

Desarrollo desigual en el complejo automotriz México-Estados Unidos: control monopólico del conocimiento y migración altamente calificada

Unequal development in the Mexico-United States automotive complex: monopoly control of knowledge and highly skilled migration

Mateo Crossa Niell*

ISSN IMPRESO 1870-7599 | ISSN RED CÓMPUTO 2448-7783 | 33-64

Raúl Delgado Wise**

RECIBIDO 23/07/21 | ACEPTADO 07/08/21

Resumen. El objetivo de este trabajo es analizar un aspecto crítico de la dinámica de desarrollo desigual que se gesta en el complejo automotriz México-Estados Unidos a lo largo de las últimas cuatro décadas. Nos referimos al control monopólico que las grandes firmas automotrices asentadas en el clúster tecnológico georreferenciado en Detroit, Michigan, ejercen sobre la esfera de la innovación. Se argumenta que dicho ecosistema, que opera como centro neurálgico del complejo automotriz regional hegemónico por Estados Unidos, descansa crecientemente en la participación de fuerza de trabajo científico-técnica proveniente del extranjero. Se perfila con ello una marcada división del trabajo al seno de la industria automotriz regional, donde a México le ha correspondido especializarse en las actividades intensivas en fuerza de trabajo y aportar un amplio contingente de ingenieros para satisfacer la demanda laboral generada en el clúster estadounidense, especializado en las actividades intensivas en conocimiento.

Palabras clave: industria automotriz, migración altamente calificada, desarrollo desigual, complejo automotriz México-Estados Unidos, clúster tecnológico de Detroit.

Abstract. The goal of this article is to analyze a critical aspect of the dynamic of unequal development that has been bred within the Mexico–United States automotive complex throughout the past four decades. We discuss the monopoly control that the large automotive companies situated in the Detroit technological cluster, Michigan, exercise over the innovation sphere. It argues that this ecosystem, which operates as the nerve center of the regional automotive complex over which the United States exercises hegemonic control, increasingly relies on the growing participation of the scientific-technical labor force originating abroad. There is a marked division of labor at the heart of the regional automotive industry, where Mexico notably contributes a significant labor force with a surplus army of engineers to satisfy the labor demand residing within the United States cluster, particularly in knowledge-intensive roles.

Keywords: automotive industry, highly skilled migration, unequal development, Mexico–United States automotive complex, Detroit technology cluster.

* Mexicano. Doctor en Estudios Latinoamericanos por la Universidad Nacional Autónoma de México y en Estudios del Desarrollo por la Universidad Autónoma de Zacatecas. Correo-e: mcrossa@institutomora.edu.mx

** Mexicano. Docente investigador de la Unidad Académica en Estudios del Desarrollo, Universidad Autónoma de Zacatecas. Presidente de la Red Internacional de Migración y Desarrollo. Correo-e: rdwise@uaz.edu.mx

Introducción

La reestructuración productiva mundial y la formación de cadenas globales de producción y distribución ha dado paso a una innumerable cantidad de investigaciones científico-sociales centradas en buscar mecanismos de escalamiento industrial para que las economías periféricas, subdesarrolladas o dependientes puedan supuestamente ascender en la generación de valor agregado y, por tanto, avanzar en las etapas de desarrollo; sin embargo, esta intención se topa con trabas estructurales asociadas al control monopólico de los bienes intangibles ejercido por los países centrales (Págono, 2014). Como lo han demostrado diversos estudios, las cadenas globales de valor se constituyen como articulaciones mundiales del proceso productivo en las que las corporaciones dominantes, provenientes de las principales potencias imperialistas, ejercen control sobre toda la cadena por medio de diversos mecanismos que les garantizan el tutelaje monopólico sobre el conocimiento científico-técnico y, con ello, la apropiación sistemática de ingentes rentas tecnológicas (Rikap y Flacher, 2020; Durand and Milberg, 2018; Olivos, 2014; Delgado Wise y Chávez Elorza, 2016). En esa perspectiva, al mostrar el dominio que las grandes corporaciones ejercen sobre el curso de la economía mundial mediante el control estratégico de la esfera de innovación —vía la apropiación y concentración de patentes—, se evidencia la falacia *win-win-win* de las posturas proempresariales que conciben el desarrollo de cadenas globales de valor como una palanca para el desarrollo industrial de las economías periféricas.

Más allá de la importancia estratégica de la innovación para la apropiación de rentas monopólicas (Lambert, 2020; Rikap, 2019), relativamente poca atención se ha puesto en la dinámica de generación de nuevos conocimientos —bienes intangibles—, es decir, en lo que Págono (2014) denomina *monopolios intelectuales*. La escasa literatura acerca de la producción de conocimiento en este ámbito revela que las grandes corporaciones que tutelan las cadenas globales de producción son también las que monopolizan el trabajo intelectual global, i.e. lo que Karl Marx habría denominado *General intellect*¹ (Durand y Milberg, 2018). Esta situación, que

¹ En los *Grundrisse*, Marx (1980) alude al *general intellect* como una fuerza inmediata de producción que entraña una combinación de habilidades tecnológicas e intelecto social o conocimiento general social. Se refiere, en este sentido, al *general intellect* como forjador del cambio radical en la subsunción del trabajo al capital.

profundiza el desarrollo desigual, se traduce en la enajenación de capacidades científicas y tecnológicas de los países periféricos y el drenado de fuerza de trabajo altamente calificada hacia las economías centrales. Al respecto, Rikap y Flacher (2020) demuestran que las economías periféricas, en lugar de construir lógicas económicas de *catching-up* y de escalamiento industrial endógeno, generan conocimiento científico-técnico por medio de planes de inversión, desarrollo y formación de fuerza de trabajo calificada que, a la postre, es transferido a las economías centrales y apropiado por el gran capital corporativo mediante la concentración y centralización de patentes. Por su parte, Delgado Wise (2020), a través de un análisis del ecosistema de innovación de Silicon Valley, constata que las economías centrales ejercen el control monopólico del conocimiento por medio de una organización del trabajo científico-técnico que posibilita la generación abierta de conocimiento (*open innovation*) y su control y apropiación privada por el capital monopolista. En este análisis se evidencia que las nuevas modalidades de innovación operan como una suerte de arcas de expropiación del *general intellect* y del conocimiento científico-técnico generado por fuerza de trabajo migrante altamente calificada proveniente en buena medida del Sur global. Ello demuestra que el control monopólico del conocimiento no puede reducirse a la apropiación de patentes y manipulación de precios, sino que entraña una compleja modalidad de generación y apropiación de trabajo científico-técnico que, en el fondo, implica nuevas formas de dependencia y expropiación del Sur global. Así, la transferencia de valor y el desarrollo desigual entre centro y periferia no se restringe al comercio de bienes tangibles al seno de las cadenas globales, sino que implica también y de manera fundamental la apropiación del potencial para obtener ganancias extraordinarias o rentas monopólicas encarnadas en los bienes intangibles (Delgado *et al.*, 2016).

A partir de la relación asimétrica y subordinada entre México y Estados Unidos y, en concreto, en el caso de la industria automotriz, el propósito de la presente investigación es contribuir a desentrañar el control monopólico del complejo automotriz México-Estados Unidos que se ejerce por medio del clúster tecnológico de Detroit. Este ecosistema científico-tecnológico funge como columna vertebral del sistema de innovación de la industria automotriz regional, el cual se nutre, de modo creciente, de fuerza de trabajo migrante altamente calificada proveniente de países periféricos y emergentes, como es el caso de México. En ese sentido, en el marco de la división del trabajo que se gesta al seno de la industria, México es compelido a fungir como una plataforma especializada

en el ensamble de automóviles y autopartes para la exportación a Estados Unidos, sin detentar un control soberano sobre la producción de conocimiento científico y tecnológico que se aplica en el sector.

Nuestro argumento parte de una breve descripción, a manera de contextualización, del proceso de reestructuración mundial que experimenta el sector automotriz bajo la égida del neoliberalismo. En seguida se examinan las principales transformaciones que se gestan en la esfera de la innovación, con énfasis en la nueva arquitectura institucional que posibilita el control estratégico de los productos del trabajo científico y tecnológico —i.e. del *general intellect*— por las grandes firmas automotrices. Luego se incursiona en el caso de Detroit, hecho que precisa la peculiar configuración del ecosistema de innovación que allí se establece y que lo convierten en el centro neurálgico de la cadena productiva y de servicios de la industria. Después, se aborda el caso de México, se muestra el papel asimétrico y subordinado —sin prácticamente injerencia en el ámbito de la innovación— al que son relegados los segmentos del proceso productivo que se instauran en el país. Por último, se analiza la conexión Detroit-México, se subraya la creciente y paradójica importancia de la migración mexicana altamente calificada en esta trama. El trabajo cierra con una breve reflexión, a manera de conclusión, acerca de las contradicciones y desafíos que el complejo automotriz México-Estados Unidos entraña para el desarrollo industrial de México de cara al siglo XXI.

Apuntes sobre la reestructuración global del sector automotriz

A raíz del doble choque petrolero de la década de 1970 se inaugura una nueva fase en el desarrollo de la industria signado por la competencia monopólica entre las grandes firmas automotrices (Cutcher-Gershenfeld *et al.*, 2015). Esta fase, que perdura hasta nuestros días, se caracteriza por lo siguiente: *a*) una diversificación productiva asociada al comercio de automóviles eficientes en el consumo de gasolina, y *b*) un cambio trascendental en el sistema de producción de automóviles derivado de la introducción del toyotismo y el consecuente desplazamiento del fordismo. El ascenso y creciente presencia de corporaciones no-estadounidenses, especialmente japonesas, en la producción mundial ofuscó el protagonismo de las tres grandes empresas automotrices estadounidenses: Ford, Chrysler (hoy FCA) y General Motors. Por su parte, China desplazó a Estados

Unidos en términos del consumo masivo de automóviles, al concentrar, en 2018, casi 30 por ciento de las ventas mundiales de autos.

