación de vehículos y la creación de una planta en Aguascalientes, México.

- 2012: Volkswagen toma control absoluto de Porsche y lo integra a su red de múltiples marcas.
- 2016: Toyota compra la totalidad de las acciones de su rival japonés, Daihatsu.
- 2016: Nissan adquiere 34 por ciento de participación de Mitsubishi Motors.
- 2017: General Motors vende sus firmas europeas, Opel y Vauxhall, al grupo PSA de Francia por 2.2 MM de euros.
- 2018: Mazda y Toyota anuncian la creación de una planta en Huntsville, Alabama; en 2021 Toyota tomará el control del 5 por ciento de Mazda como parte del acuerdo.
- 2018: Ford y Volkswagen firman alianza en el área de vehículos comerciales y se examina la posibilidad de un intercambio de acciones entre las empresas o transitar a una estructura de propiedad cruzada.

El gran objetivo y razón de ser de las fusiones y adquisiciones de las empresas en la industria automotriz es lograr una mayor concentración de mercado y elevar su competitividad tecnológica mundial y, por ende, incrementar el nivel de ventas (Gaiardelli et al 2007). Con el surgimiento y posicionamiento de nuevas firmas, principalmente asiáticas, se podría esperar que la tendencia a la función de empresas automotrices, principalmente estadounidenses y europeas sea al alza.

2.3.3 La investigación y desarrollo de las empresas automotrices

El proceso de desarrollo y fabricación de nuevos modelos de automóviles es complejo, requiere de periodos intensivos de investigación que resultan costosos (Thomke, 1998).

De acuerdo con el Manual de Frascati (2015), el cual agrupa a las industrias por su intensidad en inversión en I+D, la industria automotriz es clasificada como un sector de intensidad media – alta.

La OCDE define a la industria automotriz, con relación a su nivel de inversión en I+D, como: *“aquella que se compone de relativamente pocas empresas de producción en serie, pero que son apoyadas por un número mucho mayor de proveedores especializados, de la ciencia y de empresas de base tecnológica”* (OCDE, 2009). Según datos de la *National Endowment for Science, Technology and the Arts* (NESTA), organización interesada en temas de innovación a nivel global, la inversión en I+D de la industria automotriz es fundamental debido a que: *“el desarrollo tecnológico y la innovación son la única ruta viable para tener un crecimiento saludable y un futuro sostenible”* (NESTA, 2009 pp.12). Aunado a lo anterior, se considera que los niveles de inversión en I+D son un determinante para la capacidad de ofrecer innovaciones competitivas en el mercado mundial (Holweg, Davies y Podpolny, 2009).

La investigación y desarrollo en la industria automotriz es fundamental para el desarrollo de las economías a nivel mundial. La inversión en I+D en el sector automotriz ha incrementado sostenidamente en los últimos años. En el 2018, la inversión en I+D de la industria automotriz fue responsable del 18.2 por ciento del total mundial, solo superada por sectores como: electrónica y computación (24.5 por ciento) y, la industria farmacéutica (21.3 por ciento).

Europa es la región geográfica que destina un mayor porcentaje de las ventas totales de la industria a inversión en I+D; para 2018, fue alrededor de 6.2 por ciento, mientras que Japón, Estados Unidos y Corea del Sur invirtieron, en promedio 3.6 por ciento (NESTA, 2018)²¹.

Entre las 35 firmas que destinan una mayor inversión en I+D a nivel mundial, 10 son pertenecientes a la industria automotriz, siendo una prueba irrefutable del papel fundamental que tiene la investigación en dicha industria. Las empresas que más recursos invierten en I+D, de menor a mayor, son: Nissan, Fiat Chrysler, BMW, Honda, Bosch, Ford, Toyota, Daimler, General Motors y Volkswagen. En el caso de Volkswagen no solo es la firma que más invierte en investigación en la rama automotriz, sino en todo el mundo²².

Ahora bien, bajo el argumento anterior se vuelve evidente responder a una pregunta: ¿Por qué invierten las empresas automotrices en investigación y desarrollo?; como mencionamos anteriormente con relación a las fusiones y adquisiciones en la industria, las razones y objetivos de invertir en I+D consisten en generar productos innovadores que respondan a la demanda del mercado para, de ese modo, incrementar el nivel de ventas y consecuentemente el beneficio de dichas empresas. Sin embargo, en este caso, la inversión en I+D también está relacionado a otros aspectos como: la eficiencia; seguridad; mantenimiento y, utilización de fuentes de energía alterna en los automóviles. En la medida en que se incremente la

²¹ Sobre este argumento el Concilio Europeo para la Investigación y Desarrollo del Sector Automotriz (EUCAR) argumento que: “Las tecnologías revolucionarias requieren mucho tiempo para su desarrollo y pruebas, además de considerables esfuerzos de investigación y presupuestos enormes” (EUCAR, 2008).

²² Consultado en: <https://www.statista.com/statistics/566060/automotive-firms-by-research-development-spending/>

productividad, se reducirán los costos e insumos, lo que podría desembocar en empresas más eficientes y económicamente viables (Martínez, 2018).

Es decir, a pesar de que las firmas destinan la mayor parte de sus inversiones en I+D a sus necesidades comerciales y al incremento de su producción, estas inversiones también son dirigidas, dentro de la industria automotriz, a otras causas como mejorar los estándares de vida de la población, reducir significativamente la contaminación ambiental y apostar por la transformación de la industria hacia una con mayor sostenibilidad ambiental (Martínez, 2018). En pocas palabras, la inversión en I+D en sectores productivos fundamentales para la economía, como lo es la industria automotriz, fomenta el desarrollo productivo y tecnológico de un país a partir de los alcances de la ciencia, la tecnología y la innovación; promoviendo, así mismo, el desarrollo de la sociedad en general.

2.3.4 Cambio de paradigmas en el sector automotriz: innovaciones radicales

Schumpeter (1942) argumenta que son las innovaciones radicales las capaces de provocar cambios estructurales en la economía y sociedad en general. En ese sentido, identificamos las innovaciones radicales que se han implementado en el automóvil desde su creación hasta la actualidad. A continuación, enlistamos las innovaciones radicales que han transformado el automóvil y la industria automotriz.

En los siguientes cuadros exponemos las innovaciones que transformaron la industria automotriz; siguiendo el contexto schumpeteriano, clasificamos las innovaciones entre innovaciones tecnológicas del producto, las cuales se traducen en la producción y comercialización de nuevos bienes y las mejoras

técnicas de los mismos; y las innovaciones tecnológicas de proceso, las cuales son la implementación de procesos de producción nuevos o mejorados.

Cuadro 6. Innovaciones tecnológicas de proceso en la industria automotriz.

Fordismo: el fordismo promovió la evolución de la estructura industrial para lograr reducir los costos de producción a través de la expansión del mercado; es decir, si se produce una mercancía en mayores volúmenes su costo de producción se verá reducido y, por ende, el precio de dicha mercancía bajará, siendo accesible a una mayor parte de la población. Esa es una de las características fundamentales del fordismo: apostar a la expansión del mercado mediante la disminución de los precios para lograr que las clases medias adquieran el producto. Para la década de los años veinte, Ford ya era uno de los empleadores más grandes de Estados Unidos y una de las empresas más reconocidas en el país. La producción del Ford T continuó hasta el año 1927; producción que alcanzó más de 15 millones de unidades.

Ha mediado del Siglo XX la economía estadounidense se encontraba en un periodo de expansión, escenario que le permitió tener una industria automotriz dinámica superando el volumen de producción de toda Europa. Estados Unidos se convierte en el epicentro de la producción y la innovación automotriz.

Posfordismo: es una estructura de producción que surge a principios de los setentas y se caracteriza, a diferencia del fordismo, por no producir bienes genéricos, sino que se enfoca en la producción de bienes orientados a diferentes grupos de consumidores tomando en cuenta las preferencias de los consumidores. En lugar de producir solo un artículo en masa se invirtió en maquinaria que tenga la capacidad y flexibilidad de transformarse dependiendo de la demanda del mercado.

Toyotismo: es un sistema de producción fundamental en la industria japonesa que desplazo al fordismo a mediados de los años setentas y principios de los ochentas. Las innovaciones del ingeniero Taiichi Ohno aplicadas en la empresa Toyota se caracterizan por: 1) fabricación de varios productos diferenciados en bajas cantidades (a diferencia del fordismo que producía un solo producto en grandes cantidades), 2) adaptación de la producción a la demanda: producir lo justo y necesario, 3) la automatización: el desplazamiento del trabajo humano por maquinaria capaz de reducir los desperdicios y fallos en el proceso productivo.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 7. Innovaciones tecnológicas de producto en la industria automotriz.

En 1789 el gobierno estadounidense otorgó la primera patente por el desarrollo de un vehículo de vapor al estadounidense Oliver Evans. En 1801, el inventor británico Richard Trevithick construyó un carruaje llamando “London Carriage”.

Entre 1885 y 1887 tuvo lugar la evolución de un carruaje a lo que se conoce actualmente como un automóvil; fue el periodo en el que Karl Benz y Gottlieb Daimler construyeron y vendieron los primeros automóviles con un motor de combustión interna; lo que se puede considerar como el nacimiento de la industria automotriz.

En 1899, la empresa Olds lanza al mercado 400 automóviles en un semestre, convirtiéndose en el primer fabricante en Estados Unidos. Para 1901, Benz se había convertido en el principal fabricante de automóviles en Europa, fabricando más de 2, 500 unidades en ese año

Después de la década de los años cincuenta la evolución tecnológica de los automóviles se hacía cada vez más evidente. Los automóviles comenzaron a ser más valorados por la población debido a que las innovaciones, además de ser en materia mecánica (mejorías en los motores, principalmente), comenzaron a ser la materia de confort y estética.

A partir de la década de los setentas el desarrollo ingenieril de la industria automotriz dio un gran salto al construir automóviles cada vez más rápidos y seguros: al verse incrementada la cantidad de automóviles en circulación, los accidentes de tránsito eran cada vez más frecuentes y graves, por lo que las firmas de la industria comenzaron a innovar en cuestiones relacionadas a la seguridad del automóvil. Surgieron los cinturones de seguridad y las bolsas de aire, acompañados de sistemas de frenado más eficientes como el Sistema Antibloqueo de frenos (ABS).

Desde la década de los noventas la electrónica tiene un papel más importante en la estructura del automóvil y, como una preocupación por reducir el daño ambiental, la industria automotriz actual se encuentra desarrollando alternativas de automóviles eléctricos y de funcionamiento a base de hidrogeno

Fuente: Elaboración propia.

Todas las innovaciones radicales mencionadas influyeron en la dirección científica y comercial de la industria automotriz; e hicieron necesario profundizar en la investigación con el objetivo de desarrollar nuevos y mejores productos. Las innovaciones radicales expuestas dieron pie a la conformación y posicionamiento de nuevas industrias o subsectores dentro de la industria, como es el caso de la siderurgia en la fabricación de la carrocería, escapes y algunas partes del motor; la industria del plástico, involucrada en las manijas, tapetes, interruptores, bolsas de aire, etc.; y la industria de hule, relacionada principalmente con la fabricación de los neumáticos, limpiaparabrisas, mangueras y demás componentes del vehículo.

2.3.5 El nuevo paradigma en la industria automotriz

En la actualidad, los progresos tecnológicos de la industria automotriz se enfrentan a un cambio de paradigma, el cual está basado en el diseño y desarrollo de alternativas más eficientes y capaces de utilizar fuentes de energía alternas con el objetivo de disminuir significativamente el impacto ambiental de la industria. Este cambio de paradigma exige incrementar los niveles de inversión en I+D para el desarrollo de automóviles con las características demandadas por el mercado (Aggeri, Elmquist y Pohl, 2009; Gunther, Kannegiesser y Auntenrieb, 2015).

Se estima que para el año 2040, 60 por ciento de los automóviles que circulen a nivel mundial serán impulsados por energía eléctrica, en lugar de por un motor de combustión interna (BNEF, 2017), actualmente 1 de cada 10 vehículos adoptan motores eléctricos o híbridos. Este escenario se vislumbra debido a que el precio de los vehículos eléctricos está disminuyendo más rápido de lo esperado debido a la inclusión de materiales y baterías más

económicas y a la promoción de políticas energéticas que promueven el uso de vehículos de cero emisiones, principalmente en Europa y China (Beggs, 1981).

La naciente industria de automóviles eléctricos, aunque se posiciona a un ritmo constante, enfrenta diversas dificultades; como los aún altos precios que los automóviles eléctricos alcanzan el mercado, la falta de incentivos fiscales para la utilización de un auto eléctrico, y la escasa (o nula) infraestructura, pública o privada, necesaria para el funcionamiento del transporte (principalmente centros de carga).

La industria automotriz está actuando frente a cuatro “*fuerzas*” recientes: la electrificación (descrita en los párrafos anteriores), la movilidad compartida, el desarrollo e innovación tecnológica y la entrada de nueva competencia (Morales, 2019). El ejemplo perfecto es la empresa Tesla, fundada en 2003 y ubicada en *Silicon Valley* en California, que con pocos años en la industria se ha convertido en el referente en cuanto a la tecnología eléctrica automotriz se refiere; a pesar de que su producción es marginal respecto a las empresas líderes actuales, su crecimiento, en 2019, fue 50 por ciento superior al del año pasado, siendo de más de 360 mil unidades²³.

Es cuestión de tiempo para que los automóviles electrónicos dominen el panorama de la industria; es vital, para las empresas más antiguas, tener la capacidad de innovación para adaptarse al cambio generalizado en la industria; de ello depende su permanencia en la misma.

²³ Consultado en: <https://ir.tesla.com/press-release/tesla-q2-2020-vehicle-production-deliveries>

2.4 La industria automotriz en América del Norte

En este apartado, se expone la evolución de la industria automotriz en la región de América del Norte; iniciando, con un breve contexto referido a las implicaciones legales del TLCAN en la industria automotriz.

2.4.1 Industria automotriz en el TLCAN

El TLCAN surgió, en parte, de la necesidad del sector empresarial automotriz por expandir y fortalecer al sector (Castellanos, 2016). Dentro de las negociaciones del TLCAN, el apartado referido a la IA fue uno de los más importantes; debido a las expectativas de desarrollo del sector en la región (Carbajal y del Moral, 2014).

El proceso de incorporación de México, Estados Unidos y Canadá en la industria automotriz tiene como antecedente al Acuerdo de Productos Automotrices (APTA)²⁴, firmado por Estados Unidos y Canadá en 1965; con el cual, se buscaba reducir los costos de transacción asociados al comercio de la industria entre estas dos naciones; los objetivos que perseguía este acuerdo fueron dos: por un lado, disminuir los costos de producción en Canadá y, por el otro, reducir el precio de los automóviles (Fuss, M y Waverman, L; 1986)

La integración de la industria automotriz mexicana a la dinámica comercial de América del Norte comenzó en los años 80; y se debió a las características del aparato productivo mexicano: ubicación geográfica, bajos salarios, personal calificado y proveedor de empresas transnacionales norteamericanas;

²⁴ Para más información respecto al tema consultar: <https://www.nber.org/papers/w1953>

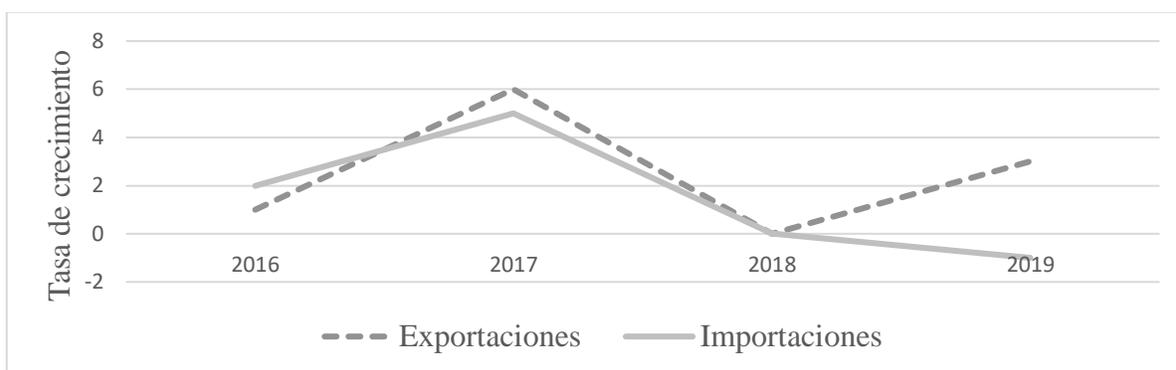
estas, fueron condiciones que motivaron el surgimiento de un marco regulatorio en el cual cada país adquiriera compromisos para impulsar el desarrollo del sector en la región (Carbajal y del Moral, 2014). De esa manera, el TLCAN funge como mecanismo institucional que integra a la industria automotriz en México, Estados Unidos y Canadá.

