

Medición de la eficiencia técnica de la industria automotriz mediante el Análisis Envolvente de Datos

Technical efficiency measurement of the automotive industry through data envelope analysis

GABRIEL SANTOS-NAVARRO*

PABLO WONG-GONZÁLEZ**

ADRIANA MARTÍNEZ-MARTÍNEZ***

Abstract

The objective of this article is to quantify the levels of technical efficiency of the automotive industry of Guanajuato and explore the link between productive specialization and efficiency. To that end, and with information from 2004, 2009, and 2014 Economic Censuses; a Data Envelopment Analysis was carried out and a data panel regression was developed. Having measurements of technical efficiency of the automotive industry of Guanajuato allows knowing the relative performance of this industry while providing elements for the design of policies that strengthen this industry.

Keywords: *automotive cluster, technical efficiency, data envelopment analysis, productive specialization, Guanajuato.*

Resumen

Este artículo tiene como objetivos cuantificar los niveles de eficiencia técnica de la industria automotriz de Guanajuato y explorar el vínculo entre especialización productiva y eficiencia, para ello, se realizó el Análisis Envolvente de Datos y una regresión con datos de panel, tomando como base la información de los censos económicos 2004, 2009 y 2014. Contar con mediciones de eficiencia técnica de la industria automotriz de Guanajuato permite conocer el desempeño relativo de esta industria y, al mismo tiempo, proporcionar elementos para el diseño de políticas que fortalezcan esta industria.

Palabras clave: *Cluster automotriz, eficiencia técnica, análisis envolvente de datos, especialización productiva, Guanajuato.*

*Instituto de Planeación, Estadística y Geografía del Estado de Guanajuato, correo-e: gsantos@guanajuato.gob.mx

**Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C., correo-e: pwong@ciad.mx

***Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad León de la Universidad Nacional Autónoma de México, correo-e: adriana.martinez.wurtz@unam.mx

Introducción

Actualmente la industria automotriz es muy importante para la economía de Guanajuato. De acuerdo con información del censo económico 2014, ésta participa en el total de la industria manufacturera con 12% del empleo y 22% del valor de la producción, medido por el valor agregado censal bruto. Además, la Industria Automotriz, junto con el sector metalmecánico representaron 82% del total de las exportaciones en 2017 (Cofoce, 2018).

La consolidación de la industria automotriz en Guanajuato comenzó a finales de la década de los 90, a cuatro años de la instalación de la primera armadora, General Motors complejo Silao (Martínez-Martínez *et al.*, 2017b, Unger y Chico, 2004 y Gobierno del Estado de Guanajuato, 2015).

Aunado a la llegada de esta armadora, en 1995, y al arribo casi inmediato de proveedores Tier 1 y Tier 2, se puso en marcha una política de atracción de inversión extranjera directa (IED), cuyos resultados comenzaron a verse a partir de 2006 (Martínez-Martínez y Carrillo-Viveros, 2017a). Dentro de las inversiones más relevantes de la última década se encuentran las realizadas por: Honda, 1,270 millones de dólares; Volkswagen, 840 mdd; Pirelli, 400 mdd; Mazda, 770 mdd; y Toyota, 1,000 mdd. Sólo por mencionar algunas.

Es así que con la llegada de Original Equipment Manufacturer (OEMs) y los proveedores de todos los niveles, se está impulsando la conformación de un *cluster* industrial automotriz que se caracteriza por la maduración de las interrelaciones empresariales, su grado de especialización y la presencia de instituciones de apoyo (Martínez-Martínez *et al.*, 2017b, Unger, 2003).

Dado lo anterior, es necesario contar con métricas complementarias para evaluar el desempeño del *cluster* automotriz de Guanajuato y, así, contar con elementos que permitan dar sugerencias de política industrial, con la finalidad de promover su fortalecimiento. De tal modo que con este análisis se pretende responder las siguientes interrogantes: ¿Cuál ha sido el comportamiento de la eficiencia técnica de la Industria Automotriz de Guanajuato en relación con otras entidades donde la industria automotriz tiene presencia? Y ¿qué relación tienen los patrones de especialización productiva con la eficiencia técnica en la industria automotriz?

Se parte de la hipótesis de que los patrones de especialización observados en la industria automotriz de Guanajuato han permitido alcanzar mayores niveles de eficiencia técnica en esta industria.

La presente investigación empleará el Análisis Envolvente de Datos, para estimar la eficiencia técnica de la Industria Automotriz. Además, se

estimar la relación entre eficiencia técnica y especialización mediante un análisis de regresión con datos de panel, el cual empleará como variables explicativas de la eficiencia técnica, los coeficientes de localización y la especialización. Se utilizará información de los Censos Económicos 2004, 2009 y 2014.