Independientemente de la importante concentración y centralización del capital que caracteriza a esta fracción del capital monopolista, dicha situación devela el desencadenamiento de una fuerte y desembozada pugna inter-imperialista por el control estratégico de la industria automotriz. Si en la década de 1980, las tres grandes estadounidenses controlaban 90 por ciento del mercado automotriz en Estados Unidos, en la actualidad sólo dominan alrededor de 40 por ciento de las ventas en su propio territorio. A escala mundial, en 2016, estas corporaciones sólo controlaban 19 por ciento del total de las ventas de vehículos frente al creciente protagonismo de empresas no-estadounidenses. Además de la persistencia de una fuerte competencia al seno de la industria, se evidencia un elevado grado de concentración monopólica en el sector, donde 14 empresas dan cuenta de 76 por ciento del total de producción, es decir, de 73 de los 95 millones de vehículos producidos en el mundo.²

Aun cuando la industria automotriz ha pasado por un periodo de internacionalización de sus procesos productivos, se distingue de otras actividades manufactureras por el patrón territorial regional en el que se desenvuelve. Mientras que industrias como la electrónica y textil se han mundializado por completo, a grado tal que la producción suele localizarse en un extremo del mundo opuesto al lugar de consumo, en la industria automotriz los altos costos de transporte que requiere el traslado de autopartes y vehículos terminados hacen que el aparato de producción se localice en la colindancia del mercado de consumo final. Lo anterior, además de posibilitar la optimización de los costos de transporte, ha dado origen a una división territorial/regional de la industria (Dicken, 2007). Los tres mercados automotrices más importantes del mundo son la Unión Europea, en 2017 se vendieron 22.1 millones de automóviles (23 por ciento del total mundial); Asia Oriental, las ventas ascendieron a 44 millones de automóviles (44 por ciento del total mundial); y Estados Unidos, con un registro de 17 millones de automóviles vendidos (18 por ciento del total mundial). Estas tres grandes regiones absorben el 85 por ciento de las ventas mundiales de vehículos y es, precisamente por ello, que las principales plantas de ensamble de las firmas automotrices se localizan ahí.

² La competencia internacional automotriz causó que Chrysler, una de las Tres Grandes, tuviera que fusionarse con Fiat y Peugeot para sobrevivir de manera competitiva.

Las tres regiones concentran la mayor cantidad de plantas de ensamble. En el caso de Asia hay 420, destaca China donde se localizan 244 que abastecen al inmenso mercado automotriz de ese país, en el caso de Europa sobresalen Alemania e Inglaterra con 22 y 23 plantas respectivamente, aunque también son relevantes los casos de Italia, España y Francia. Por último, en Norteamérica existen 114 plantas de ensamble, 80 se ubican en Estados Unidos, 24 en México y 9 en Canadá. La regionalización de la industria automotriz no sólo responde a la localización de las plantas de ensamble cercana al mercado final, sino también al hecho de que la industria de proveeduría de autopartes de igual modo se localiza próxima a la industria de ensamble final. Esta distribución geográfica responde asimismo al esquema toyotista de producción justo-a-tiempo, en el que las empresas de autopartes orbitan cerca de las plantas de ensamble para realizar las entregas periódicas requeridas diariamente en las líneas de montaje (Sturgeon *et al.*, 2008; Klier y Rubenstein, 2008).

A diferencia de la arquitectura industrial fordista, donde predominaba el modelo de integración vertical en el cual las firmas automotrices administraban y ejecutaban íntegramente el proceso de producción, en el toyotismo (*lean production*) opera la flexibilización y redistribución espacial de la cadena productiva y la externalización de la industria de autopartes (*outsourcing*), de manera que lo que antes eran departamentos de las firmas especializados en ciertos sistemas de la cadena productiva y de valor del automóvil, ahora son empresas de autopartes subordinadas a las necesidades de las firmas automotrices que localizan sus plantas industriales cerca de las ensambladoras a fin de generar una articulación industrial regional altamente dinámica.³ De ahí que el proceso de regionalización de la industria automotriz implique una división del trabajo al seno de la industria acompañada de una articulación territorial densa de los diferentes eslabones de la cadena productiva.

Transformación del sistema de innovación de la industria automotriz en el mundo

Uno de los elementos más significativos en la reestructuración de la industria automotriz a escala global es el control corporativo sobre la creación de bienes

³ Un ejemplo claro de esto son los *spin-off* de General Motors dedicados a la producción de equipo eléctrico-electrónico como Delphi.

intangibles, i.e. aquellos bienes vinculados con la creación y aplicación de nuevas tecnologías y diseños (Corrado *et al.*, 2012).⁴ Como resultado, la nueva arquitectura productiva global se desarrolla sobre lo que Págono y Rossi denominaron «capitalismo monopolista intelectual» en referencia a una concentración de ganancias extraordinarias de las grandes corporaciones por medio de procesos de privatización global del conocimiento y su apropiación como renta tecnológica (Págono y Rossi, 2009).

En contraste con el fordismo, sustentado en esencia en una estandarización de la producción basada en economías de escala, la nueva arquitectura exige la incorporación cada vez más acelerada de nuevos contenidos científico-tecnológicos para el diseño e implementación de renovados modelos automotrices en función de las características y dimensiones de cada mercado regional. Ello ha propiciado que la innovación en la industria automotriz haya experimentado un proceso de profunda reestructuración y flexibilización en el que los avances científico-tecnológicos no se reducen, como en la etapa fordista, a la investigación llevada a cabo a «puertas cerradas» en departamentos de investigación y desarrollo (I+D) de las firmas automotrices. Por ende, con este conjunto de transformaciones, se gestó, en el sentido más amplio del término, una nueva cultura de la innovación basada en la intensificación e internacionalización de las actividades científico-tecnológicas (Delgado y Chávez, 2015).

Cabe subrayar al respecto, que actualmente la inversión de la industria automotriz en I+D a nivel global se ubica apenas por debajo de la realizada por la industria farmacéutica. El grueso de las inversiones en este ámbito se concentra en el desarrollo de nuevos productos y procesos, lo que demanda una creciente participación de ingenieros y técnicos ubicados en la frontera del conocimiento. Según datos de Moavenzadeh, el desarrollo de un vehículo nuevo cuesta entre 500 y mil millones de dólares y toma alrededor de tres años entre el diseño inicial y su ensamble estandarizado en plantas terminales. El costo del desarrollo de un nuevo motor oscila entre 100 y 500 millones de dólares, mientras que el desarrollo de una nueva transmisión, entre 50 y 250 millones de dólares. Todas estas funciones son realizadas de forma íntegra por las firmas automotrices, de

⁴ En 2016 la industria automotriz invirtió en promedio 10 mil millones de dólares anuales en actividades de I+D, lo cual representó 16 por ciento del total de inversiones en I+D a escala mundial. De esa cantidad VW, Toyota, GM, Ford, Daimler, Nissan and Honda controlan 40 por ciento del total de inversiones y se ubican entre las 30 empresas con mayores inversiones en I+D a escala mundial. Datos tomados del reporte de Industrial Research Institute titulado «2016 Global R&D Funding Forecast», recuperado de https://www.iriweb.org/sites/default/files/2016GlobalR%26DFundingForecast_2.pdf, p. 19.

manera que la aplicación y el desarrollo ingenieril es clave para el dominio corporativo en esta actividad (Moavenzadeh, 2008). De hecho, siete de las 20 corporaciones mundiales que registran mayores inversiones en I+D en el mundo son firmas automotrices.⁵

Durante el fordismo, las firmas automotrices concentraban los centros de I+D en sus países de origen para diseñar allí los automóviles y todas las partes basadas en el nuevo prototipo eran manufacturadas en las diferentes plantas de ensamble distribuidas globalmente. Por ejemplo, General Motors y Ford tenían sus principales centros de investigación y desarrollo en Warren y Dearborn, respectivamente, donde se diseñaban todos los automóviles y sus partes. Sin embargo, con el predominio del toyotismo en la organización de la producción, las firmas externalizaron la producción de autopartes a terceros para concentrarse estratégicamente en el diseño de prototipos de modelos de vehículos a los cuales las corporaciones de autopartes están obligadas a adaptarse (Sturgeon *et al.*, 2008). En otras palabras, las grandes firmas automotrices dejaron de estar directamente a cargo del diseño y la innovación de todo el proceso productivo y sólo se concentran en los eslabones que les garantizan el control sobre el conjunto de la cadena productiva, es decir, se enfocan en el diseño del modelo y las autopartes con mayor valor agregado. Se trata en específico de actividades intensivas en conocimiento y que demandan de trabajo científico y tecnológico sobre todo ingenieril de frontera.

Todo esto ha dado lugar a un nuevo patrón territorial en la esfera del diseño de prototipos, donde las firmas automotrices expanden sus operaciones de investigación y desarrollo a escala global, pero sin perder de vista la localización de sus centros de I+D cerca de los mercados regionales con el propósito de adaptar proactivamente los diseños de vehículos a la demanda local. La ubicación de estos centros, circundante a las firmas automotrices, contribuye a la formación de ciudades científico-tecnológicas, donde se generan sinergias colectivas que aportan al diseño e innovación automotriz y de autopartes en correspondencia con la demanda y peculiaridades regionales (Sturgeon *et al.*, 2009).