En general, los objetivos que perseguía el TLCAN en materia automotriz fueron: “i) *eliminación de tarifas arancelarias en todos los bienes automotrices*; ii) *nuevas reglas de origen*; iii) *eliminación del decreto automotriz y de otras restricciones mexicanas* y, iv) *eliminaciones de restricciones sobre la importación de autos usados*”²⁵. De los cuales, las desgravaciones arancelarias establecían que México, en el primer año, reduciría 6.5 por ciento de sus restricciones a las importaciones provenientes de Canadá y Estados Unidos, llegando a 100 por ciento para el año 2004; por su parte, Estados Unidos y Canadá, a la entrada en vigor del tratado, eliminaron los aranceles sobre vehículos de pasajeros; respecto a los camiones ligeros redujeron los aranceles en 1994, de 25 a 10 por ciento, para, en un periodo de cinco años eliminarlos por completo (Carbajal y del Moral, 2014; SICE, 2020).

La entrada en vigor del TLCAN a mediados de los años 90 representó una estructura legal e institucional en la que los sectores automotrices de los países de América del Norte se vieron integrados productiva y comercialmente; trayendo consigo un mayor vínculo económico no sólo en esa industria, sino en la totalidad del aparato productivo de la región.

²⁵ Consultado en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mec/fernandez_d_ao/capitulo2.pdf

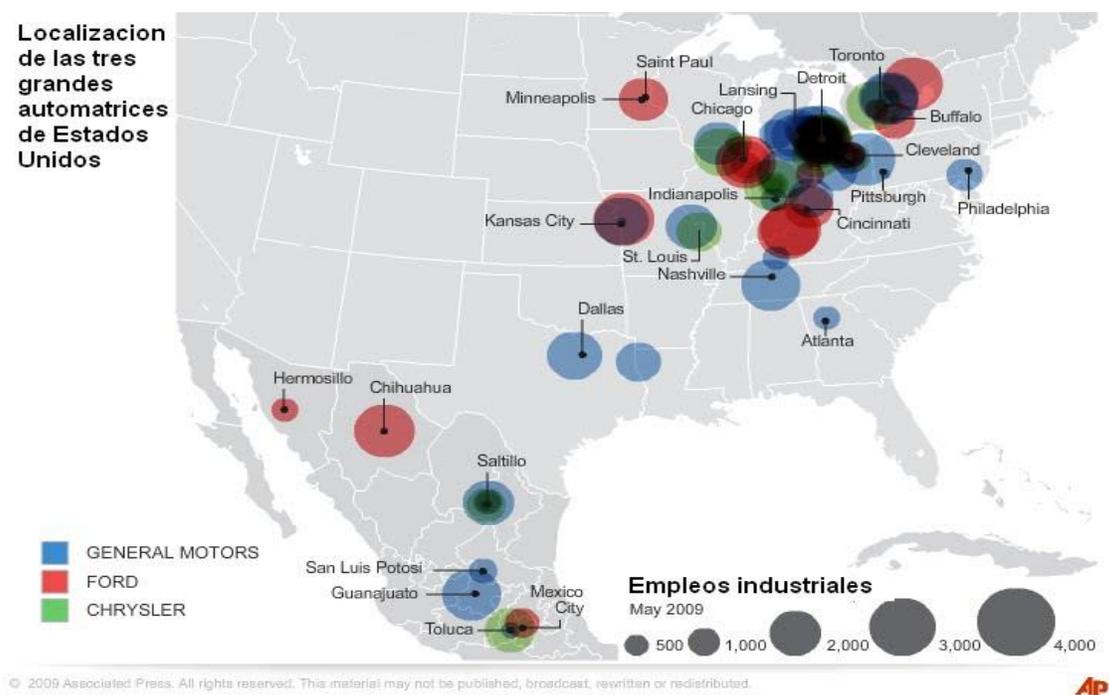
Gráfica 4. Tasa de crecimiento de las importaciones y exportaciones de la industria automotriz de América del Norte, 2016-2019



Fuente: Estimaciones ITC con base en estadísticas Comtrade, Naciones Unidas

En la gráfica anterior se muestra el comportamiento exportador e importador de la región de América del Norte en los últimos años. Se puede apreciar que, de 2016 a 2017, en nivel exportador de la región aumento en 4 puntos porcentuales; sin embargo, para 2018, la tasa de crecimiento fue de 0 por ciento, volviendo a crecer al 3 por ciento para 2019. La dinámica importadora tuvo un comportamiento similar, siendo el año 2017, el de mayor crecimiento. De la misma manera, para el 2018, la tasa de crecimiento de las importaciones fue de 0 para pasar a ser de -1 por ciento en 2019; es decir, las importaciones automotrices de la región decrecieron. El argumento detrás de esta dinámica comercial es la incorporación de China como mayor productor automotriz, la cual ha repercutido en las relaciones comerciales de los países norteamericanos (Dussel Peters y Gallagher, 2013). La retórica del presidente Trump por gravar en mayor medida a los productos chinos, lo que en parte explica la caída en el nivel importador de la industria automotriz a partir del 2018; de hecho, durante el gobierno de Trump, las ganancias del sector automotriz se redujeron 65.2 por ciento del 2017 al 2018 (BEA, 2018).

Imagen 1. Localización de las principales empresas automotrices de Estados Unidos en América del Norte.



Fuente: Tercer Espacio, 2009.

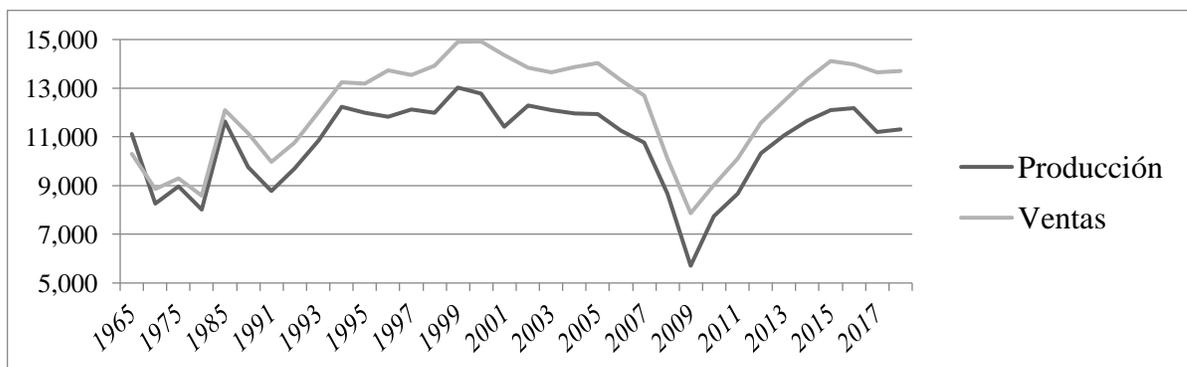
En la imagen anterior se puede observar la localización de las plantas automotrices de las “*Big Three*” (General Motors, Ford y Chrysler) en la región norteamericana. En la geografía mexicana, estas plantas se focalizan, principalmente, en el norte y, más recientemente, en el centro del territorio; específicamente en entidades de la región del Bajío, como: Guanajuato y San Luis Potosí. En los casos de Estados Unidos y Canadá es notoria la concentración de las plantas en la costa este; ciudades como Pittsburgh, Detroit, Philadelphia, Cleveland, Buffalo, Cincinnati y las canadienses Toronto, Ottawa, Montreal y Quebec, concentran el mayor número de plantas productoras y empleos en la región.

2.4.2 Estados Unidos y Canadá

A lo largo de este capítulo se mencionó el panorama estadounidense en diversas ocasiones, resulta obvio al ser un país fundamental para entender la dinámica y el funcionamiento de la industria automotriz. Sin embargo, en este apartado nos evocamos a estudiar específicamente el impacto económico de la industria en la economía estadounidense y en su vecino del norte: Canadá.

La industria automotriz es una de las industrias más importantes para la economía estadounidense; de acuerdo con estadísticas del *Center for Automotive Research* (CAR) la industria automotriz representó, en 2018, el 3.5 por ciento del PIB estadounidense y más de 18 por ciento del PIB manufacturero del mismo país. La industria emplea directamente al alrededor de 1.7 millones de personas; involucradas en el diseño, ingeniería, manufacturación, ensamblaje, marketing y ventas de vehículos nuevos.

Grafica 5. Producción y ventas automotrices en Estados Unidos, 1965 – 2018 (Millones de unidades)



Fuente: *Bureau of Transportation Statistics*.

La grafica anterior muestra la evolución de la producción y ventas de automóviles nuevos en Estados Unidos. Podemos observar que al inicio de la

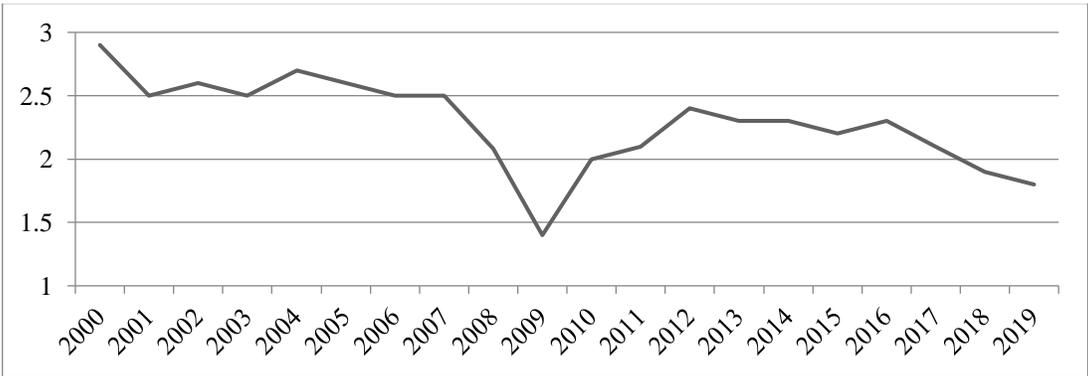
década de los noventas, al inicio de los años 2000 y la crisis económica de 2008 – 2009 representaron retrocesos considerables en la producción y venta de automóviles en Estados Unidos; de hecho, como consecuencia de la crisis de la década pasada, los niveles de producción y ventas alcanzaron mínimos históricos, produciendo únicamente 8.6 millones de automóviles en 2008, 5.7 en 2009 y 7.7 en 2010; los niveles de producción anteriores a la crisis (en el 2007) fueron alcanzados hasta el 2012; es decir, la crisis económica del 2008 – 2009 representó un retroceso de 5 años en cuanto a la producción automotriz estadounidense se refiere. Posteriormente, de 2012 a 2016, la producción de automóviles creció a una tasa promedio anual 4.2 por ciento, alcanzando el punto máximo de 12.1 millones de unidades en 2016. Los siguientes dos años, 2017 y 2018, han representado una disminución en la producción y ventas de automóviles en Estados Unidos, esto se debe a diversas razones (abordadas en páginas anteriores) como la desaceleración económica china, los cambios en las preferencias de movilidad de los usuarios y la dificultad de acceso a crédito para la adquisición de un automóvil.

En la gráfica se puede observar que el nivel de ventas automotrices se encuentra por encima del nivel de producción, lo que significa que parte de los automóviles vendidos en Estados Unidos son importados. Los automóviles representan 8.3 por ciento de las importaciones estadounidenses totales, la mayoría de ellos provenientes de China, México, Japón, Canadá y Alemania. El actual presidente estadounidense, Donald Trump, amenazó con imponer una tarifa extra de 25 por ciento a los automóviles y autopartes importadas por los Estados Unidos; medida nacionalista con el objetivo de “proteger” la industria nacional y promover el consumo nacional. Los países que más automóviles importan a Estados Unidos son: Japón (22.2 por ciento del total),

México (21.2 por ciento), Canadá (21.1 por ciento) y Alemania (10.1 por ciento).

Canadá es el noveno país con mayor producción automotriz a nivel mundial y el quinto país con mayores exportaciones, representando 5.4 por ciento de las exportaciones totales de la industria. Toyota, Honda, Ford, General Motors y FCA tienen plantas en Canadá (ubicadas principalmente en la región de los Grandes Lagos) donde, en 2018, se produjeron poco más de 2 millones de automóviles (OICA, 2018). La industria automotriz canadiense representa 10 por ciento del PIB manufacturero.

Grafica 6. Producción automotriz en Canadá, 2000 – 2019 (Millones de unidades)



Fuente: Bureau of Transportation Statistics.

La Gran Recesión representó una enorme caída para la producción automotriz canadiense, disminuyendo 32.6 por ciento de 2008 a 2009; antes de las crisis, en 2007, la producción era de 2.5 millones de unidades, y, en 2012 la producción alcanzó 2.4 millones de unidades, nivel inferior al anterior de la crisis.

La *Canadian Vehicle Manufacturers Association* (CVMA) reporta que, en 2018, la industria automotriz aportó 20 MM de dólares al PIB canadiense de

ese año, 8.2 por ciento del total. El 20 por ciento del PIB de Ontario está relacionado con la manufacturación automotriz. La industria automotriz canadiense empleó, en el 2018, directamente a más de 130 mil personas e indirectamente a más de 500 mil.

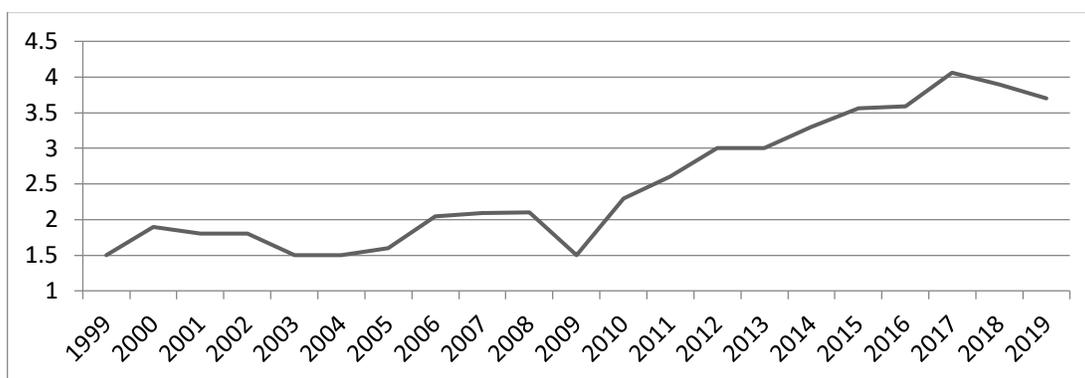
Como ha quedado explicito, tanto en Estados Unidos como en Canadá, la IA es fundamental para la economía; la dinámica automotriz de estos países, junto con la industria mexicana, está determinada en gran parte por el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, como vimos al inicio de este apartado.

2.4.3 México

En México, la industria automotriz es de vital importancia; ya que es el sexto productor mundial de automóviles. En 2018, la IA representó 3.6 por ciento del PIB nacional y alrededor del 18.3 por ciento del PIB manufacturero (INEGI, 2018).