El artículo se divide en cinco apartados, en el primero se describe brevemente la industria automotriz en Guanajuato, así como su importancia relativa con el resto de las entidades en las que se localiza dicha industria. A continuación, se revisa de manera general la literatura referente a la teoría de los *clusters* industriales. En el tercer apartado se presenta la metodología referente al Análisis Envolvente de Datos que es utilizada para medir la eficiencia técnica de la industria automotriz y la metodología empleada para realizar la regresión con datos de panel para evaluar la relación existente entre eficiencia y especialización. Después se muestran los resultados empíricos del análisis y, finalmente, se exponen las conclusiones y futuras líneas de investigación.

1. La industria automotriz en México

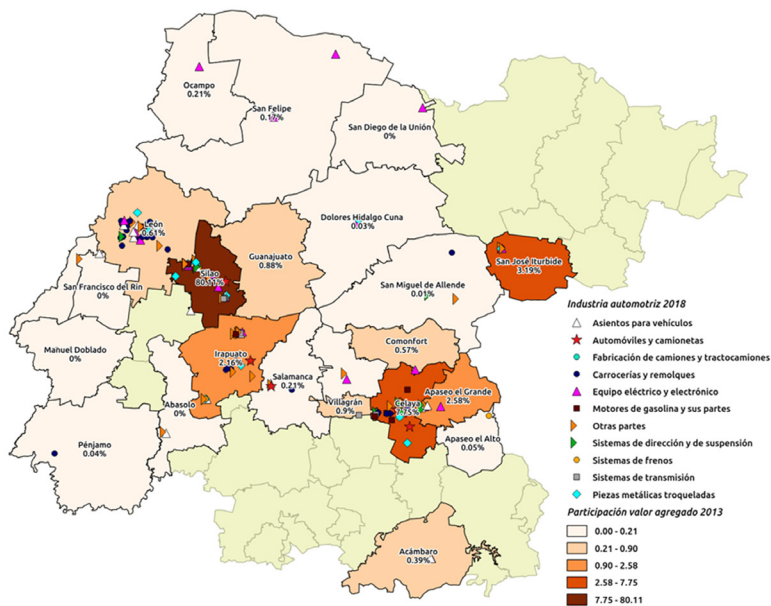
1.1. La industria automotriz en Guanajuato

La industria automotriz en Guanajuato se encuentra concentrada regionalmente en los municipios ubicados en el llamado Corredor Industrial 45, tales como Celaya, Salamanca, Irapuato, Silao de la Victoria y León. Datos del Censo Económico 2014 y del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2018 (DENUE) del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (Inegi, 2018) dan cuenta de que las empresas proveedoras de la industria automotriz también se han asentado en municipios cercanos a este corredor: Acámbaro, Manuel Doblado, Comonfort, San José Iturbide, San Miguel de Allende y Ocampo (mapa 1).

La industria automotriz (IA) es de gran importancia para Guanajuato debido al dinamismo mostrado en el valor de su producción y empleo generado. En cuanto al empleo, pasó de representar 6% del total del empleo generado en la industria manufacturera en 2004 a 12% en 2014. Asimismo, en cuanto al peso que el empleo de la IA tiene en la economía en su conjunto, éste representó 2% en 2009 y para 2014 creció a 4% (cuadro 1).

El valor de la producción de la IA, medido por el valor real del valor agregado censal bruto, a precios constantes 2012, muestra una caída importante de 2004 a 2009, seguida de una recuperación en el periodo de 2009 a 2014. De forma similar, el valor de la producción de la indus-

Mapa 1
Valor de la producción y distribución de las clases de actividad de la industria automotriz en Guanajuato



Fuente: elaboración propia con información Inegi, 2014 y 2018.

Cuadro 1
Producción y empleo en la industria automotriz en Guanajuato: 2004, 2009 y 2014

	2004		2009		2014	
	VA (miles de pesos)	Empleo	VA (miles de pesos)	Empleo	VA (miles de pesos)	Empleo
Total automotriz Guanajuato	32,122,893	14,406	16,253,345	19,610	22,390,680	40,343
% automotriz nacional	13%	3%	6.1%	4%	6.0%	5%
% industria automotriz en la industria manufacturera	37%	6%	18%	7%	22%	12%
% VA Estatal	19%	2%	8%	2%	11%	4%

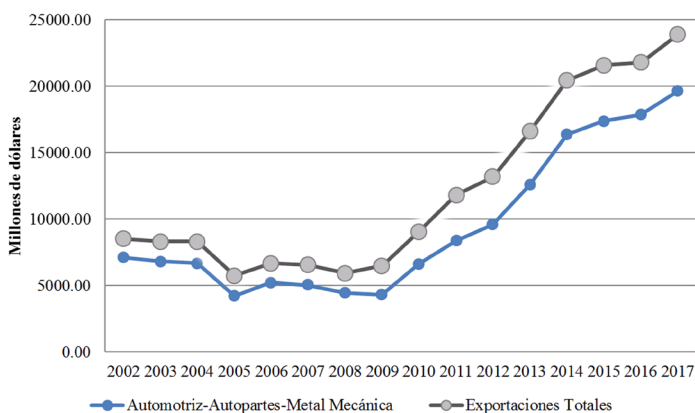
VA= Valor agregado Censal Bruto (Valores reales).