Las ciudades científico-tecnológicas se integran a través de un tejido intra e inter-relacional (Lorenzen y Mudambi, 2013). La dimensión intrarrelacional se refiere a la articulación interna de un ecosistema de innovación densamente

⁵ <https://www.ideatovalue.com/inno/nickskillicorn/2019/08/top-1000-companies-that-spend-the-most-on-research-development-charts-and-analysis/>

conectado donde fluye información y fuerza de trabajo altamente calificada a su interior, entre una amplia gama de participantes: firmas automotrices, empresas de autopartes, universidades e instancias públicas de investigación y desarrollo para generar y aplicar conocimiento de frontera (Porter, 1998). La dimensión interrelacional se refiere a la conexión que se produce entre ciudades científico-tecnológicas de diferentes regiones del mundo, cuya vinculación global resulta fundamental para la competitividad de las empresas. No todos los conocimientos requeridos son generados al seno del ecosistema, sino que, por su propia naturaleza, se articulan en el nivel externo (Storper, 1995). Se trata, en este sentido, de ecosistemas de innovación dinámicos y abiertos que operan mediante redes del conocimiento fuertemente interrelacionadas. Además de redes de intercambio entre ciudades tecnológicas especializadas, se establecen vínculos con clústers tecnológicos especializados en otros campos del conocimiento relacionados, como es el caso de las tecnologías de la información y comunicaciones, cuya relevancia se acrecienta a medida que la industria automotriz transita hacia la producción de automóviles eléctricos y vehículos autotripulados.⁶ Ello explica la existencia cada vez mayor de las firmas automotrices mundiales en Silicon Valley, donde se ha vuelto más significativa la inversión dedicada a la producción de tecnologías para automóviles autónomos.

El flujo de información y la vinculación intra e interrelacional en la esfera de la innovación ha provocado que esta actividad transite de modo paulatino a un modelo de *Open Innovation* (Moavenzadeh, 2008). Previamente, la circulación de información, diseños y desarrollo se reducía a las diferentes marcas de una firma donde, por ejemplo, Buick compartía sus invenciones y procesos con Oldsmobile, ambas marcas de General Motors. No obstante, a medida que la industria transita hacia la elaboración de automóviles eléctricos y, por ende, intensifica el uso de nuevas tecnologías, no sólo aumenta el flujo de información entre firmas automotrices y corporaciones de autopartes, sino que crecen también las colaboraciones entre firmas automotrices como la alianza realizada por General Motors-DaimlerChrysler-BMW para diseñar un automóvil híbrido que pudiera competir con el Toyota Prius o, más recientemente, las alianzas entre Renault-Nissan-Mitsubishi para elaborar carros eléctricos. De igual manera, se han producido fuertes vínculos estratégicos entre firmas automotrices y corporaciones de las

⁶ Thomas Franklin y Kate Gaudrin (2019), Patent trends study part five: automotive industry, recuperado de <https://www.ipwatchdog.com/2019/05/07/patent-trends-study-part-five-automotive/id=108960/>

tecnologías de la información como Google y Apple Inc con el fin de incursionar en el desarrollo de vehículos autotripulados. Estas alianzas y colaboraciones han provocado que las firmas automotrices abandonen de forma gradual el modelo ingenieril cerrado y fomenten la apertura y dinamicidad en el flujo de información, diseños, invenciones al interior y entre ciudades tecnológicas y entre grandes corporaciones.

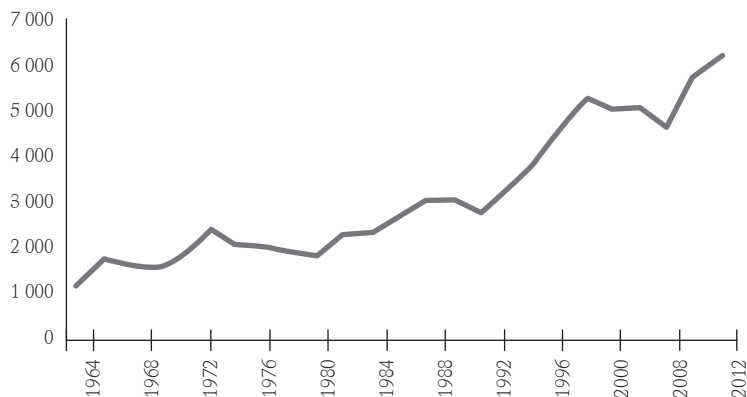
Pero el aumento de tránsito hacia un sistema de innovación abierta, i.e. hacia modalidades «colectivas» de organizar e impulsar los procesos de innovación: *peer-to-peer*, *share economy*, *commons economy* y *crowdsourcing economy*, tiene como contraparte el establecimiento de pautas cada vez más férreas para la apropiación y concentración privada de los productos del intelecto general (*general intellect*) a través de las *patentes*. Esto implica que la progresiva colaboración entre firmas automotrices y empresas de autopartes, y la creciente vinculación estratégica entre ciudades científico-tecnológicas del mundo, lejos de socializar y descentralizar la esfera de la innovación, ha contribuido a producir un mayor control monopólico de las firmas automotrices acerca del conocimiento por medio de las patentes; así que cualquier invención y colaboración se torna en propiedad privada que garantiza a los capitales monopólicos el dominio sobre el conjunto de la cadena productiva.

Al analizar los registros de patentes en Estados Unidos se verifica la relevancia que ha adquirido el control sobre bienes intangibles a partir de la década de 1980. Previamente a esta década, el mercado estadounidense estaba prácticamente monopolizado por las tres grandes empresas (GM, Ford y Chrysler), de ahí que el control sobre la innovación no tuviera la importancia que reviste en la actualidad. Empero, en los últimos 40 años se produce una feroz competencia en el seno del sector automotriz. El control de nuevos conocimientos y avances tecnológicos se convierte en un elemento toral de la dinámica de crecimiento industrial. No es casual, entonces, que en ese lapso se haya producido un aumento significativo en el registro de patentes, cuyo monto se triplicó entre 1980 y 2012, al pasar de 1.8 mil a poco más de 6 mil (véase gráfica 1).⁷

⁷ Estas cifras hacen referencia a las patentes de invención (*utility patents*). Una Patente de Invención es un derecho exclusivo que concede el Estado al creador de una invención, por el cual se impide a terceros no autorizados realizar actos de fabricación, uso u oferta para la venta o importación del producto objeto de la patente o producto obtenido directamente por medio del procedimiento objeto de la patente. Para mayor información véase <https://vinculacion.conicet.gov.ar/que-es-una-patente-de-invencion/>

GRÁFICA 1

Registro de patentes en Estados Unidos relacionadas con la industria automotriz



Fuente: United States patent and trademark office, «utility patents» granted by NAICS Industry Classification.

Cabe acotar que el considerable aumento de las patentes automotrices registrado en Estados Unidos vino acompañado de una amplia participación de inventores extranjeros. Si en 1964 se habían generado 80 por ciento de las patentes por residentes en Estados Unidos, en 2012 este porcentaje se redujo a 40 por ciento, con un aumento significativo de la participación de inventores residentes en Japón y Alemania (véase cuadro 1). Ello constata el vínculo inter e intrarrelacional en el proceso de innovación, donde aun cuando persiste un papel importante de inventores estadounidenses, se aprecia una participación mayor de inventores de otras regiones automotrices del planeta.

La internacionalización de la esfera de la innovación trajo consigo el control monopólico de la ciencia y de los avances tecnológicos, en la que grandes firmas automotrices se apropian de estos bienes intangibles a través del patentamiento. Así lo consignan los datos proporcionados por Justia Patent, ahí se muestra que a escala mundial Toyota ostenta un registro de 26 mil patentes, Honda de 23 mil, Nissan de 13 mil, General Motors de 11 mil 200, y Ford de 6 mil.⁸ Tan sólo estas cinco empresas concentran 16 por ciento del total de patentes automotrices registradas en el mundo.⁹

⁸ Datos tomados del sitio electrónico de Justia Patent (2017). «Company Profiles», recuperado de <http://companyprofiles.justia.com/>

⁹ Datos tomados de Patsnap (2017). Industrial Innovation: Major Auto Manufacturers, recuperado de <http://www.patsnap.com/resources/innovation/auto-manufacturers-major>

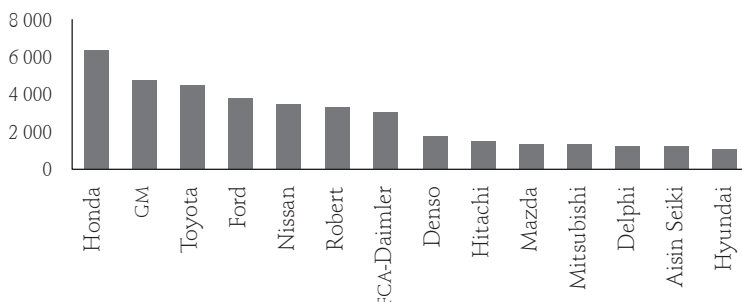
CUADRO 1
Distribución de patentes de la industria automotriz registradas
en Estados Unidos por residencia de inventor

	1964	1980	2012	1964	1980	2012
Estados Unidos	1 012	961	2 450	80%	51%	40%
Japón	4	345	1 753	0%	18%	29%
Alemania	78	260	881	6%	14%	14%
Francia	43	72	152	3%	4%	2%
Gran Bretaña	62	85	69	5%	5%	1%
Canadá	20	33	93	2%	2%	2%
Corea del Sur	0	0	195	0%	0%	3%
<i>Total</i>	1 267	1 882	6 090	100%	100%	100%

Fuente: Oficina de Patentes y Marcas Registradas de Estados Unidos (USPTO, por sus siglas en inglés) (2013).

En el caso de las patentes de la industria automotriz en Estados Unidos, la gráfica siguiente refleja con claridad que las firmas automotrices son las corporaciones que controlan la mayor cantidad de patentes acumuladas entre 1980 y 2012; de modo complementario, destaca que Robert Bosch figura actualmente como la mayor empresa mundial de autopartes. Es palpable el predominio que ejercen las grandes firmas automotrices sobre la apropiación de bienes intangibles o de los productos del *general intellect* por la vía de las patentes.