México es uno de los países más prolíficos en la producción automotriz, alcanzando la sexta posición a nivel mundial; en 2018 se produjeron más de 4.1 millones de automóviles; la producción mexicana solo es superada por China, Estados Unidos, Japón, India y Alemania.

Grafica 7. Producción automotriz en México, 1999 – 2019 (Millones de unidades)



Fuente: INEGI.

La crisis económica de 2008 – 2009 representó una disminución del 28.5 por ciento en la producción automotriz mexicana, situándose en el nivel de 2004; sin embargo, para 2010, con la crisis aparentemente superada, la producción se recuperó. El punto máximo de la serie se dio en el 2017, cuando se produjeron más de 4 millones de unidades. En los últimos dos años, y al igual que la tendencia mundial, la producción automotriz mexicana ha disminuido, principalmente por el componente incremental de la competencia china.

En cuanto a la capacidad exportadora mexicana; para 2018, México desplazó al Reino Unido y Canadá y se posicionó en el cuarto lugar entre los mayores exportadores automotrices del mundo, solo por debajo de Alemania, Japón y Estados Unidos. Las exportaciones de la industria tienen como principales destinos los mercados estadounidenses y canadienses.

Según información del INEGI, la industria automotriz mexicana emplea directamente a más de 900 mil personas; lo que es, aproximadamente, 20 por ciento del empleo manufacturero; se estima que la industria emplea indirectamente a más de 500 mil personas. Las personas empleadas participan

principalmente en la fabricación de carrocerías y autopartes para la manufacturación de automóviles.

Vicencio (2007) identifica la evolución de la industria automotriz mexicana en seis fases:

- Fase 1 (1925 – 1960): En 1925 Ford había instalado dos líneas de ensamblaje en México; General Motors hizo lo propio en 1935 y Automex (Posteriormente Chrysler) en 1938. Este periodo se caracteriza por una inversión mínima en el sector, falta de infraestructura y, por ende, operar con una productividad baja. Fue hasta después del segundo conflicto bélico mundial que la industrialización del país tuvo un fuerte impulso, impactando, evidentemente, a la industria automotriz.
- Fase 2: (1962 – 1976): En 1962 se emite el primer decreto automotriz, con lo que sientan las bases de la industria automotriz en el país²⁶. Las principales empresas automotrices de esos años empezaron a invertir en México: en 1964 Volkswagen instala una planta de ensamblaje en el Estado de México y posteriormente la traslada a Puebla; en el mismo año Ford instala dos plantas también en el Estado de México y Chrysler en Toluca.

La producción automotriz se elevó considerablemente, pasando de producir casi 97 mil unidades en 1965 a 250 mil en 1970. Sin embargo, la industria seguía operando con bajos niveles de productividad y altos costos de operación, ya que: *“la falta de competitividad internacional*

²⁶ Dicho decreto incluía, principalmente, medidas para proteger el mercado interno con medidas como: limitar las importaciones de vehículos, autopartes y motores; limitar a un 40% el capital extranjero en las inversiones de las empresas automotrices; establecer un control de precios

no era un factor de preocupación para los dirigentes de esa época” (Vicencio, 2007 p. 216).

- Fase 3 (1977 – 1989): A partir de 1972 el gobierno mexicano promovió nuevas políticas regulatorias en la industria con el objetivo de mejorar el desempeño productivo del creciente sector automotriz nacional. La crisis de la balanza de pagos hizo evidente que la industria debía reestructurarse en búsqueda de mayores niveles de productividad y competitividad. Con el descubrimiento de nuevos yacimientos petroleros el ambiente internacional favoreció a México, atrayendo inversiones foráneas apuntalando a México como país exportador.

Con la creciente competencia en los mercados internacionales, principalmente japonesa, las empresas estadounidenses instaladas en el país incrementaron sus inversiones, en la región norte del país: en 1981, General Motors y Chrysler instalaron plantas de motores y ensamblaje en Ramos Arizpe, Coahuila, y Ford en Chihuahua y Sonora.

Las exportaciones de automóviles comenzaron a crecer y, debido al derrame tecnológico de la industria, la competitividad de la industria nacional aumentó. Una característica de este proceso de creación de nuevas plantas y el requerimiento de trabajadores mejor calificados, cuyo salario estaba por arriba del promedio manufacturero.

- Fase 4 (1990 – 1993): Con el crecimiento del mercado internacional, y con el esquema de globalización adoptado, se optó por la desregulación del sector automotriz, con el objetivo de modernizar y acelerar el ritmo de las inversiones extranjeras en la industria.

Con el “Decreto para la modernización y promoción de la industria automotriz” publicado en 1989, queda explícita la posibilidad de importar automóviles por primera vez desde 1962 *“siempre y cuando la*

industria terminal mantuviera un saldo positivo en su balanza comercial” (Vicencio, 2007 p. 220). Lo anterior promovió que, para 1993, 20 por ciento de los automóviles que circulaban en México fueran importados.

- Fase 5: Con la puesta en operación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), la industria comienza una transformación completamente contraria al proteccionismo de años anteriores y volcado a un interés en el mercado mundial.

Tanto para México, como Estados Unidos y Canadá; las negociaciones respecto al sector automotriz son fundamentales debido a la importancia económica de la industria en los tres países, como vimos anteriormente. El punto principal del tratado comercial con respecto a la industria automotriz consistió en reducir sustancialmente las tarifas arancelarias, siendo de apenas del 3 por ciento en 1998.

- Fase 6: En diciembre de 2003 se publicó el “Decreto para el apoyo de la competitivas de la industria automotriz terminal y el impulso al desarrollo del mercado interno de automóviles”, el cual promovía políticas en pro del incremento de la competitividad de sector²⁷.

Para esos años era evidente el impulso que la industria tuvo con la firma del TLCAN, lo cual quedó explícito con la apertura de diversas plantas productoras en el país: Toyota abrió una planta de operaciones en Baja California, Nissan en Aguascalientes y Volkswagen amplió sus operaciones en Puebla.

²⁷ Las principales aportaciones de decreto fueron en materia comercial, principalmente para la estimulación de nuevas inversiones en la instalación productiva del país y la disminución de costos arancelarios (Vicencio, 2007).

Las firmas con mayor posicionamiento en el mercado mexicano (2019) son, de menor a mayor: Volkswagen, General Motors y Nissan. Volkswagen representa 13.6 por ciento (más de 87 mil unidades) del mercado nacional, General Motors 15.6 por ciento (más de 99 mil unidades) y Nissan 20.6 por ciento (más de 131 mil unidades); únicamente estas tres empresas representan la mitad (49.8 por ciento) de la totalidad del mercado nacional (INEGI, 2019).

En cuanto a modelos específicos; los diez modelos automotrices más vendidos (2019) en México son: Nissan Versa (40.7 mil unidades), Chevrolet (GM) Aveo (32.5 mil unidades), Nissan NP300 (29.6 mil unidades), Nissan March (26 mil unidades), Volkswagen Vento (23.7 mil unidades), Chevrolet (GM) Beat NB (22.2 mil unidades), Volkswagen Jetta (14 mil unidades), Nissan Sentra (12.7 mil unidades), Chevrolet (GM) Beat (12.5 mil unidades) y Kia Rio Sedán (11.5 mil unidades) (INEGI, 2019).

Actualmente existen 20 plantas manufactureras automotrices en 14 entidades federativas del país; algunas de esas plantas, como la de BMW en San Luis Potosí y la de Kia Motors en 2016, son las de mayor nivel tecnológico de toda América Latina, cuadro 3.

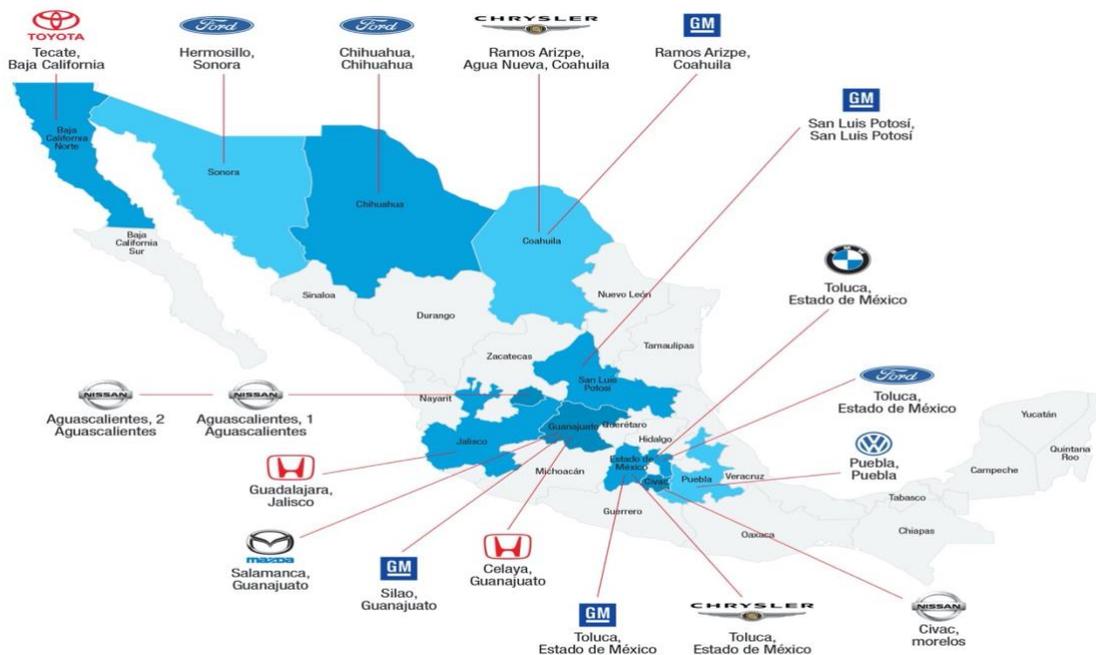
La dinámica productora de la industria automotriz se encuentra focalizada esencialmente en el norte y el centro de país, imagen 2, tomando como referencia las macro regiones socioeconómicas del INEGI, de las 20 plantas automotrices del país, 5 se encuentran en estados de la región Norte: Coahuila, Sonora, Nuevo León y Baja California; y el resto en entidades de la región Centro: San Luis Potosí, Estado de México, Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes, Morelos y Puebla. La región Sur del país está completamente excluida de la dinámica productiva de la industria automotriz nacional (INEGI, 2019).

Cuadro 8. Plantas automotrices en México

<i>Empresa</i>	<i>Entidad federativa</i>	<i>Ciudad</i>	<i>Año de fundación</i>
BMW	San Luis Potosí	San Luis Potosí	2019
FCA	Coahuila	Saltillo	2013
	Estado de México	Toluca	2011
Ford	Sonora	Hermosillo	1983
	Estado de México	Cuatitlán	1964
General Motors	Coahuila	Ramos Arizpe	1981
	Guanajuato	Silao	1994
	San Luis Potosí	San Luis Potosí	2008
Honda	Jalisco	El Salto	1995
	Guanajuato	Celaya	2014
Kia Motors	Nuevo León	Pesquerías	2016
Mazda	Guanajuato	Salamanca	2013
Nissan	Aguascalientes	Aguascalientes	1982
	Aguascalientes	Aguascalientes	2013
	Morelos	Cuernavaca	1966
Nissan/Daimler	Aguascalientes	Aguascalientes	2017
Toyota	Baja California	Tecate	2004
	Guanajuato	Apaseo el Grande	2019
Volkswagen	Puebla	Puebla	1966
	Puebla	San José Chiapa	2016

Fuente: Elaboración propia con información de la CEPAL.

Imagen 2. Empresas automotrices en México



Fuente: Modern Machine, 2019.

La actualidad de la industria automotriz en la región de América del Norte se encuentra en una reestructuración debido al reemplazo del TLCAN, tras 26 años de operación, por el Tratado México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC). La diferencia fundamental entre ambos tratados es el incremento de contenido local en la fabricación automotriz, pasando del 62.5 por ciento al 69 por ciento en 2021 y alcanzando 75 por ciento en 2023. Otro de los cambios del Tratado establece que 40 por ciento del valor agregado de los automóviles deberá incorporarse en zonas donde se ofrezcan salarios mayores a \$16 dólares por hora, esto con el objetivo de cumplir con los estándares laborales de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), principalmente impulsar la erradicación de la precarización laboral (Ruiz, 2019; Puyana, 2020; OIT, 2019).

La industria automotriz de la región se enfrenta a una coyuntura estructural, cuyo funcionamiento depende de los acuerdos alcanzados para hacer frente a la creciente competencia mundial, principalmente de origen asiático.

CAPÍTULO 3

ESPECIALIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN MÉXICO, ESTADOS UNIDOS Y CANADÁ.

El presente capítulo se divide en dos apartados: el primero de ellos estudia las ventajas tecnológicas reveladas de México, Estados Unidos y Canadá para las subclases asociadas a la industria automotriz y, el segundo, a los factores relacionados a dichas ventajas. Estos apartados tienen como propósito desarrollar el análisis empírico de la investigación.

3.1 Ventajas Tecnológicas Reveladas

Este tercer capítulo tiene como objetivo el contrastar las hipótesis que han sido planteadas al inicio de esta investigación respecto a las ventajas tecnológicas reveladas de México, Estados Unidos y Canadá en la IA y de autopartes. Comenzaremos con una descripción de la base de datos y la fuente de información utilizada para la elaboración de los IVTR; en la segunda sección, se detalla la metodología propuesta para la estimación de los índices, así como la exposición algebraica de la misma; el tercer apartado se evoca a examinar el comportamiento de los países de la región de América del Norte respecto a las patentes otorgadas por la USPTO para las subclases tecnológicas utilizadas en esta investigación. Por último, se presentarán los resultados obtenidos de los índices de VTR, para así determinar las clases tecnológicas en las que México, Estados Unidos y Canadá presentan ventajas.

3.1.2 Base de Datos y Fuentes de Información

Con relación a los objetivos de esta investigación, los insumos utilizados para corroborar las hipótesis planteadas fueron las patentes otorgadas a agentes de México, Estados Unidos y Canadá de 1994 a 2015 por la United States Patent and Trademark Office (USPTO).

La base de datos consta de 29 subclases tecnológicas, las cuales se obtuvieron de la clasificación tecnológica para transportes; clasificación que incluye clases referidas a maquinaria industrial, ascensores, transporte de carga férreo, aéreo y aeronáutica; por lo que se determinó utilizar solo las subclases que estuvieran relacionadas con el sector automotriz y de autopartes: de un total de 100 subclases tecnológicas, en esta investigación se utilizan 29.

Para la estimación de los índices de VTR la fuente de información consultada fue la USPTO, la cual funge como una oficina del Departamento de Comercio de Estados Unidos, y es la encargada de otorgar los títulos de propiedad intelectual y patentes a inventores y empresas en todo el mundo. Se decidió utilizar las patentes otorgadas por esta dependencia debido a que es la oficina internacional con información disponible tanto para México, como para Canadá; además de ser una de las oficinas de patentes más grandes del mundo y, de esta forma, se vuelve un gran referente para realizar comparaciones entre países (Maldonado, 2018).

Para facilitar la descripción de las clases tecnológicas, se retoman 9 sistemas básicos de los que se compone un automóvil ²⁸y en los cuales se inscriben las clases referidas. A continuación, se presentan, las 29

²⁸ Se presenta en el Anexo Estadístico

clasificaciones tecnológicas, así como la definición de cada una de ellas; acompañado del respectivo sistema automotriz en el cual se ubicó.