Fuente: Martínez-Martínez *et al.*, 2017b: 107.

tria automotriz de Guanajuato ha perdido participación en el total del valor de la producción de la industria automotriz nacional, pues en 2004 representó 13% y para 2009 y 2014 los valores se mantuvieron en 6.1% y 6.0%, respectivamente. También la participación del valor de la producción de la IA en el total de la industria manufacturera de la entidad, así como en el total de su valor agregado, perdió participación en el periodo 2004 a 2009, pasando de 37% a 18% en el primer caso y de 19% a 8%, en el segundo. Sin embargo, la participación del valor de la producción en las variables mencionadas tuvo una recuperación en el periodo 2009 a 2014 al obtener 22% de participación en la industria automotriz y 11% en el total del valor agregado generado en la entidad.

En cuanto al sector externo, de acuerdo con información de la Coordinadora de Fomento al Comercio Exterior (Cofoce), las exportaciones del sector automotriz¹ se dispararon a partir de 2009 y en 2017 alcanzaron la cifra de 19,627 millones de dólares, lo que representó 82% del total de las exportaciones de la entidad (gráfica 1).

Gráfica 1
Exportaciones de los sectores automotriz-autopartes-metalmecánica
del estado de Guanajuato
2002-2017



Fuente: elaboración propia con información de la Cofoce (2018).

¹ El sector automotriz considera información de los sectores automotriz, autopartes y metalmecánica. Esta última por estar muy relacionada con la industria automotriz (Unger, 2003).

1.2. La industria automotriz de Guanajuato frente a la nacional

En 2004, la industria automotriz de Guanajuato ocupó el cuarto lugar nacional en producción; sin embargo, en 2009 cayó al octavo lugar, y en 2014 recuperó una posición. Cabe destacar que, durante este periodo, presentó un notable avance en términos de empleo generado, pues éste pasó de la décima posición en 2004, a la séptima en 2014 (cuadro 2). En 2014, Guanajuato representó 6% del valor total de la industria automotriz nacional y 5% del empleo, lo que la colocó en el séptimo lugar en ambos rubros.

Durante el periodo 2009 a 2014, el Valor Agregado Censal Bruto (VACB) de la industria automotriz en Guanajuato creció a una tasa de 6.6% en promedio anual, ligeramente por debajo del promedio nacional (6.84%), mostrando una recuperación significativa con respecto al periodo 2004 a 2009, en el que había tenido una caída de -12.7% en promedio anual.² El empleo en la industria automotriz en Guanajuato creció en promedio anual a una tasa de 15.5%, muy superior al promedio nacional (7.6%) en el periodo 2009-2014, que fue muy superior al periodo de 2004 a 2009 donde la industria tuvo un crecimiento promedio anual de 6.4 por ciento.

En cuanto a productividad la industria automotriz en Guanajuato, tuvo una variación negativa en el periodo 2009 a 2014 de -9.5%, variación superior al promedio nacional (-1.6%) (cuadro 3).

2. Clusters industriales y medición de desempeño

2.1. Concepto de clusters industriales

Marshall (1920) fue el primero en observar que las empresas pertenecientes a una misma rama industrial, localizadas en proximidad geográfica unas de otras, obtenían beneficios mediante economías externas de escala. Basándose en las contribuciones de Adam Smith analizó la concentración de empresas y actividades especializadas en localidades particulares (Vázquez-Barquero, 2006). Los beneficios consisten en ciertos elementos observados como habilidades heredadas, disponibilidad de proveedores, uso de maquinaria especializada (división del trabajo), liderazgo industrial y desarrollo de innovaciones.

² Esta tasa de crecimiento negativa se explica en gran medida por la crisis económica-financiera internacional que afectó de forma significativa a la empresa General Motors durante 2008 y 2009.