GRÁFICA 2
Empresas automotrices con el mayor registro de patentes acumuladas
en Estados Unidos entre 1980-2012



Fuente: United States patent and trademark office, «utility patents» granted by naics Industry Classification.

La concentración monopólica de patentes se produce mediante el control que ejercen las grandes corporaciones automotrices sobre el trabajo científico-tecnológico en el proceso de innovación. Referente a las empresas automotrices, la fuerza de trabajo calificada que labora en los centros de I+D es compelida a renunciar a sus derechos de invención desde el momento en que se le contrata. En efecto, al suscribir el contrato con la empresa el personal de investigación es obligado a renunciar a cualquier invención o innovación que desarrolle durante la vigencia del mismo. Como resultado, las innovaciones que realizan son propiedad exclusiva de la empresa, a la que absolutamente ceden todos los derechos.¹⁰

Cabe advertir que esa forma de subordinación del trabajo al capital es en esencia formal, puesto que la creatividad de los científicos e ingenieros que participan en los departamentos de I+D es una condición *sine-qua-non* del proceso de innovación. Sin embargo, dicha subordinación resulta hasta cierto punto anacrónica frente a las modalidades más avanzadas de investigación que se despliegan en los sistemas de innovación vanguardistas, como es el caso de Silicon Valley, donde la subordinación tiende a ser indirecta. Concerniente a esto, el trabajador científico y tecnológico participa en *startups*, es decir, en empresas independientes que llevan a cabo íntegramente el proceso de innovación y asumen parte o la totalidad del capital de riesgo involucrado, mientras que las corporaciones se apropian de los frutos de ese trabajo (vía adquisición de patentes), por medio de convenios específicos con la empresa o persona que ejecuta la innovación. En otras palabras, las empresas invierten sobre seguro, operan fundamentalmente como entes rentistas en el sentido más literal del término: obtienen beneficios derivados de la apropiación de un bien intangible (la patente) que no es producido ni reproducido por ellas.

En el sector automotriz, las invenciones son en absoluto discrecionales y los inventores no pueden hablar de ellas hasta que se oficializa o registra la patente (en ocasiones tal proceso demora años, según el tipo de invención). Si bien lo anterior garantiza un férreo control con respecto a los frutos de trabajo científico y tecnológico de parte de las empresas automotrices, tiende a limitar los alcances

¹⁰ Así lo mencionó en entrevista directa, un ingeniero mexicano contratado por una empresa de autopartes en Detroit, quien, refiriéndose a una herramienta de medición portátil que inventó, afirmó que «la empresa tramitó la propiedad de la herramienta en el departamento de patentes, estudiaron la invención para asegurarse de que no fuera copia y así evitar demandas por plagio, al final la registraron como patente a su nombre. A mí me retribuyeron con una cantidad monetaria, pero la propiedad de esa invención quedó a nombre de la empresa» (palabras de un entrevistado que trabaja contratado por una *headhunter* en un centro I+D de una corporación de autopartes).

del proceso de innovación abierta en el que participan, en contraste con el *modus operandi* de los ecosistemas de innovación más avanzados y dinámicos que existen en el presente, por ejemplo, el caso de Silicon Valley (Delgado, 2020).

Detroit: epicentro de la innovación automotriz de Estados Unidos

Localizado en el corazón industrial de Estados Unidos, Detroit fue alguna vez el centro manufacturero de la industria automotriz global. Durante gran parte del siglo XX esta ciudad concentró la mayor cantidad de la actividad industrial de ensamblaje automotriz y producción de autopartes, al fungir como centro neurálgico del dominio mundial ejercido por las Tres Grandes estadounidenses (Klier y Rubenstein, 2008). A partir de la década de 1980, derivado de la crisis del capitalismo mundial y la intensificación de la competencia intermonopolista por la conquista del mercado estadounidense, se produce una profunda reestructuración de la industria. Entre 1978 y 1985 Detroit pierde alrededor de 200 mil trabajadores industriales, 100 mil de los cuales eran empleos directos de la actividad automotriz. Desde 1980, el desempleo y la pobreza rebasan por mucho el promedio nacional, a grado tal que la ciudad se declaró en bancarota en julio de 2013 por falta de contribución fiscal (Davey y Williams, 2013).

La precarización generalizada de la vida social en Detroit no se produjo de la misma manera en su zona metropolitana, donde se localizan los suburbios y la población es mayoritariamente blanca. Aunque la ciudad experimentó una pérdida notable de población y ha estado plagada de una mala administración municipal, corrupción, delincuencia y violencia racial, muchos de sus suburbios han sido testigos de una afluencia de migración altamente calificada y con relativamente elevado poder adquisitivo.

Es justamente en las localidades colindantes a la ciudad de Detroit donde se produce un incremento notorio en inversiones dedicadas a actividades de I+D para la industria automotriz, de manera que la Zona Metropolitana de Detroit se ha convertido en una ciudad científico-tecnológica donde convergen las actividades de investigación desplegadas por las más importantes firmas automotrices y corporaciones de autopartes del mundo. En otras palabras, mientras Detroit pierde su predominancia como ciudad manufacturera, se convierte en el corazón de la innovación de la industria automotriz en Estados Unidos y el mundo (Hannigan, Cano-Kollmann y Mudambi, 2015).

En Detroit se ubican pujantes centros de investigación, no sólo de las tres grandes estadounidenses, sino también de las más importantes firmas automotrices japonesas y coreanas. Éstas coordinan sus operaciones de diseño e innovación con empresas de autopartes ubicadas en zonas colindantes. La geolocalización de las firmas automotrices y las empresas de autopartes en esa región del sureste de Michigan ha convertido a dicho lugar en el epicentro de las actividades de innovación para la producción automotriz en el nivel norteamericano.¹¹

En Norteamérica hay mil 200 centros I+D de la industria automotriz; de ellos, mil 80 se ubican en Estados Unidos y 620 en el estado de Michigan, en esencia en Detroit. Este estado concentra más de la mitad de centros I+D de la industria automotriz en toda Norteamérica y casi 60 por ciento de los centros I+D de Estados Unidos (véase cuadro 2). Otro estado destacable es California que, después de Michigan, ocupa el segundo lugar con mayor concentración de centros I+D en Estados Unidos, hecho que evidencia el creciente vínculo de la innovación de la industria automotriz con centros de la tecnología de la información como Silicon Valley.

CUADRO 2
Número de centros I+D de la industria automotriz

	<i>Centros I+D</i>
Norteamérica	1200
Estados Unidos	1080
Michigan	620
California	96
Ohio	56
Illinois	52
Georgia	28

Fuente: elaboración con datos de ELM Analytics.

¹¹ Desde una perspectiva empresarial, Mark Stevens, exdirector ejecutivo del área de manufactura e ingeniería de General Motors, menciona que las «personas que trabajan en estos centros tecnológicos son considerados el núcleo para una empresa (*the core people*)» (Stevens, entrevista, 3 de agosto, 2017, Ann Arbor).

Nueve de las 10 firmas automotrices más grandes del mundo tienen centros tecnológicos ubicados en la zona metropolitana de Detroit.¹² Esta ciudad científico-tecnológica cuenta con la importante presencia de centros I+D de firmas asiáticas, como Toyota que tiene el «Toyota Research Institute» en Ann Arbor, Nissan que cuenta con el «Nissan Technical Center» en Farmington Hills, Honda que posee el «Honda R&D Americas» en Southfield y Hyundai que dispone del «Hyundai America Technical Center» localizado en el municipio de Superior.

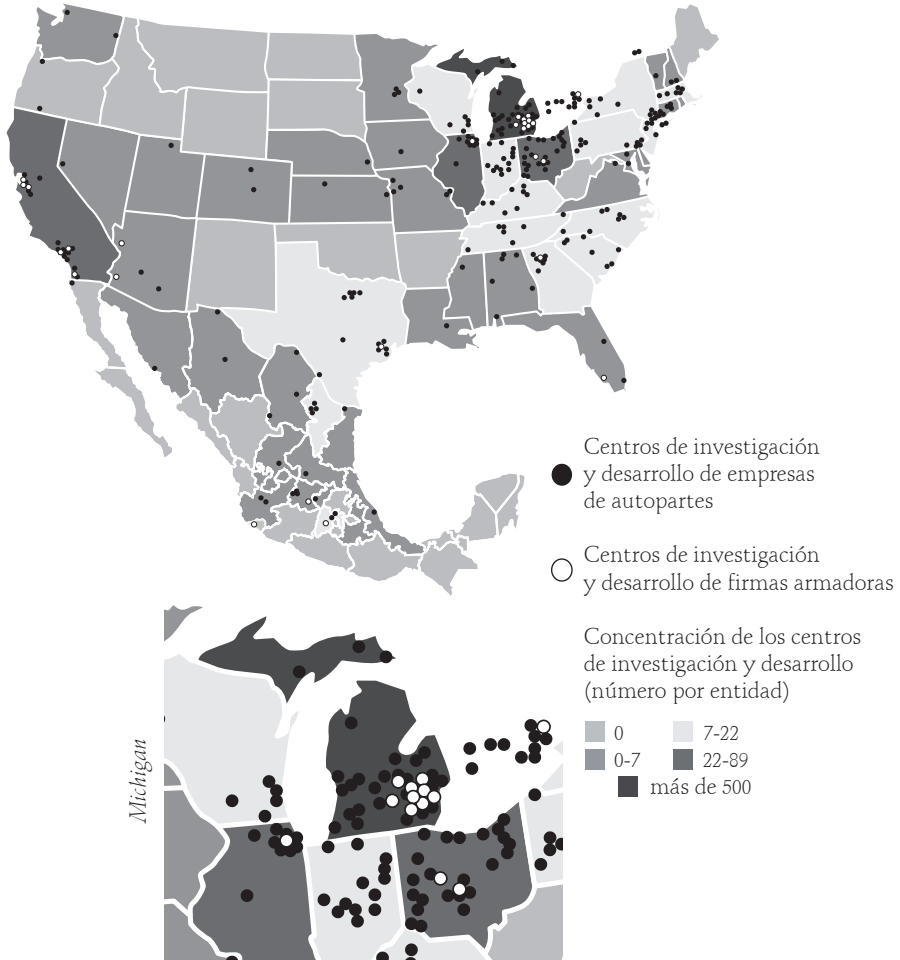
Detroit cuenta, asimismo, con la presencia protagónica de centros tecnológicos de empresas de autopartes. De acuerdo con un reporte del *Center for Automotive Research*, las grandes empresas de autopartes emplean 40 por ciento del total de científicos e ingenieros que trabajan en los centros I+D de la industria automotriz en Estados Unidos (Hill *et al.*, 2014), concentrados en zonas cercanas a los centros I+D de las firmas automotrices.