Cuadro 9. Clases Tecnológicas y clasificación básica automotriz

<i>Clase Tecnológica</i>	<i>Definición</i>	<i>Sistema</i>
16	Herrajes diversos	Carrocería y chasis
60	Plantas de energía	Eléctrico
73	Medición y prueba	Inteligencia artificial
74	Elementos o Mecanismos de Máquina	Motor
123	Motor de combustión interna	Motor
152	Neumáticos y ruedas resistentes	Rines, llantas y frenos
180	Vehículos de motor	Motor
188	Frenos	Rines, llantas y frenos
191	Electricidad: transmisión a vehículos	Transmisión
192	Embragues y control de parada de potencia	Rines, llantas y frenos
224	Portadores de paquetes y artículos	Carrocería y chasis
237	Sistemas de calefacción	Confort
267	Dispositivos de resorte	Suspensión
280	Vehículos terrestres	Carrocería y chasis
293	Defensas de vehículos	Carrocería y chasis
297	Vehículos terrestres: cuerpos y tapas	Carrocería y chasis
298	Sillas y asientos	Confort
303	Sistemas de frenos de presión fluida y análogos	Rines, llantas y frenos
307	Transmisión eléctrica o sistemas de interconexión	Eléctrico
318	Electricidad: sistemas y dispositivos eléctricos	Eléctrico
340	Electricidad: medición y prueba	Inteligencia artificial
342	Comunicaciones: eléctricas	Inteligencia artificial
361	Electricidad: sistemas de potencia motriz	Eléctrico
362	Iluminación	Eléctrico
429	Química y procesos productores de corriente eléctrica	Eléctrico
454	Ventilación	Refrigeración
700	Sistemas de control genérico o aplicaciones específicas	Inteligencia artificial
701	Vehículos, navegación y ubicación relativa	Inteligencia artificial
706	Procesamiento de datos: inteligencia artificial	Inteligencia artificial

Fuente: Elaboración propia con datos de la USPTO.

3.1.3 Metodología propuesta

Después de recopilar la totalidad de datos, se ordenaron, en orden ascendente, las veintinueve clases tecnológicas correspondientes a cada país para los veintidós años del periodo de estudio

El cálculo de los IVTR se realiza mediante el siguiente cociente:

$$\mathcal{VTR}_j = \frac{\frac{P_{ji}}{\sum_j P_{ji}}}{\frac{\sum_i P_{ji}}{\sum_j \sum_i P_{ji}}}$$

Dónde:

P_{ji} = las patentes del país j en el área tecnológica i.

Por último, después de estimar el IVTR de cada subclase, y, dependiendo el resultado obtenido, se clasifica como ventajas intensivas a los IVTR superiores a 1.25 y, moderadas a los IVTR menor a 1.25 de acuerdo con el criterio propuesto por Molero y López (2012).

Cuadro 10. Clasificación de los niveles de las Ventajas Tecnológicas

Reveladas (VTR)	
	<i>Ventajas</i>
<i>Intensivas</i>	IVTR > 1.25
<i>Moderadas</i>	1.0 < IVTR < 1.25

Fuente: Molero y López, 2012.

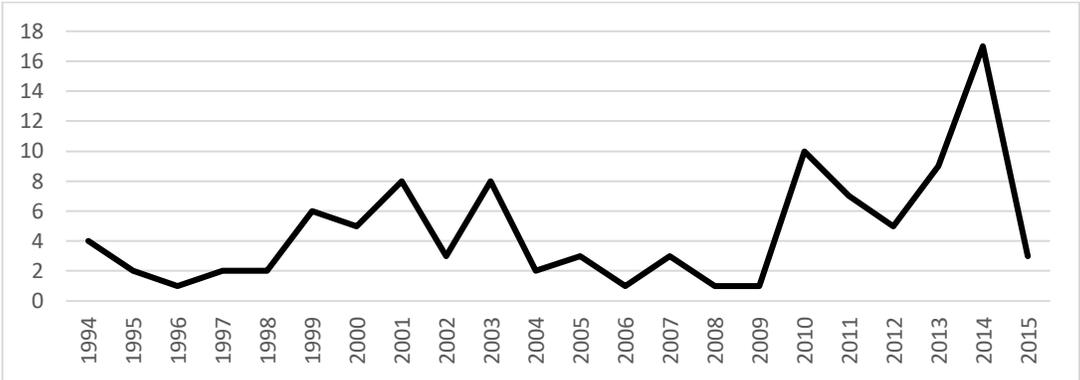
3.1.4 Patentes de México, Estados Unidos y Canadá

Las patentes son títulos de propiedad otorgados a inventores o empresas con el objetivo de proteger sus diseños, procesos o productos de la imitación y replicación. Esta protección tiene una duración de 20 años, y protege el enorme esfuerzo hecho en investigación científica, además de ser un incentivo económico para los inventores, como ya se mencionó anteriormente.

De acuerdo a las patentes que fueron otorgadas a los países de la región de América del Norte para el periodo de 1994 a 2015, se encontró que: 269, 121

patentes fueron otorgadas por la USPTO; de las cuales, 84 corresponden a México, lo que representa 0.03 por ciento del total; Canadá obtuvo un total de 8, 674 patentes, correspondiente 3.22 por ciento del total; y, para el caso de Estados Unidos, le fueron concedidas 360,363 patentes, representando 96.75 por ciento de patentes, siendo el país que mayor número de patentes obtuvo en dicho periodo para las 29 subclases tecnológicas. En las siguientes gráficas se presenta la evolución de las patentes concedidas a cada país.

Grafica 8. Patentes otorgadas a México, 1994 - 2015



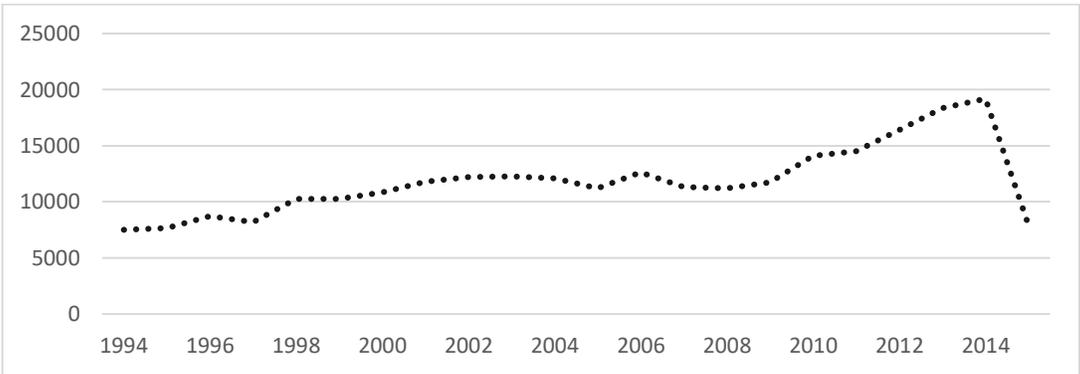
Fuente: USPTO.

En la gráfica anterior, correspondiente a las patentes otorgadas a México de 1994 a 2015, se puede observar un comportamiento fluctuante; teniendo años donde únicamente se registró una patente y años donde se otorgan más de diez. El periodo de mayor número de patentes fue de 2009-cuando se registró únicamente una patente-a 2010 cuando se registraron diez. Sin embargo, el punto máximo de la serie se dio en 2014 al registrarse 17 patentes otorgadas. La evolución del volumen de las patentes concedidas a México no es constante, como en el caso de Estados Unidos y Canadá. Las patentes en la industria automotriz y de autopartes en México es marginal respecto a la de

los otros dos países de la región, apenas representando 0.03 por ciento del total de patentes concedidas.

La gráfica 9 corresponde a las patentes estadounidenses en la industria automotriz. De 1994 al 2014, el número de patentes estadounidense creció a un ritmo promedio anual de 5.1 por ciento. En 1994, se otorgaron 7, 506 patentes y, en el 2014 19, 182; es decir, en veinte años se registró un aumento de 255 por ciento en el registro de patentes. Los años correspondientes a la crisis económica 2008 – 2009 fueron difíciles en materia; en esos años se tuvo un nivel de patentes similar al del 2001; es decir, la crisis representó un retroceso de 8 años en materia; sin embargo, para 2010, y con la crisis económica aparentemente superada, los registros de patentes retomaron su senda de crecimiento e incrementaron 16.6 por ciento de 2009 a 2010. El número de patentes estadounidense es ampliamente dominante frente a la de los otros dos países de América del Norte; como expusimos anteriormente, las patentes otorgadas a Estados Unidos representan 96.75 por ciento del total.

Grafica 9. Patentes otorgadas a Estados Unidos, 1994 - 2014

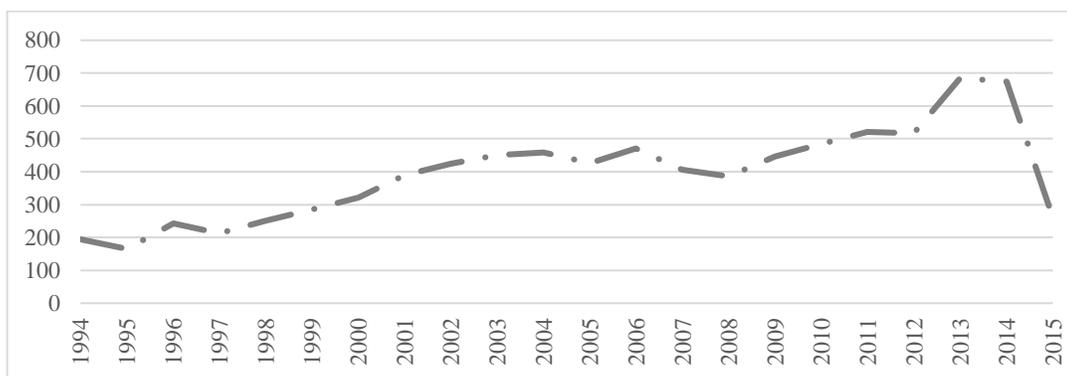


Fuente: USPTO.

La gráfica 10 corresponde a la evolución de patentes concedidas a Canadá; el número de patentes máximas otorgadas a Canadá fue 685 en el año de 2013,

y el menor fue 165 en el año 1995; por lo cual podemos calcular que el ritmo de crecimiento promedio anual es 4.1 por ciento. El periodo dónde Canadá tuvo el mayor crecimiento de patentes otorgadas fue de 2012 a 2013 donde logró incrementar sus patentes 24.5 por ciento. Comparado a Canadá con el número de patentes estadounidense en las subclases referentes a la industria automotriz y de autopartes, aún mantiene un nivel bajo, sin embargo, supera a México con 3.19 por ciento.

Grafica 10. Patentes otorgadas a Canadá, 1994 - 2015

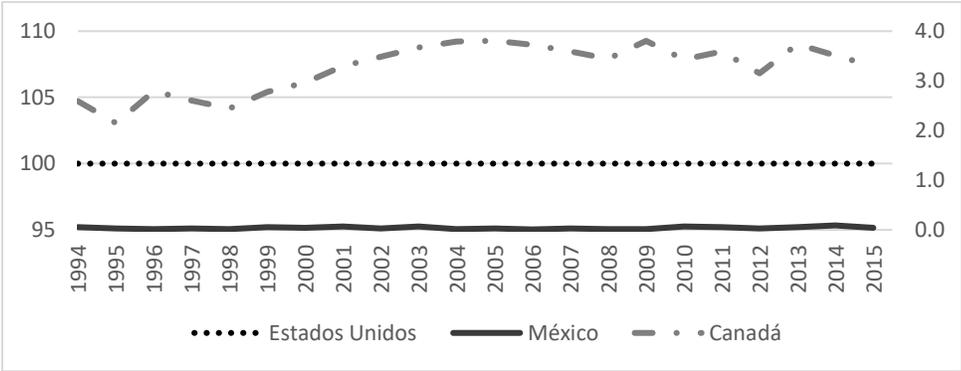


Fuente: USPTO.

Hasta este punto se vuelven evidentes las diferencias que existen en el número de patentes concedidas a México, Estados Unidos y Canadá para el periodo de 1994 a 2015; y para visualizarlo de mejor forma, podemos apreciar en la gráfica 11 (la cual es un índice de las patentes de México y Canadá con relación a las de Estados Unidos tomado como base a este último) la enorme brecha en términos del número de patentes otorgadas a los países de la región de América del Norte, y, por tanto, la relevancia que cada país tiene en ciencia, tecnología e innovación.

Donde, los índices que presenta México con relación a las patentes de Estados Unidos no alcanzan 0.5, y, los índices de Canadá oscilan entre 2 y 4 unidades.

Gráfica 11. Brecha de patentes en el sector automotriz y de autopartes Estados Unidos, México y Canadá, 1994-2015 (Estados Unidos=100)



Fuente: Elaboración propia. Nota: Eje izquierdo corresponde a Estados Unidos; eje derecho corresponde a Canadá y México.

En el cuadro 12 se presenta la dinámica de patentes por país de acuerdo con las patentes otorgadas por clase tecnológica, donde México tiene el último lugar en número de patentes. Las clases que tienen una mayor participación respecto al total son (electricidad medición y prueba, vehículos terrestres y frenos) las cuales representan 13, 12 y 10 por ciento respectivamente. Por otro lado, Canadá únicamente cuenta con una clase tecnológica donde su participación supera 10 por ciento respecto del total; las dos clases donde tiene mayores porcentajes de participación, con 8 y 9 por ciento, respectivamente, son (medición y prueba, química y, procesos productores de corriente eléctrica). El escenario estadounidense es similar al canadiense, la única clase que difiere respecto a Canadá es electricidad: sistema de potencia motriz.

Cuadro 11. Patentes y porcentaje respecto al total de cada país por clase tecnológica, 1994-2015.

País	México		Estados Unidos		Canadá	
	Pat	%	Pat	%	Pat	%
<i>Clase Tecnológica</i>						
Herrajes diversos	3	4	3071	1	138	2
Plantas de energía	7	8	12680	5	480	6
Medición y prueba	4	5	26918	10	756	9
Elementos o Mecanismos de Máquina	4	5	7043	3	228	3
Motor de combustión interna	2	2	12697	5	533	6
Neumáticos y ruedas resistentes	0	0	1472	1	19	0
Vehículos de motor	2	2	8382	3	383	4
Frenos	8	10	3890	1	116	1
Electricidad: transmisión a vehículos	0	0	197	0	5	0
Embragues y control de parada de potencia	2	2	2893	1	91	1
Portadores de paquetes y artículos	1	1	2466	1	109	1
Sistemas de calefacción	2	2	383	0	34	0
Dispositivos de resorte	5	6	2167	1	39	0
Vehículos terrestres	10	12	14262	5	619	7
Defensas de vehículos	0	0	621	0	35	0
Vehículos terrestres: cuerpos y tapas	2	2	6179	2	442	5
Sillas y asientos	1	1	244	0	16	0
Sistemas de frenos de presión fluida y análogos	0	0	1765	1	24	0
Transmisión eléctrica o sistemas de interconexión	2	2	6531	3	188	2
Electricidad: sistemas y dispositivos eléctricos	1	1	6553	3	170	2
Electricidad: medición y prueba	11	13	31547	12	1082	12
Comunicaciones: eléctricas	1	1	11128	4	332	4
Electricidad: sistemas de potencia motriz	3	4	27164	10	587	7
Iluminación	5	6	11241	4	391	5
Química y procesos productores de corriente eléctrica	1	1	9605	4	651	8
Ventilación	0	0	2773	1	114	1
Sistemas de control genérico o aplicaciones específicas	5	6	18494	7	473	5
Vehículos, navegación y ubicación relativa	0	0	19840	8	472	5
Procesamiento de datos: inteligencia artificial	2	2	8157	3	147	2
TOTAL	84	100	260363	100	8674	100

Fuente: Elaboración propia con datos de la USPTO.