En el siguiente mapa se muestra la distribución y concentración territorial de establecimientos de la industria automotriz dedicados a I+D en la zona metropolitana de Detroit. Como se aprecia, hay un patrón espacial de articulación entre los centros I+D de las firmas automotrices y aquellos de las principales empresas proveedoras de autopartes. En Estados Unidos y en especial en Detroit, existen 46 centros de I+D de las 50 empresas proveedoras de autopartes más grandes a escala internacional.

¹² General Motors emplea a 30 mil personas en el centro científico-tecnológico de Warren que se extiende a lo largo de 600 hectáreas; Chrysler tiene ubicado su centro científico-tecnológico en Auburn Hills, donde ocupa una zona de 506 hectáreas y emplea a aproximadamente 15 mil personas; y Ford tiene las instalaciones de I+D extendidas en Dearborn donde emplea a aproximadamente 20 mil personas. Por lo tanto, se podría estimar que en esta ciudad hay por lo menos 60 mil personas altamente calificadas trabajando sólo para estas tres empresas. Información proporcionada por Mark Stevens en entrevista realizada en agosto de 2017 en las oficinas de Center for Automotive Research, Ann Arbor, Michigan.

MAPA 2

Centros I+D de la industria automotriz en Norteamérica y en Michigan



Fuente: elaboración por Isabel Velázquez con datos de ELM Analytics.

Entre otras cosas, la concentración de centros de I+D y la consecuente formación de la ciudad científico-tecnológica automotriz de Detroit responde a la importante articulación que tiene esta industria con lo que se conoce como el corredor universitario de Michigan (University Research Corridor in Michigan) conformado por las tres universidades más importantes del estado, Universidad de Michigan (Ann Arbor), Universidad del Estado de Michigan (Lansing) y Wayne State (Detroit). Estas tres universidades desarrollaron mil 500 programas

relacionados con la industria automotriz entre 2009 y 2015, con una inversión de 300 millones de dólares (Hill *et al.*, 2014).

Estas y otras universidades de estados aledaños tienen centros de I+D asociados a las grandes firmas automotrices. Tres ejemplos paradigmáticos son la colaboración de la Universidad de Michigan y General Motors en la formación del centro de investigación Collaborative Research Laboratories; la colaboración entre Ford Company y University of Michigan Campus Dearborn y la creación del Center for Automotive Research formado como asociación de Honda y Ohio State University. Actualmente, entre Michigan, Ohio e Indiana, tres estados colindantes que concentran la mayor cantidad de la industria automotriz en Estados Unidos, se registran 350 instituciones educativas que ofrecen un total de 2 mil programas universitarios relacionados con la ingeniería, el diseño y la producción automotriz (Hill *et al.*, 2014).

Otro elemento central para comprender la formación del clúster científico-tecnológico de la industria automotriz en Detroit es la presencia del Centro de Ingeniería, Investigación y Desarrollo Automotriz de Tanques del Ejército de Estados Unidos, localizado en Warren (U.S. Army Tank Automotive Research, Development and Engineering Center-TARDEC). Este notable centro de I+D para el desarrollo de tecnología avanzada en sistemas terrestres del ejército estadounidense, se encuentra estrechamente relacionado con los avances científicos y técnicos de la industria automotriz, lo que evidencia el fuerte lazo de ambos sectores en el desarrollo industrial estadounidense. En ese sentido, la preponderancia de la organización del complejo militar en la cimentación del clúster automotriz de Detroit resulta en particular relevante.¹⁵

De modo paralelo, sobresale la importancia del Laboratorio Nacional de Emisiones para la Industria Automotriz de la Agencia de Protección Ambiental (National Vehicle and Fuel Emissions Laboratory-Environmental Protection Agency NVFEL-EPA). Localizado en la ciudad de Ann Arbor que colinda con Detroit, el NVFEL-EPA, es el principal laboratorio de investigación de la US Environmental Protection Agency (EPA) utilizado para pruebas de combustible y emisiones. El laboratorio respalda y autoriza los estándares de emisión para vehículos de motor, motores y combustibles, así como el desarrollo de tecnología automotriz. Todos los nuevos diseños de automóviles y sus partes deben pasar

¹⁵ Para más información sobre la organización interna de TARDEC y su vinculación con la industria automotriz véase: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a547275.pdf>

por las pruebas del laboratorio, ceñirse a la regulación y certificación de dicho órgano oficial, por lo cual su presencia en esa área industrial es también un elemento central para comprender la formación de este clúster tecnológico debido al dinámico flujo de información existente entre firmas automotrices y empresas de autopartes con el NVFEL-EPA.¹⁴

La formación de la ciudad científico-tecnológica de la industria automotriz en Detroit se ha consolidado con la presencia protagónica de fuerza de trabajo ingenieril, que nutre de trabajadores altamente calificados a las firmas automotrices y a las empresas de autopartes. Tal como se observa en la siguiente gráfica, el estado de Michigan es, por mucho, el que emplea mayor número de ingenieros como porcentaje de la población ocupada; es decir, mientras que en el nivel del país, el promedio de ingenieros como porcentaje de población ocupada fue de 1.25 por ciento en 2018, en el estado de Michigan fue de 2.7 por ciento.

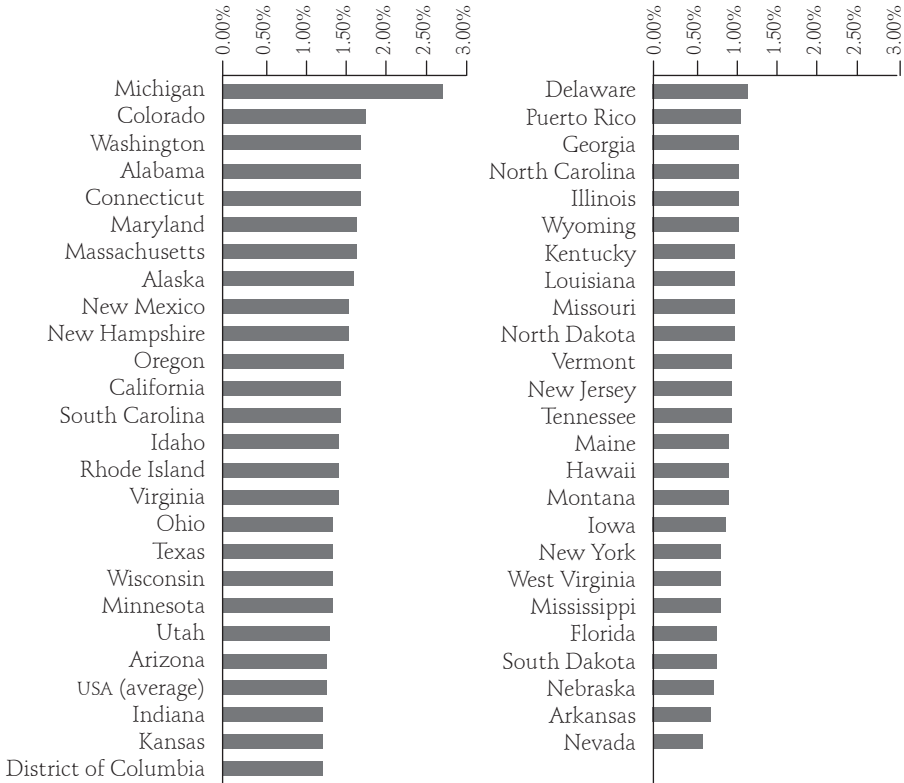
No sólo existe una importante presencia de ingenieros en Michigan en comparación con otros estados de Estados Unidos, sino que su presencia ha venido incrementándose sistemáticamente, sobre todo en los años posteriores a la crisis de 2008. En efecto, como se desprende de la gráfica 4, el número de ingenieros en Michigan creció de 91 mil en 2008 (2.1 por ciento de la población ocupada) a 120 mil en 2018 (2.7 por ciento de la población ocupada).

A la par de este incremento, es importante advertir la creciente presencia extranjera en la conformación de la fuerza de trabajo ingenieril en el estado de Michigan. En la gráfica 5 se aprecia que a partir de 2011, año en el que la industria y el mercado automotriz comienzan un ciclo de relativa recuperación post-crisis de 2008, se produce un significativo ascenso en la presencia de los inmigrantes residentes en Michigan formados en áreas estratégicas para la innovación: ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (CTIM). Cabe consignar que en este proceso hay una significativa presencia de países periféricos y emergentes: India, China, Filipinas, Irak, Corea del Sur y México.

¹⁴ Recuperado de <https://www.areadevelopment.com/Automotive/Auto-Industry-Site-Selection-Guide-2012/US-automotive-innovation-knowledge-clusters-1176144.shtml?Page=2>

GRÁFICA 3

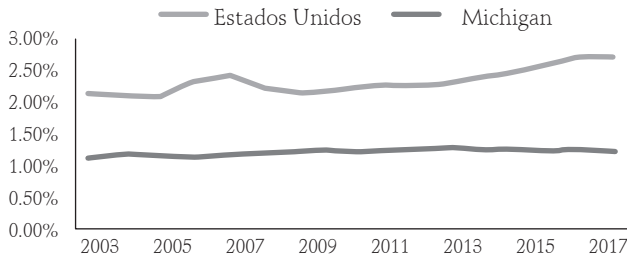
Ingenieros como total de ocupados (porcentaje), 2018



Fuente: Science and Engineering indicators, <https://nces.nsf.gov/indicators/states/indicator/engineers-to-all-occupations/table>

GRÁFICA 4

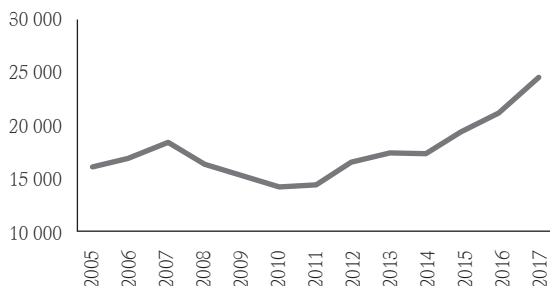
Ingenieros en Estados Unidos y Michigan como total de ocupados (porcentaje), 2018



Fuente: Science and Engineering indicators, <https://nces.nsf.gov/indicators/states/indicator/engineers-to-all-occupations/table>

GRÁFICA 5

Número de ocupaciones CTIM de origen no-estadounidense en Michigan



Fuente: Science and Engineering Indicators.

México: un eslabón débil de la reestructuración del sector automotriz

La industria automotriz en México ha adquirido una presencia protagónica desde la década de 1980, cuando el aparato productivo del país se articulaba de manera subordinada y dependiente a la economía estadounidense para convertirse en su mayor proveedor de automóviles terminados y autopartes. Previamente, a lo largo del periodo de industrialización por sustitución de importaciones, esta industria se estableció en México bajo el mando de las Tres Grandes firmas estadounidenses con miras a suplir la demanda del mercado nacional. Entre 1925 en que se creó la primera planta de Ford en la Ciudad de México y los años 1980, esta industria se articuló en el país auspiciada por una política de industrialización que favoreció el encadenamiento productivo nacional y la participación de capital nacional privado y estatal en la producción de autopartes, sin desligarse, en ningún momento, del dominio ejercido por el capital extranjero (Ceceña, 1970).

Empero, a partir de la década de 1980, la industria automotriz en Estados Unidos entró en una etapa de crisis y reestructuración que arrastra a México hacia un escenario industrial radicalmente diferente. De producir para el mercado interno nacional, la industria se vuelca a la producción para el abastecimiento del aparato industrial y el mercado estadounidense. La política industrial de corte neoliberal implementada se profundiza con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte. Desde entonces, los contenidos nacionales tienden a ser cada

vez más reducidos y, en contrapartida, se impulsa una radicalmente nueva plataforma de exportación manufacturera. Cientos de miles de empleos se transfirieron a los estados fronterizos, donde se instalan nuevas plantas de ensamble y una notable cantidad de fábricas maquiladoras de autopartes para abastecer las líneas de montaje de la planta terminal estadounidense. Como resultado, se configuran cadenas de suministro regionales que profundizan una división del trabajo desigual y asimétrica entre Estados Unidos y México.

Al ser la principal plataforma manufacturera de exportación de México a Estados Unidos, el sector automotriz del país se erige en uno de los mayores productores mundiales de autopartes y vehículos: el sexto ensamblador de carros y cuarto productor mundial de autopartes, así como el mayor exportador de automóviles terminados y mayor exportador, con mucho, de autopartes a Estados Unidos. En 2018, la industria automotriz (ensamblado-autopartes) representa 3.3 por ciento del producto interno bruto (PIB) nacional y 20 por ciento del PIB manufacturero.¹⁵ En cuanto a la fuerza de trabajo, esta industria pasó de emplear a 120 mil trabajadores en 1980, a 920 mil en 2018, es decir, experimentó un incremento de 700 mil trabajadores en poco menos de 40 años. De los 930 mil trabajadores, 10 por ciento se sitúa en la industria de ensamble, mientras que el restante, 90 por ciento, se ubica en la industria de autopartes.¹⁶ Así, esta actividad pasó de representar 3 por ciento de las exportaciones mexicanas a principios de la década de 1980, a 25 por ciento en 2016. Ello, no obstante, lejos de contribuir a un desarrollo industrial endógeno ha traído consigo un «desarrollo» desarticulado, fragmentado y subordinado a directrices e intereses extranjeros (Delgado y Elorza, 2015). En síntesis, México es rearticulado a la economía mundial desde un lugar enajenado, donde el campo de la creatividad y la innovación se convierten en letra muerta, lo que genera un campo laboral para los trabajadores de la ciencia y la tecnología y en específico, para la fuerza de trabajo ingenieril sumamente estrecho y precarizado, que más allá de las limitaciones formativas que emanan del propio sistema universitario, tiende a abrir anchas avenidas para el desperdicio de talentos y, con mayor empuje cada vez, a la emigración de fuerza de trabajo altamente calificada (Delgado y Elorza, 2015).

Queda claro, por tanto, que en relativamente corto tiempo México se posiciona en el mapa mundial como uno de los mayores productores y exportadores

¹⁵ Datos tomados de INEGI, 2013.

¹⁶ Los datos de 1980 fueron tomados de Arteaga (2003:105); los datos de 1990 y 2000 fueron tomados del CEFP (2002); los datos de 2010 y 2018 fueron tomados del INEGI (2013).

de automóviles y autopartes; sin embargo, a diferencia de las otras economías con las que comparte los primeros lugares como China, Estados Unidos, Alemania, Japón o Corea del Sur, el crecimiento de la industria automotriz mexicana dista mucho de impulsar un proceso de desarrollo científico y tecnológico endógeno, a pesar de que quienes enarbolan la ideología neoliberal han argumentado de manera insistente que el crecimiento de esta industria propiciará una significativa transferencia tecnológica y eventualmente encadenamientos productivos internos (Carrillo y Martínez, 2017). Tales argumentos carecen de todo asidero y son categóricamente desmentidos al observar que, a pesar de que México se colocó en los primeros planos del ensamblaje automotriz en 2018, por encima incluso de Corea del Sur, en gastos en I+D vinculados a la industria automotriz prácticamente no pinta, con una inversión 42 veces menor a la de Estados Unidos (véase cuadro 3).

CUADRO 3
Producción total de vehículos e inversión privada en I+D
en la industria del automóvil (2018)*

	<i>Producción total de automóviles</i>	<i>I+D en industria manufacturera **</i>	<i>I+D en industria automotriz **</i>
China	27 809 196	276 548	27 440
Estados Unidos	11 314 705	236 132	19 078
Japón	9 728 528	105 123	31 144
Alemania	5 120 409	59 377	24 552
Corea del Sur	4 028,834	51 101	7 218
México	4 100 525	1 707	445

*Las cifras de producción total de automóviles son de 2018, mientras que las cifras de I+D en industria manufacturera e industria automotriz son de 2015. Esto se debe a que no hay datos disponibles en OCDE sobre inversiones en I+D para 2018.

**Millones de dólares.

Fuente: elaboración con datos de OCDE, Business enterprise R&D expenditure by industry.

La integración desigual y asimétrica de México a las cadenas de suministro de la industria automotriz nos permite afirmar que se trata, en esencia, de una *industria maquiladora*, puesto que carece de encadenamientos productivos internos y se desenvuelve bajo un contexto de dependencia tecnológica en el que los procesos de producción y los bienes manufactureros se generan con tecnología,

diseños e innovaciones importadas. Mientras que Estados Unidos concentra el cúmulo de inversiones en I+D y controla el proceso de innovación regional, México funge como el eslabón más débil de la cadena industrial al compelérsele a operar como el mayor maquilador de automóviles y autopartes a ese país.

Derivado de esta articulación asimétrica, dependiente y subordinada, México se ha convertido en exportador de fuerza de trabajo calificada, formada y preparada en el país, donde no encuentra acomodo en el estrecho mercado laboral nacional y, en cambio, es atraída masivamente a los nichos de desarrollo tecnológico más dinámicos de la economía estadounidense. Uno de estos nichos se ubica, precisamente, en la ciudad tecnológica de Detroit donde se concentra la mayor actividad de innovación en el sector automotriz del hemisferio americano. La mayoría de los migrantes calificados mexicanos estudiaron licenciaturas y posgrados en universidades públicas y privadas del país y cuentan con experiencia profesional en la industria maquiladora de exportación.¹⁷

La conexión Detroit-México: sobre el papel de los ingenieros mexicanos

Como corolario del proceso de integración regional, el mercado laboral automotriz entre México y Estados Unidos tiende a ser extremadamente diferenciado y contrastante. Mientras que los eslabones más débiles de la cadena productiva se localizan en el primer país, las fases estratégicas e intensivas en conocimiento se ubican en el segundo. Esto imprime un sello distintivo al mercado laboral de fuerza de trabajo calificada en uno y otro país, sea nativa o extranjera. En contraste con las oportunidades laborales y de desarrollo profesional que existen en Estados Unidos, en el caso de México donde se genera una oferta de ingenieros en continuo ascenso¹⁸ éstas se restringen a un puñado de universidades y actividades carentes de infraestructura y opciones para el desarrollo profesional, donde los salarios suelen ser reducidos. Como resultado,

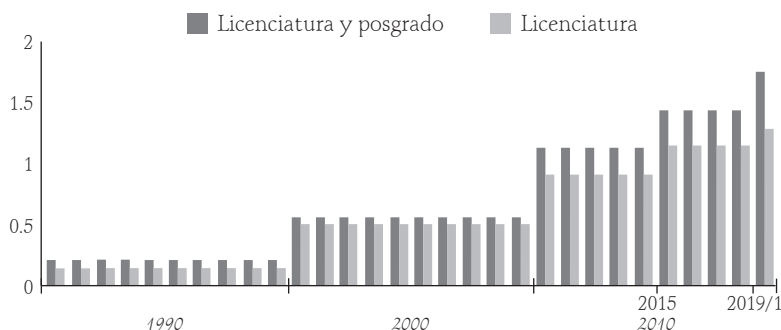
¹⁷ De una entrevista propia realizada a 17 ingenieros en Detroit, todos manifestaron haber estudiado la licenciatura en México y en su mayoría en universidades tecnológicas estatales. Siete de ellos realizaron posgrados, cuatro en México y tres en Estados Unidos. Previo a migrar a Detroit, adquirieron experiencia laboral en la industria maquiladora, elemento que fue fundamental en el proceso de selección y reclutamiento para ser contratados en los centros I+D de la industria automotriz en Detroit.