3.1.5 Medición de la especialización tecnológica sectorial de México, Estados Unidos y Canadá

La estimación de los índices de VTR para cada país en cada clase tecnológica se calcularon mediante la siguiente fórmula:

$$VTR_j = \frac{\frac{P_{ji}}{\sum P_j}}{\frac{\sum P_{TMECi}}{\sum P_{TMEC}}}$$

Dónde:

P_{ji} = las patentes del país j en el área tecnológica i

$\Sigma P_{j=1}$ a sumatoria de las patentes del país j en todas las clases tecnológicas

ΣP_{TMECi} = la sumatoria de las patentes de los países pertenecientes al TMEC en el área tecnológica i

ΣP_{TMEC} = la sumatoria de las patentes del TMEC en todas las clases tecnológicas.

De acuerdo con los datos obtenidos, se han identificado las clases tecnológicas en las que los países cuentan con VTR intensivas y moderadas.

Los resultados de las estimaciones dan cuenta que México posee VTR con índices superiores a 1.25 en diez clases tecnológicas; y VTR con índices menor a 1.25 en dos. Las clases tecnológicas intensivas con $IVTR > 1.25$, se concentran en los sistemas de: carrocería y chasis (herrajes diversos y vehículos terrestres); rines, llantas y frenos (frenos y embrague y, control de parada de potencia); eléctrico (plantas de energía e iluminación); motor (elementos o mecanismos de máquina, suspensión, dispositivos de resorte); computarizados e inteligencia artificial (comunicaciones eléctricas) y, por último, sistemas de confort (calefacción).

Las clases tecnológicas moderadas con $IVTR < 1.25$ donde México presenta ventajas son las relacionadas a sistemas de: carrocería y chasis (portadores de paquetes y artículos) y, sistemas computarizados e inteligencia artificial (electricidad medición y prueba).

Cuadro 12. Ventajas tecnológicas reveladas intensivas y moderadas de México, 1994-2015.

	<i>Ventajas Intensivas</i>	<i>Ventajas Moderadas</i>
Clases Tecnológicas	Herrajes diversos	Portadores de paquetes y artículos
	Plantas de energía	Electricidad: medición y prueba
	Elementos o Mecanismos de Máquina	
	Frenos	
	Embragues y control de parada de potencia	
	Sistemas de calefacción	
	Dispositivos de resorte	
	Vehículos terrestres	
	Comunicaciones: eléctricas	
	Iluminación	

Fuente: Elaboración propia

Para Estados Unidos encontramos que quince subclases tecnológica poseen ventajas tecnológicas reveladas moderadas con IVTR <1.25; de las cuales concentra sus ventajas en los sistemas: computarizados e inteligencia artificial (medición y prueba, sistemas de control genérico o aplicaciones específicas, vehículos, ubicación y navegación relativa ,y procesamientos de datos: inteligencia artificial); rines, llantas y frenos (frenos, embragues y control de parada de potencia, neumáticos y ruedas resistentes y, sistema de frenos de presión fluida y análogos); eléctrico (transmisión eléctrica o sistemas de interconexión, sistemas y dispositivos eléctricos y, sistemas de potencia motriz). Hay cuatro sistemas en los cuales se presentan ventajas moderadas en una sola subclase tecnológica, como es el caso de: motor (elementos o mecanismos de la máquina); suspensión (dispositivos de resorte); confort

(sillas y asientos) y, por último, sistemas de transmisión (transmisión a vehículos).

Cuadro 13. Ventajas tecnológicas reveladas moderadas de Estados Unidos, 1994-2015.

		<i>Ventajas Moderadas</i>	
Clases Tecnológicas		Medición y prueba	Sistemas de frenos de presión fluida y análogos
		Elementos o Mecanismos de Máquina	Transmisión eléctrica o sistemas de interconexión
		Neumáticos y ruedas resistentes	Electricidad: sistemas y dispositivos eléctricos
		Frenos	Electricidad: sistemas de potencia motriz
		Electricidad: transmisión a vehículos	Sistemas de control genérico o aplicaciones específicas
		Embragues y control de parada de potencia	Vehículos, navegación y ubicación relativa
		Dispositivos de resorte	Procesamiento de datos: inteligencia artificial
		Sillas y asientos	

Fuente: Elaboración propia

El escenario canadiense es similar al mexicano, obteniendo ventajas tecnológicas reveladas tanto intensivas como moderadas. Canadá cuenta con nueve clases en ventajas intensivas y cinco en moderadas. Las clases con VTR intensivas con IVTR >1.25 se concentra en los sistemas de: carrocería y chasis (herrajes diversos, vehículos terrestres, defensas de vehículos y cuerpos y tapas); motor (vehículos de motor y motor de combustión interna); eléctrico (química y procesos productores de corriente eléctrica); inteligencia artificial (comunicaciones eléctricas) y, confort (calefacción).

Cuadro 14. Ventajas tecnológicas relativas intensivas y moderadas de Canadá, 1994-2015

	<i>Ventajas Intensivas</i>	<i>Ventajas Moderadas</i>
Clases Tecnológicas	Herrajes diversos	Plantas de energía
	Motor de combustión interna	Portadores de paquetes y artículos
	Vehículos de motor	Electricidad: medición y prueba
	Sistemas de calefacción	Iluminación
	Vehículos terrestres	Ventilación
	Defensas de vehículos	
	Vehículos terrestres: cuerpos y tapas	
	Comunicaciones: eléctricas	
	Química y procesos productores de corriente eléctrica	

Fuente: Elaboración propia

Las ventajas moderadas con IVTR <1.25 que presenta son cinco. En el sistema eléctrico se ubican dos subclases con ventajas (plantas de energía e iluminación); las tres subclases restantes se distribuyen en los sistemas de: refrigeración (ventilación); carrocería y chasis (portadores de paquetes y artículos) y, sistemas computarizados e inteligencia artificial (electricidad medición y prueba).

Cuadro 15. VTR por sistema del automóvil: México, Estados Unidos y Canadá, 1994-2015.

México y Estados Unidos		México y Canadá		Estados Unidos		Canadá	
<i>Sistema</i>	<i>Número de clases tecnológicas</i>	<i>Sistema</i>	<i>Número de clases tecnológicas</i>	<i>Sistema</i>	<i>Número de clases tecnológicas</i>	<i>Sistema</i>	<i>Número de clases tecnológicas</i>
Motor	1	Eléctrico	2	Eléctrico	3	Motor	2
Rines, llanatas y frenos	2	Carrocería y chasis	3	Rines, llantas y frenos	2	Refrigeración	1
Suspensión	1	Computarizados e I.A	2	Transmisión	1	Eléctrico	1
		Confort	1	Computarizados e I.A	4	Carrocería y chasis	2
				Confort	1		
<i>Total</i>	4		8		11		6

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro anterior se presentan los resultados de las VTR respecto a los sistemas del automóvil por país; además, se agrupan los países acordes a si es que comparten ventajas en subclases tecnológicas, o, si son los únicos con ventajas. Como se menciona en el párrafo anterior, pese a que hay sistemas en los que Canadá y Estados Unidos tienen ventajas tecnológicas, no son las mismas subclases para las que comparten ventajas con México.

México es el único país que no posee exclusividad en ninguna subclase tecnológica. Las áreas donde posee VTR, tanto intensivas con IVTR >1.25 como moderadas con IVTR <1.25, también las tienen Canadá o Estados Unidos; es decir, las ventajas que tiene México son “*compartidas*” con Estados Unidos y Canadá con 4 y 8 subclases, respectivamente.

Para la situación de Estados Unidos, pese a que no obtuvo ninguna ventaja tecnológica revelada intensiva con IVTR >1.25, es el país con mayor número de subclases tecnológica con VTR, y el único, con ventajas tecnológicas

exclusivas en once subclases. Por su parte, Canadá logra obtener ventajas tecnológicas exclusivas en seis subclases.

3.1.6 Análisis de resultados

El estudio empírico que permitió estimar los índices de VTR de los tres países en el sector automotriz y de autopartes en la región de América del Norte, nos permitió confirmar las hipótesis planteadas en esta investigación.

De acuerdo con los resultados obtenidos, podemos concluir que, con respecto a la primera hipótesis se corrobora parcialmente porque si bien Estados Unidos cuenta con mayores VTR, Canadá con menores niveles, pero México si posee VTR. Estados Unidos, es el país que presenta una mayor especialización tecnológica, esto, al obtener 15 subclases con VTR, seguido de Canadá en 14 áreas con ventajas y, por último, México con 12 subclases con especialización tecnológica. A pesar de que México es el país que obtiene menores subclases con VTR en la industria automotriz, la brecha respecto a sus dos socios comerciales no es tan amplia al tener especialización tecnológica en dos subclases menos que Canadá en y tres menos que Estados Unidos. Lo anterior nos indica que, en la industria automotriz y de autopartes, los tres países que conforman la región de América del Norte tienen similares ventajas tecnológicas reveladas. Resultados contrarios a los encontrados por Maldonado (2018) dónde describe el papel de la especialización tecnológica de México concentrada en recursos naturales.

La segunda hipótesis también se corrobora al constatar que Estados Unidos mantiene el liderazgo de la especialización tecnológica en la industria automotriz al obtener el mayor número de subclases tecnológicas absolutas (11) con VTR en áreas con altos requerimientos de conocimiento científico

(mayor grado de personal calificado y de elevados gastos en I+D) en subclases relacionadas con los sistemas automotrices eléctricos y computarizados e inteligencia artificial. A su vez, Canadá obtiene seis clases tecnológicas con VTR absolutas en áreas de requerimiento tecnológico alto (sistema eléctrico y de motor) y bajo (sistema de refrigeración y carrocería y chasis). Pero, contrariamente a lo previsto para México, los IVTR muestran que, aunque el país se especializa en clases relacionadas a sistemas automotrices de baja intensidad tecnológica (sistemas de confort; carrocería y chasis; rines, llantas y frenos y transmisión) también presentan ventajas en subclases con requerimientos de alta intensidad tecnológica (inteligencia artificial, motor y eléctrico) aunque en menor nivel. Así, mientras Canadá y Estados Unidos se caracterizan en una especialización absoluta en ciertas clases, México comparte especialización en las clases donde reporta VTR. Tal y como lo exponen Molero y López (2017), es en el análisis sectorial donde podemos conocer verdaderamente las capacidades tecnológicas de los países.

3.2.1 Factores asociados a la Especialización Tecnológica

Aunado al análisis que acabamos de describir, se realiza un estudio referido a los posibles factores que inciden en la especialización tecnológica de los países de la región de América del Norte en la industria automotriz.

Este segundo apartado tiene como objetivo contrastar la hipótesis respecto a los factores asociados a la especialización tecnológica de México, Estados Unidos y Canadá en la IA.

Las variables seleccionadas para hacer este análisis son tres: el gasto en I+D como porcentaje del PIB de los países estudiados, la inversión extranjera directa en áreas tecnológicas y la participación de los egresados en ingeniería,

ciencia y tecnología en el total de egresados de educación terciaria (licenciatura/ingeniería, maestría, doctorado).

Esta sección inicia con una descripción de la base de datos y la fuente de información utilizada; en la segunda parte, se detallan la metodología utilizada para realizar la estimación del modelo econométrico, así como su exposición algebraica; el tercer apartado se destina a desarrollar el comportamiento de los países de la región de América del Norte respecto a los indicadores de gasto en I+D, nivel de escolaridad terciaria y la inversión extranjera directa: y, por último, se presentan los resultados obtenidos de la regresión del modelo econométrico de datos panel para, de esa forma, corroborar si es que dichos factores inciden en la especialización tecnológica de la IA de los países de la región de América del Norte.

3.2.2 Base de datos y fuente de información

Después de realizar la estimación de los índices de VTR, surge el interés de analizar cuáles son los factores que pueden explicar dicha especialización. Retomando a Maldonado (2018), algunos factores que pueden explicar la especialización tecnológica, siguiendo los sistemas sectoriales de innovación, son los indicadores de: capital humano, firmas, instituciones, empresas transnacionales e indicadores económicos. Para propósitos de esta investigación²⁹, las variables a utilizar serán retomadas de los indicadores de empresas transnacionales, indicadores económicos y capital humano, como se presenta en el siguiente cuadro:

²⁹ Y, debido a la limitante del tiempo de investigación no se recurrió a utilizar más variables.

Cuadro 16. Variables independientes, unidad y fuentes

<i>Variable</i>	<i>Unidad de Medida</i>	<i>Fuente</i>
<i>Económica</i>		
Gasto en I+D	% del PIB	Banco Mundial
<i>Firmas Transnacionales</i>		
Inversión extranjera directa	% del PIB	Banco Mundial
<i>Capital Humano</i>		
Graduados en ingeniería, ciencias y tecnología	% de la población	OCDE

Fuente: Elaboración propia

La información del gasto en I+D como porcentaje del PIB, así como la inversión extranjera directa como porcentaje del PIB, fueron recabadas de la sección de estadísticas del Banco Mundial. La variable de capital humano fue adoptada como una variable proxy, la cual es la participación de graduados en ingeniería, ciencia y tecnología dentro del total de graduados de educación terciaria³⁰, la cual engloba la educación superior (licenciatura, maestría y doctorado); esta variable fue consultada en la base de datos estadísticos correspondientes a la educación de la UNESCO.

3.2.3 Metodología propuesta

Para identificar el nivel de causalidad de los factores mencionados sobre la especialización tecnológica de los países de la región de América del Norte, realizamos un análisis econométrico con un modelo de datos panel.

Los modelos de datos panel son aquellos que surgen del análisis de una sección de corte transversal con n número de individuos en el tiempo. Se

³⁰ La clasificación para la educación adoptada es la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación 2011, propuesta por el Instituto de Estadística de la UNESCO (UNESCO, 2011).

obtiene la información para cada individuo $n=1, 2, 3 \dots N$ en cada momento del tiempo $t=1, 2, 3, \dots, T$; tratándose de una muestra de $N \times T$ observaciones (Labra y Torrecillas, 2014).

El modelo de datos panel para más de una variable explicativa se desarrolla de la siguiente forma:

$$Y_{it} = \alpha_i + X_{ki}\beta + u_{it}$$

Dónde:

Y_{it} : Es el vector que contienen la información del individuo i en todo t

α_i : Es el vector de parámetros que recoge los efectos individuales

X_{ki} : Es la matriz de observaciones de la variable explicativa k para todo individuo i en el tiempo t

u_{it} : Es el vector que contienen las t perturbaciones aleatorias de cada individuo

Hay tres tipos de modelos de datos panel: i) efectos fijos, el cual reconoce el impacto individual de cada unidad de observación en la estimación de la variable dependiente; ii) efectos aleatorios, este método llega a ser más eficiente que el de efectos fijos ya que la varianza es menor, pero menos consistente; y iii) paneles dinámicos, los cuales incluyen variables en diferencias o rezagadas para captar el ajuste dinámico.

3.2.4 Evolución de I+D, capital humano e inversión extranjera directa los en México, Estados Unidos y Canadá

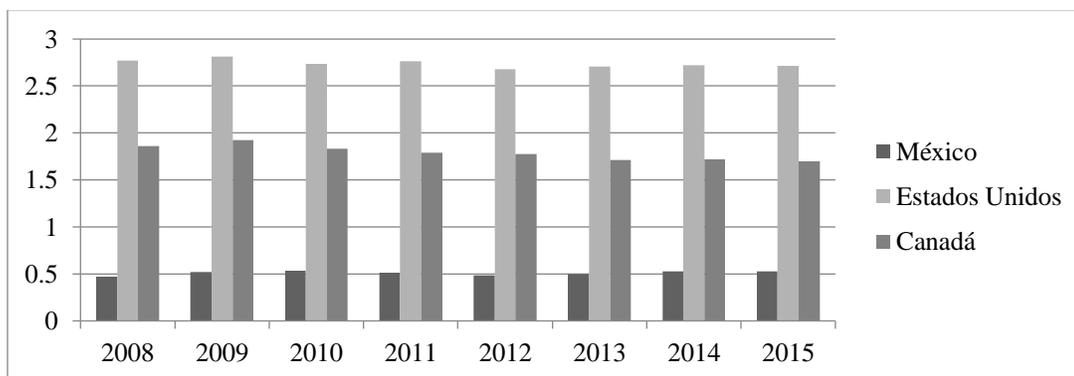
El objetivo de este apartado es el de mostrar, brevemente³¹, la evolución en el tiempo de las tres variables seleccionadas.

Comenzando con el gasto en I+D. En la siguiente gráfica, correspondiente al gasto en I+D, se puede observar, que Estados Unidos es el país que más recursos destina a la investigación y desarrollo comparado con los otros dos países de la región. El porcentaje promedio de este gasto en Estados Unidos, de 2008 a 2015, fue 2.7 por ciento del PIB; un punto porcentual por arriba de Canadá y muy por encima de apenas 0.5 por ciento para el caso mexicano.

Los puntos máximos de las series de los tres países se dieron en los años de 2009 y 2010, cuando México destino 0.53 por ciento del PIB y, Estados Unidos y Canadá, el 2.8 y 1.9 por ciento, respectivamente. Sin embargo, si observamos los dos extremos de la serie, podemos observar que, tanto para el caso estadounidense como para el canadiense, el indicador fue a la baja. Situación contraria a la mexicana, donde, en 2008, 0.47 por ciento del PIB era destinado al rubro mencionado, mientras que, para 2018, el indicador aumentó a 0.52 por ciento.

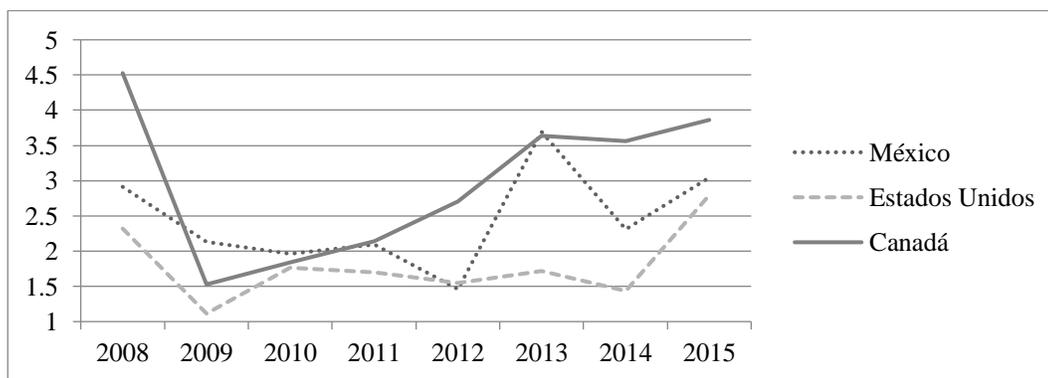
³¹ El estudio de las causales de los niveles y diferencias entre las variables escapa de las intenciones de esta investigación; y representan posibles hilos de argumentación para posibles investigaciones futuras.

Grafica 9. Gasto en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB de México, Estados Unidos y Canadá.



Fuente: Banco Mundial, 2008-2015.

Grafica 10. Inversión extranjera directa como porcentaje del PIB de México, Estados Unidos y Canadá.



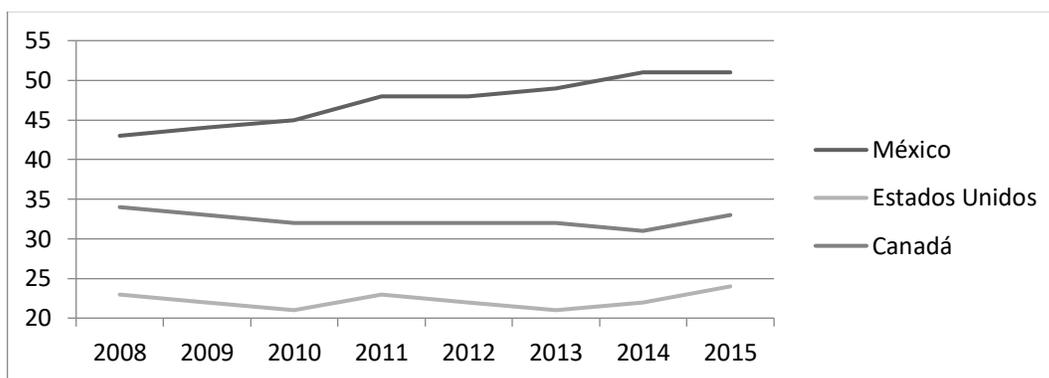
Fuente: Banco Mundial, 2008-2015.

Pasando a la inversión extranjera directa; este indicador nos muestra, a grandes rasgos, la cantidad de recursos extranjeros que son invertidos en el país. En la gráfica previa se muestra que Canadá es el país cuyos niveles de inversión extranjera directa como porcentaje del PIB son mayores; siendo 3.8 por ciento en 2015, seguido 3 por ciento para México y 2.7 por ciento para Estados Unidos. Pero, a pesar de lo anterior y de nuevo observando los

extremos de las series, el indicador disminuyó 0.7 puntos porcentuales, mientras que, para México y Estados Unidos, el indicador aumentó en 0.13 y 0.47 puntos porcentuales, respectivamente. De 2014 a 2015, tanto para México como para Estados Unidos el indicador aumentó considerablemente, 31.7 y 94.3 por ciento, respectivamente.

Y, por último, la variable de capital humano, seleccionada, hace referencia a la participación porcentual de los graduados de ingeniería, ciencia y tecnología como parte del total de graduados de la educación terciaria de cada país.

Grafica 12. Porcentaje de participación de egresados de ingeniería, ciencia y tecnología como parte del total de graduados de educación terciaria.



Fuente: UNESCO, 2008-2015.

En la gráfica de arriba se puede observar que México es el país de América del Norte con un mayor porcentaje de graduados en ingeniería, ciencia y tecnología dentro del total de graduados de educación terciaria. De hecho, el comportamiento de este indicador en México llama particularmente la atención; entre 2008 y 2015, este indicador creció a una tasa promedio anual del 2.4 por ciento, una tasa mucho más dinámica que la registrada en Estados Unidos, la cual fue de apenas 0.79 por ciento; y escenario completamente

diferente al canadiense, el cual tiene una tasa promedio negativa para todo el periodo de -0.37 por ciento. Esto no quiere decir, sin embargo, que México sea el país de la región con más ingenieros; de acuerdo con la OCDE (2015), México es el octavo país con más graduados en el ámbito ingenieril; Estados Unidos ocupa el segundo lugar y Canadá el treceavo³².

En el siguiente apartado estudiamos econométricamente la relación causal entre estas variables y las ventajas tecnológicas reveladas anteriormente analizadas.

3.2.5 Estimación de los factores asociados a la especialización tecnológica de México, Estados Unidos y Canadá

Con el modelo de datos panel propuesto se pretende identificar si el gasto en I+D, la IED y el porcentaje de graduados en ingeniería ciencia y tecnología, son variables significativas en la conformación de la especialización tecnológica en la industria automotriz de México, Estados Unidos y Canadá.

El modelo se especifica mediante la siguiente ecuación:

$$IVTR_{it} = \alpha + \beta_1 GI_D_{it} + \beta_2 IED_{it} + \beta_3 CH_{it} + \varepsilon_{it}$$
$$i = 1 \dots 3$$
$$t = 2008 \dots 2015$$

Dónde:

- *IVTR* = Variable dependiente, que corresponde al índice de ventajas tecnológicas reveladas de cada país

³² Los países con mayor número de graduados en el rubro son: Rusia, Estados Unidos, Irán, Japón, Corea del Sur, Indonesia, Ucrania, México, Francia y Vietnam,

- β_1 = Gasto en I+D como porcentaje del PIB
- β_2 = Inversión extranjera directa como porcentaje del producto interno bruto
- β_3 = variable proxy de capital humano

La regresión econométrica se realizó utilizando el paquete estadístico y econométrico STATA. Todas las variables se expresan en términos de logaritmos naturales para, de esa forma, eliminar las unidades de medida de las variables, y así, poder interpretar los resultados en términos de porcentaje. Posteriormente se determinó que tipo de efectos es conveniente utilizar; para ello se realizó la prueba de Hausman.

- Prueba de Hausman

$$\text{Valorp (Prob>chi2)} = 0.2890 > \alpha=0.05$$

Conclusión: no se rechaza la H_0 , por lo tanto, el mejor modelo es el de efectos aleatorios.

Después de concluir que el mejor modelo a utilizar es el de efectos aleatorios, los resultados estadísticos de la regresión se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 17. Estimación del modelo panel de datos de efectos aleatorios

Variables	Coefficientes	Valorp
Gasto en I+D	0.6058036	0.199
Inversión Extranjera Directa	-0.0915384	0.752
Capital Humano	1.192201	0.279

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos resultados esperados en la significancia y coeficiente de las variables, se procede a realización de las pruebas de consistencia

econométrica al modelo, las cuales son: heterocedasticidad, auto correlación y correlación contemporánea.

- Heterocedasticidad

Cuando se utiliza un modelo de efectos aleatorios, se asume homocedasticidad en los términos de error; es decir, los términos de error en un modelo de efectos aleatorios suponen un proceso homocedástico de varianza constante.

- Prueba de Autocorrelación

Prueba de Wooldridge

$$\text{Valorp (prob>F)} = 0.0222 < \alpha=0.05$$

Conclusión: existe autocorrelación de primer orden.

- Prueba de correlación contemporánea

Prueba de Pesaran

$$\text{Valorp (Pr)} = 0.0961 > \alpha=0.05$$

Conclusión: no existe correlación contemporánea en las secciones cruzadas.

Una vez identificado el problema de autocorrelación en el modelo, se procede a corregir dicho error y a estimar, de nueva cuenta, la ecuación de regresión.

Cuadro 18. Estimación del modelo panel de datos corregido de los factores asociados a las ventajas tecnológicas de México, Estados Unidos y Canadá.

Variables	Coeficientes	Valorp
Gasto en I+D	0.8719712	0.096*
Inversión Extranjera Directa	-0.1265521	0.628
Capital Humano	1.697338	0.086*

Fuente: Elaboración propia

*Variable con 90% de significancia estadística

3.2.6 Análisis de resultados del modelo

Conforme a los resultados obtenidos del modelo econométrico para determinar si el gasto en I+D, la inversión extranjera directa y el capital humano son factores que explican la especialización tecnológica de IA y autopartes en México, Estados Unidos y Canadá para el periodo 1994 a 2015, se confirma parcialmente la tercera hipótesis de investigación al obtener valores estadísticamente significativos solo para dos variables.

La variable que impacta en mayor medida en el modelo es la variable proxy de capital humano, estimada mediante la participación de la educación terciaria, seguida del gasto en investigación y desarrollo; este resultado era el esperado debido a que, como sugiere un documento de la Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión (2018), dichas variables impulsan la especialización tecnológica que se traduce en resultados favorables en materia de competitividad. Pese a que la variable IED no es significativa, el signo negativo del coeficiente es un resultado muy interesante, ya que sugiere que dicha variable no impulsa la especialización tecnológica debido a que las innovaciones no se generan en el país al que llega la inversión.

Con relación al gasto en I+D, se encontró que el coeficiente es estadísticamente significativo y está asociado de forma positiva con las ventajas tecnológicas reveladas.

El valor del coeficiente de I+D sugiere que, si el gasto en investigación y desarrollo incrementa 1 por ciento, el índice de ventajas tecnológicas reveladas incrementará 0.871 por ciento. Los hallazgos de algunos estudios corroboran la importancia de la I+D. En Urraca (2005), se asocia un elevado gasto en I+D con las fortalezas tecnológicas del país, y un bajo esfuerzo en

I+D, con especialización tecnológica en áreas con bajo potencial tecnológico. A su vez, Buesa y Molero (1996) encuentran que el gasto en I+D está vinculado a las ventajas tecnológicas.

Como se mencionó con anterioridad, el capital humano es una variable estadísticamente significativa y se asocia de forma positiva con las ventajas tecnológicas; siendo la variable que mayor impacto tiene en estas. La elasticidad del coeficiente del capital humano indica que, si el promedio de graduados en ingeniería, ciencia y tecnología incrementa 1 por ciento, los índices de VTR incrementarán 1.69 por ciento.

Una posible explicación a este fenómeno se debe a la creciente matriculación de educación superior en México (Martínez, Llamas y Aboites, 2016), y también, al mayor sueldo con relación a otros sectores manufactureros que perciben los individuos que se desempeñan en actividades que requieren mano de obra calificada (Basurto y Llamas, 2016). Castellanos (2016) y Secretaría de Economía (2012) enfatizan el papel del capital humano en la industria automotriz. La incorporación creciente de capital humano especializado favorece sin duda a absorber los avances tecnológicos y muy probablemente, favorece positivamente a la especialización tecnológica.

Por último, la inversión extranjera directa no resultó ser una variable estadísticamente significativa y presentó un coeficiente que se asocia negativamente con las ventajas tecnológicas reveladas. Pese a que esta variable no fue significativa dentro del modelo el resultado que presenta desprende un análisis interesante.

En el caso mexicano, la IED en la industria automotriz limita la actividad de innovación en sus filiales, aunque las externalidades positivas tienen lugar en las mismas plantas y en las firmas de autopartes, en los procesos productivos

que exigen incorporar nuevas tecnologías y cumplir con los estándares internacionales de calidad

En cambio, en Estados Unidos y en menor medida en Canadá, países que se han esforzado en la investigación y desarrollo y creado un ambiente de innovación, la IED podría afectar positivamente a las VTR. Un estudio posterior permitirá profundizar en las razones de por qué esta variable no resulta significativa.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DE POLÍTICA PÚBLICA

El estudio de la especialización tecnológica es fundamental para entender la dinámica productiva y de innovación de los sectores manufactureros en que los países acumulan fortalezas. Es decir, se trata de analizar comparativamente el avance tecnológico de los sectores de un país con el conjunto de países seleccionados, en función de los objetivos de la investigación. La estimación de las ventajas tecnológicas reveladas es de gran utilidad para proponer políticas públicas que fortalezcan los nichos productivos que se perfilan en la competencia tecnológica internacional, con efectos positivos en el crecimiento económico y bienestar social.

Esta investigación se centró en el sector automotriz y de autopartes en los tres países que conforman América del Norte, por la relevancia en la que este sector se ha integrado regionalmente en términos productivos y comerciales. Pero un interés especial es conocer en que subclases esta industria se ha especializado tecnológicamente, logrando fortalezas productivas y competitivas.

Con respecto a las dos preguntas iniciales de la investigación: ¿Posee ventajas tecnológicas en el sector automotriz y de autopartes México, Estados Unidos y Canadá? y, ¿Cómo se caracteriza la especialización tecnológica de los países de América del Norte? se planteó que se esperaba una mayor especialización tecnológica en Estados Unidos, especialmente en subclases correspondientes a sistemas automotrices de alta intensidad tecnológica, mientras en Canadá, menor nivel de especialización y, relacionada en sistemas automotrices de mediana intensidad tecnología y, especialización tecnológica

nula o marginal para México probablemente en sistemas automotrices de baja intensidad tecnológica.

La estimación de los índices de ventajas tecnológicas reveladas para México, Estados Unidos y Canadá en las 29 subclases tecnológicas que corresponden a la industria automotriz y de autopartes de 1994 a 2015, mediante la metodología expuesta, nos permiten identificar aquellas en las cuales los países tienen ventajas tecnológicas elevadas con un IVTR >1.25 y moderadas con IVTR <1.25 . Así, confirmamos parcialmente la primera hipótesis y se corrobora la segunda hipótesis. Si bien, Estados Unidos tiene el liderazgo al contar con VRT en 15 subclases tecnológicas de las 29 subclases consideradas, habría que señalar que estas ventajas no rebasan 1.25; así también, destacamos que, cuenta con especialización absoluta en 11 subclases tecnológicas referentes a sistemas automotrices de alta intensidad tecnológica correspondientes a eléctrico y computarizados e inteligencia artificial.