¹⁸ En México se gradúan 100 mil estudiantes de ingeniería y técnicos por año y existen 900 programas de posgrado relacionados con la ingeniería y la tecnología en universidades mexicanas (Ruiz, 2016).

se procrea un éxodo masivo de fuerza de trabajo calificada mexicana hacia Estados Unidos y otras potencias desarrolladas, particularmente en áreas CTIM. Como contraparte y acicate de este doble movimiento, en Estados Unidos se impulsa una agresiva política de atracción de talento, que va más allá del otorgamiento preferencial de visas, y que involucra a una amplia constelación de agentes tanto del ámbito gubernamental, corporativo y universitario, como de intermediarios y *headhunters*, con el propósito de nutrir y potenciar las capacidades de desarrollo científico y tecnológico de las corporaciones asentadas en ese país.

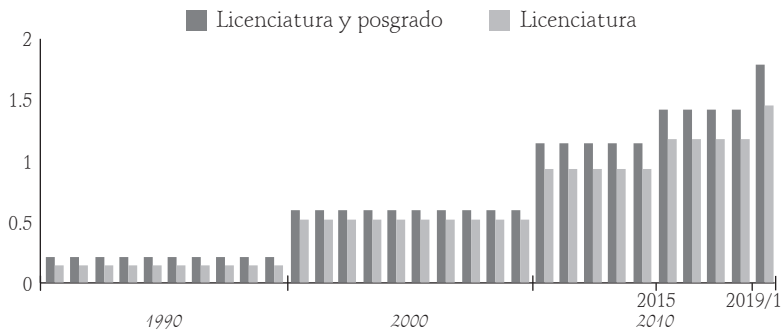
Es importante advertir que, en sintonía con esta tendencia, en el curso de las tres últimas décadas se produce en México un éxodo masivo de fuerza de trabajo calificada (licenciatura y posgrado), la cual se elevó de 160 mil en 1990 a 1.39 millones en 2019 (véase gráfica 6). En similar tenor, el flujo específicamente dirigido a Estados Unidos se incrementó de 160 mil a 1.27 millones en el mismo lapso (véase gráfica 7).

GRÁFICA 6
Migrantes mexicanos con licenciatura y posgrado en el extranjero
(millones de personas)



Fuente: SIMDE-UAZ. Elaboración propia con datos de Censos de países disponibles en International del Minnesota Population Center (IPUMS), 2014 y UN-DESA, 2013; U.S. Bureau of the Census, Percent Samples, 1990 y 2000; *American Community Survey*, 2010 y 2015; y *Current Population Survey*, marzo 2017-2019.

GRÁFICA 7
Migrantes mexicanos con licenciatura y posgrado en el extranjero
(millones de personas)



Fuente: SIMDE-UAZ. Elaboración propia con datos de U.S. Bureau of the Census, Percent Samples 1990 y 2000; *American Community Survey*, 2010 y 2015; y *Current Population Survey*, marzo 2017-2019.

Cabe destacar que un núcleo significativo de los profesionistas mexicanos que residen en Estados Unidos es aquel que se formó en áreas CTIM, es decir, en áreas del conocimiento relacionadas con el desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas (19 por ciento de los que cuentan con licenciatura y 32 por ciento de los posgraduados). Un dato destacable es que el grupo mayoritario de estos profesionistas lo conforman ingenieros: 61 por ciento de los licenciados y 46 por ciento de los posgraduados.¹⁹

La fuerte presencia de profesionistas mexicanos en Estados Unidos no es ajena al nuevo curso que sigue la innovación en el sector automotriz. Como se mencionó, Detroit funge como epicentro del sistema de innovación en el sector, con importantes eslabonamientos en diversos países y regiones del mundo (Hannigan, Cano-Kollmann y Mudambi, 2015). El resurgimiento de Detroit como ciudad científico-tecnológica de clase mundial guarda relación con la significativa expansión que acusa la demanda de profesionistas en áreas CTIM tanto doméstica como foránea. De acuerdo con datos de la *American Community Survey*, 2013-2017 (véase cuadro 4), en el estado de Michigan se emplearon un total de 3 mil mexicanos en áreas de CTIM que representan 12 por ciento de los inmigrantes extranjeros, de los cuales 67 por ciento fueron ingenieros, en su mayoría varones (71 por ciento).

¹⁹ SIMDE-UAZ. U.S. Bureau of the Census, *Current Population Survey*, suplemento de marzo, 2017-2019.

CUADRO 4

Inmigrantes mexicanos con licenciatura o posgrado en el estado de Michigan, por área de conocimiento y sexo, 2013-2017

	Sexo			Sexo		IM
	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	
Absolutos	3 199	3 716	6 915			
Área de conocimiento	100.0%	100.0%	100.0%	46.3%	53.7%	86.1%
CTIM	60.9%	28.4%	43.4%	64.9%	35.1%	184.5%
Ingeniería	50.2%	17.5%	32.6%	71.2%	28.8%	247.5%
CTIM-excepto Ingeniería	10.7%	10.9%	10.8%	45.6%	54.4%	84.0%
No CTIM	39.1%	71.6%	56.6%	32.0%	68.0%	47.0%
No CTIM-excepto administración, negocios y finanzas	30.9%	39.6%	35.6%	40.2%	59.8%	67.3%

Fuente: SIMDE-UAZ. Estimación con base en U.S. Census Bureau, *American Community Survey*, 2013-2017.

El proceso de atracción y selección de ingenieros en el sector automotriz ha ganado en complejidad y sofisticación. Disponer de una fuerza laboral migrante altamente calificada se ha convertido, cada vez con mayor fuerza, en un requisito *sine qua non* para el avance y la competitividad internacional en la industria automotriz. De aquí que, además de incentivos empresariales, fiscales y de otra índole para atraer talento externo, en Michigan operen mecanismos de *inhouse offshoring* (Moavenzadeh, 2008) a través de redes de subcontratistas y *headhunters* (también conocidas como *executive search firms*), como es el caso de Modis, Kelly Service, ADECCO, HCL, TEKsystem, Kelly Services, PEAK Technical Staffing, Aerotek, Ranstad, JDM Systems Consultants, CoStar Group y Gravity Solution. Al detectar un perfil de interés, estas empresas realizan rigurosos filtros de evaluación antes de proceder a la contratación y tramitación de la visa de trabajo correspondiente,²⁰ al tiempo que los ingenieros reclutados

²⁰ Antes de ser contratados, los ingenieros mexicanos tuvieron que pasar por lo menos dos entrevistas telefónicas realizadas por personal especializado de las *headhunters*, cuando todavía vivían en México, y una entrevista personal realizada por ejecutivos de las empresas automotrices con las que trabajarían en Detroit. Casi todo el grupo de ingenieros mexicanos mencionó que en las entrevistas se ponía

suelen ser contratados por *headhunters* a través del mecanismo conocido como *Contingent Search*.²¹

A manera de conclusión

Queda claro que asistimos a una nueva era de la innovación en el sector automotriz, la cual guarda una profunda relación con la reestructuración que experimentan los sistemas de innovación en la actualidad, con Silicon Valley a la cabeza. Se trata, en esencia, de una modalidad abierta y crecientemente internacionalizada de innovación en la que intervienen un significativo número de socios o agentes externos a las grandes corporaciones, tales como *startups* que operan como células privilegiadas de la nueva arquitectura innovadora, proveedores de capital de riesgo, clientes, subcontratistas, *head hunters*, firmas de abogados, universidades y centros de investigación (Chesbrough *et al.*, 2008). Esta nueva forma de organizar el trabajo científico y tecnológico o el *general intellect* ha dado paso a la permanente configuración y reconfiguración de redes de innovación, que interactúan bajo un complejo tejido interinstitucional comandado por las grandes corporaciones multinacionales y las principales potencias imperialistas bajo el liderazgo de Estados Unidos.

Lo importante a subrayar es que bajo este nuevo paradigma se produce una forma renovada e indirecta de subordinación del trabajo científico y tecnológico al capital, sustentada en un marco institucional *ad hoc* que posibilita la apropiación privada de los productos del trabajo científico y tecnológico por la vía de las patentes. Ello da lugar a una dialéctica particular entre el conocimiento social acumulado, su impulso colectivo acelerado por redes de científicos y tecnólogos y su cercamiento y apropiación privada (Foladori, 2017).

Este proceso ha engendrado una nueva cultura de la innovación basada en la flexibilidad, la descentralización y la incorporación, bajo diferentes modalidades,

mucho énfasis en la experiencia profesional en la industria en México. Las empresas *headhunters* se encargan de realizar todo el proceso, incluyendo el trámite de la visa TN. Esta es una visa especial que fue creada con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte en 1994 y funciona como permiso temporal de trabajo que se debe renovar cada año para el caso de mexicanos.