A su vez, Canadá logra VTR en catorce subclases, donde nueve presentan IVTR <1.25 o ventajas tecnológicas moderadas y, cinco subclases con IVTR >1.25 o elevadas ventajas tecnológicas. De estas subclases tecnológicas presenta especialización absoluta en seis, las cuales se caracterizan por estar relacionadas a sistemas automotrices de baja intensidad tecnológica, correspondientes a: refrigeración y carrocería y chasis, y, dos conciernen a alta intensidad tecnológica: motor y eléctrico.

Finalmente, aunque no se esperaban VTR en el caso de México, el país si logra especialización en doce subclases tecnológicas, de las cuales, dos presentan índices igual a la unidad o ventajas tecnológicas moderadas, y diez subclases con elevadas ventajas tecnológicas, es decir, índices superiores a 1.25. Sin embargo, México no logra contar con especialización absoluta en ninguna subclase tecnológica. Más bien comparte ventajas tecnológicas

reveladas con Estados Unidos y Canadá en las subclases de sistemas automotrices de alta intensidad tecnológica (computarizados e inteligencia artificial, eléctrico y motor) y baja intensidad tecnológica (carrocería y chasis, confort, suspensión y rines, llantas y frenos).

Estados Unidos mantiene una amplia ventaja tecnológica y de innovación en la industria automotriz respecto a Canadá y México. Lo anterior se constata al ser el líder absoluto en el total de patentes otorgadas y el mayor número de subclases con ventajas tecnológicas. Además, domina la especialización en sistemas automotrices de alta intensidad tecnológica. Por tanto, Estados Unidos es el principal especialista tecnológico del sector automotriz y autopartes para la región de América del Norte.

Que Estados Unidos haya sido el líder en especialización tecnológica con subclases de sistemas automotrices de alto dinamismo tecnológico podría ser explicado, en parte, por la formación de clústeres tecnológicos que vinculan de manera más eficiente la relación entre universidades y empresas; por ejemplo, gran parte de las empresas que dominan el mercado mundial tienen sus filiales en territorio estadounidense, lo que podría estar incidiendo en la creación de capacidades tecnológicas en ese país; además, de contar con un SSI con una estructura fuerte que favorece la especialización tecnológica.

En contraste, para México la especialización tecnológica que presenta puede ser explicada por un efecto spillover; ya que, debido a la alta vinculación comercial y productiva con Estados Unidos, la especialización tecnológica de este país deja un derrame positivo para la formación de especialización tecnológica en México.

Finalmente, frente a la interrogante ¿Qué factores están asociados a tales ventajas tecnológicas reveladas?, se supuso que las VTR de México, Estados Unidos y Canadá están asociadas al gasto en I+D en este sector como porcentaje del PIB, al nivel de escolaridad terciaria y al porcentaje de inversión extranjera directa. Mediante los resultados del modelo econométrico de datos panel propuesto se confirma parcialmente la hipótesis. En tal sentido, encontramos que el gasto en I+D es una variable que impacta positivamente el nivel de ventajas tecnológicas en los países. Se encontró que al aumentar en 1% el gasto en I+D en el sector como porcentaje del PIB el índice de ventajas tecnológicas reveladas incrementará 0.871 por ciento. En tal medida es posible explicar la posición dominante de Estados Unidos en materia tecnológica, al ser el país que más recursos destina a la investigación y desarrollo. Como se menciona con anterioridad, hay estudios que corroboran la asociación de un elevado gasto en I+D con una elevada especialización tecnológica; así mismo, las capacidades tecnológicas, mediante la adquisición de conocimiento tecnológico en actividades de I+D, impulsan las VTR.

A su vez, el capital humano resulta una variable determinante de las ventajas tecnológicas reveladas de los tres países, no obstante que el caso estadounidense y canadiense ha decrecido el porcentaje de egresados en ingeniería, variable proxy del capital humano. Contrariamente, en México, mayor es el porcentaje de egresados en ingeniería y, por tanto, mayor cualificación de trabajadores para la industria automotriz. La elasticidad del coeficiente del capital humano indica que, si el promedio de graduados en ingeniería, ciencia y tecnología incrementa 1 por ciento, los índices de VTR incrementarán 1.69 por ciento. Tal y como la teoría respecto a capacidades tecnológicas lo indica, es necesaria la inversión en recursos humanos calificados.

Finalmente, la inversión extranjera directa no resultó ser una variable estadísticamente significativa para las ventajas tecnológicas reveladas.

En el caso mexicano, la IED en la industria automotriz no se traduce en la creación de ventajas tecnológicas propias, frente al hecho de que las filiales de las empresas automotrices americanas (Ford, General Motors, Chrysler) no desarrollan innovación. Más bien México es una plataforma maquiladora y ensambladora. Esto refuerza aún más la dependencia comercial y tecnológica de México frente a Estados Unidos. Aunque habría que considerar que en México operan otras empresas automotrices de otras latitudes.

La especialización tecnológica que presenta México puede explicarse por dos cuestiones. La primera concierne a que las plantas extranjeras en México deben cubrir con estándares internacionales de calidad; a su vez, los proveedores de autopartes, motores, chasis se comprometen a cumplir con la calidad y, por tanto, va ocurriendo un proceso de especialización productiva. Segunda, en el contexto de los procesos de aprendizaje productivo provenientes de las automotrices extranjeras, las firmas locales automotrices y de autopartes desarrollan habilidades creativas, que pueden caracterizarse por derramas tecnológicas. Tal es el caso de una empresa que opera que produce chasis en Apodaca para distintas compañías como la Ford, Volkswagen, Toyota etc. y ha logrado producir con la calidad reconocida. Las habilidades productivas son una deuda que tienen con Toyota, quien les enseñó a producir con calidad y eficiencia. Algunas empresas americanas admiten que en México se cuentan con las capacidades para producir un auto propio. En estudios como el de Maldonado (2018) la IED, aunque si resulta ser una variable estadísticamente significativa también muestra una relación inversa con la especialización tecnológica, concluyendo que las inversiones realizadas

por las empresas transnacionales no están destinadas a la innovación., es decir, el efecto spillover positivo no existe.

En suma, se ha mostrado que los tres países de América del Norte poseen ventajas tecnológicas reveladas en la industria automotriz identificando que Estados Unidos es el país líder teniendo nivel de especialización tecnológica que requiere de niveles intensivos de tecnología; seguido de la industria automotriz canadiense, cuyas VTR nos muestran la participación de las subclases de alta y baja intensidad tecnológica; y para el caso mexicano se muestra ha logrado la especialización tecnológica en subclases de alta y baja intensidad tecnológica.

Como queda dicho, la industria automotriz y de autopartes está transitando actualmente, y desde hace algunos años, a un mejor aprovechamiento de otro tipo de fuentes de energía, principalmente la eléctrica, así como la adopción de procesos de digitalización más eficientes. Es de suma importancia que la industria automotriz mexicana cuente con las capacidades tecnológicas para enfrentar estos nuevos retos; con la creación de VTR en áreas tecnológicas que estén relacionadas a estos nuevos nichos productivos.

Son varias cuestiones que requieren ser analizadas con mayor profundidad en investigaciones futuras.

IMPLICACIONES DE POLÍTICA PÚBLICA

Se ha argumentado a lo largo de la investigación que la especialización tecnológica es una herramienta para alcanzar mayores niveles de bienestar de la población. Es por eso, que nos compete en este apartado de la investigación abordar algunas implicaciones de políticas públicas que atañen al mejoramiento del desempeño de innovación en México.

La puesta en marcha de políticas públicas que favorezcan a incrementar el gasto en investigación y desarrollo, así como del capital humanos son cruciales para fortalecer las ventajas tecnológicas reveladas en los tres países que conforman la región de América del Norte.

Se considera fundamental que, para el desarrollo de capacidades tecnológicas futuras, se cuente con los recursos necesarios, en las instancias necesarias, para tener capacidad de respuesta frente a la dinámica del mercado mundial. Para ello, es indispensable aumentar considerablemente el gasto en I+D público y privado. Para destinar mayores recursos a la causa es necesario aumentar el nivel recaudatorio, consecuencia que se podría presentar al transitar de un aparato fiscal regresivo, a uno progresivo. Lo que conlleva, inevitablemente, a mejoras en la distribución del ingreso de los hogares mexicanos.

Fortalecer las instancias institucionales encargadas de promover la innovación en todos los ámbitos; ya que, es a través de ellas, que se logran formar vínculos entre las universidades e institutos de investigación y el aparato productor/empresarial. En el caso mexicano, fortalecer el papel del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) es de vital importancia para avanzar como país en dicho ámbito.

Tal como mostraron los resultados, la variable asignada al capital humano, resulto ser la que explica en mayor medida el nivel de ventajas tecnológicas reveladas. Se mostró, que la participación de graduados en áreas ingenieriles y de ciencia y tecnología impacta de manera positiva, la conformación de dichas ventajas. Es decir, a una mayor matriculación en dichas áreas del conocimiento, mayor generación de ventajas. Es por eso, que ampliar y garantizar el acceso a la educación, especialmente la educación terciaria, es indispensable para cumplir con los puntos mencionados anteriormente.

Por último, y a manera de reflexión final; se ha argumentado que la especialización tecnológica, mediante la innovación, se traduce en una especialización productiva y de competitividad que favorece al crecimiento de la economía y al incremento de los beneficios empresariales. Pero al mismo tiempo, se generan más empleos, mejor remunerados, lo cual contribuye a extender el bienestar social.

BIBLIOGRAFÍA

Addley, A. (2017) The automotive industry employs more people than you think. *NES.FIRCROFT* [blog] 26 de mayo de 2017. Disponible en: <https://www.fircroft.com/blogs/the-automotive-industry-employs-more-people-than-you-think-71462610395> [Consulta: 25 abril de 2020]

Aggeri, F; Elmquist, M y Pohl, H. (2009) “Managing learning in the automotive industry: the innovation race for electric vehicles” *International journal of automotive technology and management*, 9 (2), pp. 123-147

Amaya, P.J. (2010) “La intensidad tecnológica en el salvador: una perspectiva desde el comercio internacional”, *Tópicos Económicos*, 3(42), pp. 1-15

Arias, J y Segura, O. (2004) “Índice de ventajas comparativas reveladas: un indicador del desempeño y de la competitividad productivo-comercial de un país”, *InterCambio*, IV, pp. 2-9

Balassa, B. (1965) “Trade Liberalization and Revealed Comparative Advantage”, *The Manchester School of Economics and Social Studies*, 33(2), pp. 99-123

Banco Mundial. (2019) Serie: crecimiento del PIB per capita (% anual). Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD>

Basurto, M y Llamas, I. (2016) “Escolaridad y cambio tecnológico en el sector servicios y comercio. El caso de México, 2006 y 2013”. En: Llamas, I y

Garro, N. Dir. *Estado, reformas gubernamentales y desigualdad en los ingresos laborales*. 1 ed. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitanas y Tirant, pp. 153-178

BEA. (2018) National income and products accounts seccion 7: motor vehicle output. Disponible en: <https://apps.bea.gov/iTable/iTable.cfm?reqid=19&step=2&isuri=1&1921=underlying#reqid=19&step=2&isuri=1&1921=underlying>

Beggs, S; Cardell, S. y Hausman, J. (1981). “Assessing the potential demand for electric cars”. *Journal of Econometrics*, 17(1), pp. 1-19

Beinhocker, E. (2006) *The origin of wealth: Evolution, complexity, and the radical remaking of economics*. Massachusetts: Harvard Business School Press

Bloomberg New Energy Finance (2017) BNEF [en línea] disponible en <https://about.bnef.com/blog/future-of-energy-summit-2017-young/> [consulta: 25 junio 2020]

Borgstedt, P; Neyer, B; y Schewe, G. (2017) “Paving the road to electric vehicles- A patent analysis of the automotive supply industry”, *Cleaner Production*, 167(11), pp. 75-87

Buesa, M y Molero, J. (1992) “Capacidades tecnológicas y ventajas competitivas en la industria española: un análisis a partir de las patentes”, *Ekonomiaz: Revista vasca de Economía*, (22), pp. 220-247

Carrillo, J y Hualde, A. (1998) “Third generation maquiladoras? The Delphi-General Motors case”, *Journal of Borderlands Studies*, 13(1), pp. 79-97

Center of Automotive Research (2017) CAR [en línea] Disponible en <<https://www.cargroup.org/publication/contribution-of-the-automotive-industry-to-the-economies-of-all-fifty-state-and-the-united-states/>> [consulta: 10 julio 2020]

Center of Automotive Research (2018) [en línea] Disponible en: www.cargroup.org [consulta: 6 julio 2020]

Carbajal, Y y del Moral, L. (2014) “El desempeño del sector automotriz en México en la era del TLCAN. Un análisis a 20 años”, *Panorama Económico*, 6(2), pp. 95-126

Catellanos, J. (2016) “Industria automotriz y TLCAN: las empresas estadounidenses”, *Ola financiera*, 9(25), pp.128-163

Covarrubias, A. (2014) *Explosión de la Industria Automotriz en México: De sus encadenamientos actuales a su potencial transformador*. México: FRIEDRICH EBERT STIFTUNG

Devaraj, S; Matta, K y Conlon, E. (2001) “Product and service quality: the antecedents of customer loyalty in the automotive industry” *Production and operations management*, 10 (4), pp. 424-439

Diaconu, M. (2011) “Technological innovation: concept, process, typology, and implications in the economy”, *Theoretical and Applied Economics*, 17(10), pp.117-144

Dickinson, H y Titley, A. (2010) “*Richard Trevithick. The engineer and the man*” Nueva York: Cambridge University Press

Diessler, G. (2010) “Las patentes como fuente de información para la innovación en entornos competitivos”, *Información, cultura y sociedad*, 22, 43-77

Dussel, E y Gallagher, K. (2013) “El huésped no invitado del TLCAN: China y la desintegración del comercio en América del Norte” *Revista CEPAL*, 110, pp. 85-111

Ehsani, M; Gao, Y; Gay, S y Emadi, A. (2015) *Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles*. Florida: CRC Press

European Commission (2009) *National Endowment for Science, Technology, and the Arts: NESTA*. Disponible en: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/regional-innovation-monitor/organisation/nesta-national-endowment-science-technology-and-arts> (Acceso: 8 Junio 2020)

EUCAR (2008) Disponible en: <https://www.eucar.be/about-eucar/> (Acceso: 28 junio 2020)

Fuss, M. y Waverman, L. (1986) “The Canada-US. Auto Pact of 1965: An Experiment in Selective Trade Liberalization”, *The National Bureau of Economic Research*. Disponible en: <https://www.nber.org/papers/w1953>

Gaiardelli, P; Sacconi, N y Songini, L. (2007) “Performance measurement of the after-sales service network. Evidence from the automotive industry”, *Computers in Industry*, 58(7), pp. 698-708

García, G. (2019) México ya es el sexto país donde más autos se fabrican. *Motorpasión* [blog] 30 abril. Disponible en : <https://www.motorpasion.com.mx/industria/mexico-sexto-pais-donde-autos-se-fabrican> [Consulta: 17 octubre de 2020]

Günther, H; Kannegiesser, M y Autentenrieb, N. (2015) “The role of electric vehicles for supply chain sustainability in the automotive industry” *Journal of Cleaner Production*, 90(1), pp. 220-233

Guzmán, A. (2015) *Propiedad intelectual y capacidades de innovación en la industria farmacéutica de Argentina, Brasil y México*. 1ª ed. México: Gedisa

Guzmán, A; Gómez, H y López, F. (2018) “Patentes y el crecimiento económico, el caso de México durante el TLCAN”, *Economía Teoría y Práctica*, número especial (4), pp. 177-214

Hernández, J. (2017) “Capacidades tecnológicas y organizacionales de las empresas mexicanas participantes en la cadena de valor de la industria aeronáutica”, *Economía Teoría y Práctica*, 47, pp 65-89

Holweg, T; Davies, P and Podpolny, D. (2009) *The competitive status of the UK automotive industry*. Reino Unido: PICSIE Books

INEGI. (2018) Parque vehicular. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/>

Karwatka, D. (2015) “Nicholas-Joseph Cougnot and his steam carriage”, *Magazines*, 6 (74), pp. 10-11

Koujianou, P y Verboven, F. (2001) “The evolution of price dispersion in the European car market”, *The Review of Economic Studies*, 68(4), pp. 811-848

Laosirihongthong, T.; Paul, H y Speece, M. (2003) “Evolution of manufacturing technology implementation: an empirical study in the Thai automotive industry”, *Technovation*, 23(4), pp. 321-331

Laursen, K. (2015) “Revealed comparative advantage and the alternatives as measure of international specialization”, *Eurasian Business Review*, (5), pp. 99-115

Maldonado, K. (2018) *Especialización tecnológica de países emergentes. Brasil, México, China e India, 1996-2015*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Metropolitana. Disponible en: <http://tesiuami.izt.uam.mx/uam/asp/am/presentatesis.php?recno=22669&docs=UAMI22669.pdf> (Acceso: Marzo 2019)

Malerba, F. (2002) “Sectoral systems of innovation and production”, *Research Policy*, 31(2), pp. 247-264

Malerba, F. (2003) “Sectoral Systems and Innovation and Technology Policy”, *Revista Brasileira de Inovacao*, 2(2), pp. 329-375

Malerba, F; Mancusi, M.L y Montobbio, F. (2001) “The Determinants of Technological Specialization and Its Dynamics”, *Sectoral Systems in Europe – Innovation, Competitiveness and Growth (ESSY)*, 3,

Malerba, F y Montobbio, F. (2003) “Exploring factors affecting international technological specialization: the role of the knowledge flows and the structure of innovative activity”, *Journal of Evolutionary Economics*, 13, pp. 411-434

Malerba, F y Nelson, R. (2009) “Sistemas sectoriales, alcance y desarrollo económico”, *Economía Teoría y Práctica*, 1, pp. 41-62

Malerba, F; Orsenigo, L y Peretto, P. (1997) “Persistence of innovative activities, sectorial patterns of innovation and international technological specialization”, *International Journal of Industrial Organization*, 15(6), pp. 801-826

Mancusi, M.L. (2001) “Technological specialization in industrial countries: Patterns and dynamics”, *Review of World Economics*, 137, pp. 593-621

Martín, Ma. De la Luz; Cruz, I y Rivera, D. (2016) “Innovación, generación de capacidades tecnológicas y competitividad empresarial”, *Economía y Sociedad*, 35, pp. 21-48

Miozzo, M. (2002) “Sectoral Specialization in East Asia and Latin America compared”, *Brazilian Journal of Political Economy*, 22(4), pp.48-68

Midgley, P. (2011) “Bicycle-sharing schemes: enhancing sustainable mobility in urban areas”, *United Nations*, 8, pp. 1-24

Molero, J y López, S. (2017) “El patrón de especialización revelado por las ventajas tecnológicas. La evolución de la industria española comparada”, *Universidad Complutense de Madrid*, 406, pp. 45-58

Montoya, O. (2004) “Schumpeter, innovación y determinismo tecnológico”, *Scientia et Technica*, 2(25), pp. 209-213

Nemry, F y Brons, M. (2010) *Plug-in hybrid and batter electric vehicles*. Luxembourg: Publications Office of the European Union

OCDE. (2019) Passenger car registrations. Disponible en: <https://data.oecd.org/transport/passenger-car-registrations.htm>

OCDE (2006) *Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación: Manual de Oslo*. Disponible en: http://conveniosenaidt.com/assets/manual_de_oslo.pdf (Acceso: 15 junio 2019)

OCDE. (2015) *Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental: Manual de Frascati*. Disponible en: https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/manual-de-frascati-2015_9789264310681-es#page1 (Acceso: 20 junio 2020)

OICA. (2015) *International Organization of Motor Vehicle Manufacturers*. Disponible en: <http://www.oica.net/2015-production-statistics/> (Acceso: 18 de junio 2020)

OICA. (2019) *International Organization of Motor Vehicle Manufacturers*. Disponible en: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2019-statistics/> (Acceso: 18 de junio 2020)

OIT. (2019) *Perspectivas sociales y del empleo en el mundo*. Disponible en: https://www.ilo.org/global/research/global-reports/weso/2019/WCMS_670569/lang--es/index.htm

INCyTU (2018) Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión. Disponible en: <http://www.foroconsultivo.org.mx/FCCyT/incytu/11.pdf> (Acceso: 06 julio 2019)

Ohlin, B. (1993) *Interregional and international Trade*. Massachusetts: Harvard University Press

Pavit, K. (1999) *Technology, Management and Systems of Innovation*. Reino Unido: Edward Elgar Publishing

Pavit, K. (1988) “Uses and abuses of patent statistics”. In: A.F.J VAN RAAN, ed. *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology*. North Holland: Elsevier Science, pp. 509-536

Pianta, M y Meliciani, V. (1996) “Technological specialization and economic performance in OECD countries”. *Technology Analysis & Strategic Management*,8(2) pp. 157-174

Porter, M. (2007) “La ventaja competitiva de las naciones”, *Harvard Business Review*, 85(11), pp. 69-95

Puyana, A. (2020) “Del tratado de libre comercio de América del Norte al acuerdo México-Estados Unidos-Canadá. ¿Nuevo capítulo de la integración México-Estados Unidos?”, *El trimestre económico*, 3(347), pp. 635-668

Randall, T. (2016) “Here’s How Electric Cars Will Cause the Next Oil Crisis”, *Bloomberg*

Ricardo, D. (1817) *Principios de Economía Política y Tributación*. México: FCE

Román, R. (2000) “Lecciones administrativas a partir de la historia del modelo de producción fordista”, *Tecnura*, 3(6), pp.66-74

Ruíz, A. (2013) “Especialización tecnológica, captura y formación de competencias bajo integración de mercados: comparación entre Asia y América Latina”. *Economía e Sociedad*, 22(3), pp.

Ruíz, A. (2019) “Diferencias entre el TLCAN y el TMEC y sus posibles impactos para México” *Perfiles de las Ciencias Sociales*, 7 (13), pp.1-19

Sanz, L y Aria, E. (1998) “Especialización y capacidades tecnológicas de las regiones españolas: un análisis a través de las patentes europeas”, *Documento de trabajo 98-10*, Madrid: IESA

Schumpeter, J. (1911) *The Theory of Economic Development*. New York: Routledge

Schumpeter, J. (1934) *Teoría del desenvolvimiento económico: Una investigación sobre ganancias, capital, crédito y ciclo económico*. México: FCE

Schumpeter, J. (1942) *Capitalism, Socialism and Democracy*. United States: Harper & Brothers

SICE (2020) Sistema de Información para Comercio Exterior. Disponible en: http://www.sice.oas.org/trade/nafta_s/an300a.asp (Consultado: 10 octubre 2020)

Smit, A. (1776) *Investigación sobre la naturaleza y causa de la riqueza de las naciones*. México: FCE

Suárez, D y Erbes, A. (2016) “Innovación, capacidades y desempeño económico. Un análisis de convergencia entre países en el marco de los Sistemas Nacionales de Innovación”. In: Guzmán, A; Yoguel,G y Llamas, I,

ed. *Innovación en América Latina: Argentina, Colombia y México*. México: Biblioteca nueva, pp. 23-78

Thomke, S. (1998) “Managing Experimentation in the Design of New Products”, *Management Science*, 44(6), pp. 743-877

Triay, S. (1997) “Del fordismo al toyotismo. Una aproximación al caso de Motor Ibérica: Perspectiva histórica 1920-1995” *Economía Industrial*, 315, pp. 185-195

USBLS. (2018) Automotive service technicians and mechanics. Disponible en: <https://www.bls.gov/oes/current/oes493023.htm>

Unger, K; Garduño, R e Ibarra, J.E. (2014) “Especializaciones reveladas y ventajas competitivas en el Bajío mexicano”, *EconoQuantum*, 11(2)

Urraca, A. (2005) “Empresas multinacionales, especialización tecnológica y convergencia en países catching-up: América Latina”, *Economía e Sociedade*, 14(1), pp. 1-23

Vicencio, A. (2007) “La industria automotriz en México. Antecedentes, situación actual y perspectivas”, *Contaduría y Administración*, 221(64), pp. 211-248

Vliet, O; Brouwer, A; Karamuchi, T; Broek, M. y Faaij, A. (2011) “Energyuse, cost and CO₂ emissions of electric cars”, *Journal of Power Sources*, 196(4), pp. 2298-2310

Wong, P y Singh, A. (2005) “Technological specialization and convergence of small countries: The case of the Late-industrializing Asian NIEs”. *Development and Comp Systems*

Workman, D. (2020) Car exports by country. World’s top exports [blog] 26 de abril de 2020. Disponible en: <http://www.worldstopexports.com/car-exports-country/> [Consultado: mayo de 2020]

Zhang, Y; Qian, S y Sprei, F. (2016) “The impact of car specifications, prices and incentives for battery electric vehicle in Norway: choices of heterogeneous consumers”, *Transportation Research*, pp. 386-401

ANEXO ESTADÍSTICO

Código para cada clase tecnológica de acuerdo con la clasificación de la USPTO

Clase Tecnológica	Código
Herrajes diversos	16
Plantas de energía	60
Medición y prueba	73
Elementos o Mecanismos de Máquina	74
Motor de combustión interna	123
Neumáticos y ruedas resistentes	152
Vehículos de motor	180
Frenos	188
Electricidad: transmisión a vehículos	191
Embragues y control de parada de potencia	192
Portadores de paquetes y artículos	224
Sistemas de calefacción	237
Dispositivos de resorte	267
Vehículos terrestres	280
Defensas de vehículos	293
Vehículos terrestres: cuerpos y tapas	297
Sillas y asientos	298
Sistemas de frenos de presión fluida y análogos	303
Transmisión eléctrica o sistemas de interconexión	307
Electricidad: sistemas y dispositivos eléctricos	318
Electricidad: medición y prueba	340
Comunicaciones: eléctricas	342
Electricidad: sistemas de potencia motriz	361
Iluminación	362
Química y procesos productores de corriente eléctrica	429
Ventilación	454
Sistemas de control genérico o aplicaciones específicas	700
Vehículos, navegación y ubicación relativa	701
Procesamiento de datos: inteligencia artificial	706

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO

Patentes otorgadas a México, Estados Unidos y Canadá por clase tecnológica, 1994-2105

Clase Tecnológica	México	Estados Unidos	Canadá	Total
Herrajes diversos	3	3071	138	3212
Plantas de energía	7	12680	480	13167
Medición y prueba	4	26918	756	27678
Elementos o Mecanismos de Máquina	4	7043	228	7275
Motor de combustión interna	2	12697	533	13232
Neumáticos y ruedas resistentes	0	1472	19	1491
Vehículos de motor	2	8382	383	8767
Frenos	8	3890	116	4014
Electricidad: transmisión a vehículos	0	197	5	202
Embragues y control de parada de potencia	2	2893	91	2986
Portadores de paquetes y artículos	1	2466	109	2576
Sistemas de calefacción	2	383	34	419
Dispositivos de resorte	5	2167	39	2211
Vehículos terrestres	10	14262	619	14891
Defensas de vehículos	0	621	35	656
Vehículos terrestres: cuerpos y tapas	2	6179	442	6623
Sillas y asientos	1	244	16	261
Sistemas de frenos de presión fluida y análogos	0	1765	24	1789
Transmisión eléctrica o sistemas de interconexión	2	6531	188	6721
Electricidad: sistemas y dispositivos eléctricos	1	6553	170	6724
Electricidad: medición y prueba	11	31547	1082	32640
Comunicaciones: eléctricas	1	11128	332	11461
Electricidad: sistemas de potencia motriz	3	27164	587	27754
Iluminación	5	11241	391	11637
Química y procesos productores de corriente eléctrica	1	9605	651	10257
Ventilación	0	2773	114	2887
Sistemas de control genérico o aplicaciones específicas	5	18494	473	18972
Vehículos, navegación y ubicación relativa	0	19840	472	20312
Procesamiento de datos: inteligencia artificial	2	8157	147	8306

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO

Índices de VTR para México, Estados Unidos y Canadá por clase tecnológica, 1994-2015

Clase Tecnológica	México	Estados Unidos	Canadá
Herrajes diversos	1.762	1.001	0.972
Plantas de energía	0.463	1.005	0.847
Medición y prueba	0.771	1.015	0.549
Elementos o Mecanismos de Máquina	0.000	1.010	0.721
Motor de combustión interna	0.844	1.008	0.774
Neumáticos y ruedas resistentes	1.703	0.995	1.131
Vehículos de motor	0.000	0.993	1.225
Frenos	0.312	0.968	1.969
Electricidad: transmisión a vehículos	1.377	0.998	1.042
Embragues y control de parada de potencia	0.346	1.012	0.656
Portadores de paquetes y artículos	1.080	0.999	1.029
Sistemas de calefacción	0.476	1.007	0.784
Dispositivos de resorte	0.953	1.004	0.868
Vehículos terrestres	0.000	1.020	0.416
Defensas de vehículos	0.967	0.964	2.071
Vehículos terrestres: cuerpos y tapas	0.000	0.978	1.655
Sillas y asientos	2.152	0.990	1.290
Sistemas de frenos de presión fluida y análogos	7.245	1.013	0.547
Transmisión eléctrica o sistemas de interconexión	15.293	0.945	2.518
Electricidad: sistemas y dispositivos eléctricos	1.244	0.989	1.313
Electricidad: medición y prueba	2.146	1.001	0.946
Comunicaciones: eléctricas	0.000	1.008	0.768
Electricidad: sistemas de potencia motriz	6.385	1.002	0.897
Iluminación	0.731	0.988	1.355
Química y procesos productores de corriente eléctrica	2.992	0.988	1.333
Ventilación	0.000	1.020	0.395
Sistemas de control genérico o aplicaciones específicas	0.484	0.992	1.250
Vehículos, navegación y ubicación relativa	0.280	1.004	0.899
Procesamiento de datos: inteligencia artificial	12.275	0.966	1.902

Fuente: Elaboración propia con datos de USPTO

Sistemas básicos y componentes del automóvil

Sistema	Descripción
Motor	Es el sistema más importante del automóvil ya que permite el funcionamiento del mismo, este se da por la obtención de energía mecánica que es producida por la ingeniería química por el combustible que arde dentro de la cámara de combustión.
Refrigeración	Este sistema se encarga de el calor que es generado por la combustión del motor para mantenerlo a la temperatura adecuada para que los lubricantes no pierdan sus propiedades.
Electrico	Está compuesto de una batería de 12 voltios la cual le proporciona la corriente de arranque al motor, que junto con el alternador dan corriente eléctrica a los accesorios del coche.
Carrocería y chasis	Son los elementos que le otorgan la estructura rígida y permite el reposo de los pasajeros. Brinda las protecciones necesarias para los competentes mecánicos del vehículo y los pasajeros.
Suspensión	Se encuentra ubicado entre el chasis y la carrocería; se encarga de reducir las fluctuaciones producidas por el camino impidiendo que estas se transmitan a los pasajeros.
Transmisión	Este sistema se encarga de transmitir a la potencia suficiente para que las ruedas giren.
Confort	Accesorios y sistemas que brindan comodidad a los pasajeros durante el viaje.
Computarizados e Inteligencia Artificial	Accesorios y sistemas que brindan comodidad a los pasajeros durante el viaje.
Rines, llantas y frenos	Es un conjunto de dispositivos que trabajan coordinadamente para soportar el peso del coche, así como permitir el arranque o alto del automóvil.

Fuente: Elaboración propia con información recabada de páginas web.