²¹ De las 17 entrevistas que realizamos, 16 fueron contratados por Contingent Search. En este caso, el personal suscribe su contrato de trabajo con la empresa reclutadora y no con la empresa automotriz para la que trabaja. Los contratos suelen ser temporales y las condiciones de contratación notoriamente más precarias que las correspondientes a un contrato permanente.

de nuevos y cada vez más numerosos jugadores que interactúan simultáneamente en espacios locales y transnacionales. Más significativo aún es la manera como las grandes corporaciones se insertan en la dinámica de innovación revelando que, más que agentes propulsores del desarrollo de las fuerzas productivas sociales, operan como sujetos rentistas, es decir, como agentes que se apropian de los productos del trabajo científico y tecnológico sin participar en su gestación y desarrollo. En otras palabras, las ganancias extraordinarias que constituyen el *leitmotiv* del capital monopolista adquieren el carácter de rentas tecnológicas según el significado que Marx atribuye a la renta del suelo: la posibilidad de exigir una significativa porción del plusvalor social por el hecho de ser propietario de un bien, en este caso la patente, no producido ni reproducible por la fuerza de trabajo incorporada al proceso productivo, en tanto instrumento jurídico. Por ende, en la era de los monopolios generalizados, el capital monopolista deja de ser un agente progresista en el desarrollo de las fuerzas productivas y se torna en un ente particularmente parasitario.

En buena medida, las empresas automotrices se inscriben en esta dinámica. Aun cuando en el ecosistema de innovación automotriz georreferenciado en Detroit no operan bajo el esquema de *startups*, se nutre de formas indirectas de subordinación del trabajo científico y tecnológico al gran capital a través de subcontratistas y *headhunters*. En este sentido, se asemeja, en su lógica, al ecosistema de Silicon Valley con el que, por cierto, mantiene fuertes y cada vez más importantes vínculos.

Otro aspecto fundamental, en el que hay un notorio paralelismo entre Detroit y Silicon Valley, es la creciente participación de fuerza de trabajo calificada proveniente del extranjero, sobre todo aquella formada en áreas CTIM (y en el caso de Detroit, principalmente en ingeniería). Esto indica que existe una progresiva dependencia de las dinámicas de innovación que se gestan en Estados Unidos (y otras potencias capitalistas) de fuerza de trabajo calificada proveniente de países periféricos, subdesarrollados o dependientes. En resumen, en el nuevo curso que siguen los ecosistemas de innovación se perfila una *dependencia en sentido inverso* que no podemos ni debemos soslayar, donde las capacidades científicas y tecnológicas del norte dependen cada vez más del sur y, paradójicamente, en contra de éste.

Con todo, las perspectivas de la industria automotriz norteamericana, donde participa México como su eslabón más débil, es incierta. Por un lado, a escala mundial, la industria automotriz se perfila hacia una nueva era de profundos cambios tecnológicos que apuntan hacia el desplazamiento del motor

de combustión interna por el motor eléctrico y el avance hacia los vehículos autotripulados. Ello plantea la necesidad de nuevas alianzas estratégicas y de un desarrollo científico-tecnológico más profundo del sector, que inescrutablemente dará paso a una profunda reestructuración de las cadenas productivas. Por otro lado, no podemos ignorar que el futuro de la industria automotriz en México está estrechamente vinculado a la suerte con la que corra la industria automotriz en la región norteamericana. El nuevo Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC) no viene sino a reforzar esta situación, donde persiste una fuerte disputa interimperialista al seno del sector y donde la incertidumbre acentuada por la pandemia de la covid-19 es el signo más preclaro de los tiempos que corren.

Referencias

- Amin, S. (2013). *The implosion of capitalism*. London: Pluto Press.
- Arteaga García, A. (2003). *Integración productiva y relaciones laborales en la industria automotriz en México*. México: Universidad Autónoma Metropolitana-I/Plaza y Valdez.
- Carrillo, J. y Martínez, A. (2017). *Innovación, redes de colaboración y sostenibilidad. Experiencias regionales y tendencias internacionales de la industria automotriz*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ceceña, J.L. (1970). *México en la órbita imperial*. México: El Caballito.
- Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (CEFP) (2002). *Análisis Económico y Fiscal del Sector Automotor de México, 1990-2001*. México: Cámara de Diputados.
- Corrado, C.A., Haskel, J., Iommi, M. y Jona Lasinio, C. (2012). «Intangible capital and growth in advanced economies: measurement and comparative results». *IZA Discussion Paper*, 6733. Recuperado de <http://repec.iza.org/dp6733.pdf>
- Cutcher-Gershenfeld, J., Brooks, D. y Mulloy, M. (2015). «The decline and resurgence of the U.S. auto industry». *Briefing Paper*, 399, Washington D.C.: Economic Policy Institute.
- Davey, M. y Williams, M. (2013). «Billions in debt, Detroit tumbles into insolvency», *The New York Times*. Recuperado de <https://www.nytimes.com/2013/07/19/us/detroit-files-for-bankruptcy.html>
- Delgado Wise, R. (2020). «Desentrañando el Sistema de Innovación de Silicon Valley desde una Perspectiva del Sur». *Integración y Conocimiento*, 9(2), pp. 70-83.

- Delgado Wise, R. (2017). *La cuestión de la innovación en la era de los monopolios generalizados*. México: Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Delgado Wise, R. y Chávez Elorza, M. (2015). «Claves de la exportación de fuerza de trabajo calificada en el capitalismo contemporáneo: lecciones de la experiencia mexicana». *Migración y Desarrollo*, 13(25), pp. 3-32.
- Delgado Wise, R. y Chávez Elorza, M. (2016). «¡Patentad, patentad!: apuntes sobre la apropiación del trabajo científico por las grandes corporaciones multinacionales». *Observatorio del Desarrollo*, 15(5), pp. 21-28.
- Delgado Wise, R., Chávez Elorza, M. y Rodríguez Ramírez, H. (2016). «La innovación y la migración calificada en la encrucijada: reflexiones a partir de la experiencia mexicana». *REMHU-Revista Interdisciplinaria da Mobilidade Humana*, 24(47), pp. 153-174.
- Dicken, P. (2007). *Global shift. Mapping the changing contours of the world economy*. New York: The Guilford Press.
- Hannigan, T.J., Cano-Kollmann, M. y Mudambi, R. (2015). «Thriving innovation amidst manufacturing decline: the Detroit auto clúster and the resilience of local knowledge production». *Industrial and Corporate Change*, 24(3), pp. 613-634.
- Hinton, D.D. y Roger M., O. (2002). *Oil in Texas: the gusher age, 1895-1945*. Texas: University of Texas Press.
- Hill, K., Swiecki, B., Maranger Menk, D. y Cregger, J. (2014). *Just how high-tech is the automotive industry?* Michigan: Center for Automotive Research. Recuperado de <https://www.cargroup.org/publication/just-how-high-tech-is-the-automotive-industry/>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2013). «Banco de Información Económica-Cuentas Nacionales, Producto Interno Bruto, base trimestral». Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>
- Klier, T.H. y Rubenstein, J.M. (2008). *Who really made your car?* Michigan: Upjohn Institute.
- Lambert, T.E. (2020). «Monopoly capital and innovation: an exploratory assessment of R&D effectiveness». *International Review of Applied Economics*, 34(1), pp. 36-49.
- Lazzarotti, V., Manzini, R., Pellegrini, L. y Pizzurno, E. (2013). «Open innovation in the automotive industry: why and how? Evidence from a multiple case study». *International Journal of Technology Intelligence and Planning*, 9(1), pp. 37-56.
- Lorenzen, M. y Mudambi, R. (2013). «Clústers, connectivity and catch-up: Bollywood and Bangalore in the global economy». *Journal of Economic Geography*, 13(3), pp. 501-534.
- Marx, Karl (1980). *Elementos fundamentales para la crítica de la economía política 1857-1858 (Grundrisse)*. Tomo II. México: Siglo XXI.

- Moavenzadeh, J. (2008). «The changing nature of engineering in the automotive industry». En *National academy of engineering, committee on the offshoring of engineering, the offshoring of engineering: facts, unknowns, and potential implications*. Washington DC: National Academy of Engineering, pp. 69-103.
- Olivos, Á.R. (2014). «Los bienes comunes intangibles en el capitalismo cognitivo». *Recerca: Revista de Pensament i Anàlisi*, 15, pp. 109-129.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), Business enterprise R&D expenditure by industry, en <http://www.oecd.org/innovation/inno/researchanddevelopmentstatisticsrds.htm>
- Pagano, U. (2014). «The crisis of intellectual monopoly capitalism». *Cambridge Journal of Economics*, 38(6), pp. 1409-1429.
- Porter, M.E. (1998). «Clústers and the new economics of competition». *Harvard Business Review*, 76(6), pp. 77-90.
- Rubenstein, J.M. (1992). *The changing US auto industry. A geographical analysis*. London and New York: Routledge.
- Ruiz, C. (2016). «Desarrollo y estructura de la industria automotriz en México». Recuperado de <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/mexiko/13016.pdf>
- Schwartz, H.M. (2016). «Wealth and secular stagnation: the role of industrial organization and intellectual property rights». *RSF: The Russell Sage Foundation Journal of the Social Sciences*, 2(6), pp. 226-249.
- Science and Engineering indicators, en <https://nces.nsf.gov/indicators/states/indicator/engineers-to-all-occupations/table>
- Storper, M. (1995). «The resurgence of regional economies, ten years later: the region as a nexus of untraded interdependencies». *European Urban and Regional Studies*, 2(3), pp. 191-221.
- Sturgeon, T.J., Biesebroek, J.V. y Gereffi, G. (2008). «Value chains, networks and clústers: reframing the global automotive industry». *Journal of Economic Geography*, 8(3), pp. 297-321.
- United States patent and trademark office, «utility patents» granted by NAICS Industry Classification, en https://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/naics/stc_naics_fgall/usa_stc_naics_fg.htm