Cuadro 2
Empleo y producción en la industria automotriz de las 15 principales entidades federativas 2004, 2009 y 2014

	2004				2009				2014			
	<i>Empleo</i>		<i>Valor Agregado*</i> <i>(miles de pesos)</i>		<i>Empleo</i>		<i>Valor Agregado</i> <i>(miles de pesos)</i>		<i>Empleo</i>		<i>Valor Agregado</i> <i>(miles de pesos)</i>	
	%	LN	%	LN	%	LN	%	LN	%	LN	%	LN
Puebla	5%	6	17%	2	7%	6	14%	2	5%	8	15.8%	1
Coahuila	14%	2	13%	3	12%	2	16%	1	17%	2	15.1%	2
Sonora	4%	7	2%	11	6%	7	7%	7	5%	6	11.9%	3
Nuevo León	8%	4	7%	6	8%	5	7%	6	8%	3	10.0%	4
México	8%	5	10%	5	8%	3	10%	4	6%	5	9.6%	5
Chihuahua	31%	1	19%	1	21%	1	10%	3	17%	1	8.4%	6
Guanajuato	3%	10	13%	4	4%	10	6%	8	5%	7	6.0%	7
Aguascalientes	4%	14	2%	9	3%	11	7%	5	3%	12	3.9%	8
Baja California	2%	8	3%	12	3%	12	3%	11	4%	11	3.7%	9
San L. Potosí	3%	11	2%	10	4%	9	3%	12	4%	10	3.7%	10
Querétaro	3%	9	4%	7	4%	8	5%	9	5%	9	2.5%	11
Morelos	1%	16	1%	14	1%	19	1%	14	1%	18	2.4%	12
Tamaulipas	9%	3	4%	8	8%	4	4%	10	8%	4	2.4%	13

Cuadro 2 (continuación)

	2004				2009				2014			
	<i>Empleo</i>		<i>Valor Agregado*</i> (miles de pesos)		<i>Empleo</i>		<i>Valor Agregado</i> (miles de pesos)		<i>Empleo</i>		<i>Valor Agregado</i> (miles de pesos)	
	%	LN	%	LN	%	LN	%	LN	%	LN	%	LN
Jalisco	2%	13	2%	13	2%	14	2%	13	2%	15	1.9%	14
Zacatecas	1%	15	0%	19	1%	16	0%	20	2%	16	0.6%	15
Subtotal	96%		99%		92%		96%		91%		98%	
Resto entidades	4%		2%		8%		2%		9%		2%	
Total	100%		100%		100%		100%		100%		100%	

LN= Lugar nacional

* Para los cálculos de valor agregado se considera al Valor Agregado Censal Bruto a precios corrientes y se seleccionaron a las 15 principales entidades federativas más representativas en valor agregado censal bruto durante 2014.

Total valor agregado de la industria automotriz nacional (miles de pesos corrientes) 2004= 163909714, 2009= 222884288, 2014= 376,926,560. Total de personal ocupado en la industria automotriz 2004= 512,335 2009= 540,436 2014= 376,926,560.

Fuente: elaboración propia con datos de Inegi, 2004, 2009 y 2014.

Cuadro 3
Tasa de crecimiento promedio anual empleo, producción y productividad por entidad federativa en los periodos 2004-2009 y 2009-2014

<i>Entidades</i>	<i>Periodo</i>			<i>Periodo</i>		
	<i>2004-2009</i>			<i>2009-2014</i>		
	<i>Empleo*</i>	<i>Producción**</i>	<i>Productividad***</i>	<i>Empleo</i>	<i>Producción</i>	<i>Productividad</i>
Norte						
Sonora	12.7	25.9	13.0	3.8	19.6	14.2
San Luis Potosí	10.6	4.1	-5.8	7.0	14.0	5.1
Baja California	-3.8	9.4	13.5	15.4	13.8	-2.0
Nuevo León	1.3	1.5	2.1	7.8	13.6	2.2
Durango	20.1	15.7	-1.0	20.6	11.9	-8.5
Coahuila	-1.7	6.0	8.9	14.9	-28.2	-9.6
Chihuahua	-7.2	-10.2	-4.1	4.0	16.1	-1.5
Sinaloa	15.3	4.2	-7.3	9.9	1.7	-8.0
Baja California Sur	84.7	80.0	-1.9	-5.2	-1.8	6.2
Centro						
Tlaxcala	18.9	1.8	-13.5	9.7	28.0	18.1
Morelos	3.0	0.1	-2.5	12.0	19.5	5.4
Puebla	7.6	-2.6	-10.1	1.8	9.3	9.2

Cuadro 3 (continuación)

<i>Entidades</i>	<i>Periodo</i>			<i>Periodo</i>		
	<i>2004-2009</i>			<i>2009-2014</i>		
	<i>Empleo*</i>	<i>Producción**</i>	<i>Productividad***</i>	<i>Empleo</i>	<i>Producción</i>	<i>Productividad</i>
Guanajuato	6.4	-12.7	-17.1	15.5	6.6	-9.5
México	3.2	1.0	-1.1	0.2	6.1	4.3
Querétaro	8.8	3.6	-3.6	10.0	-6.5	-15.5
Hidalgo	22.4	34.6	13.3	14.0	-17.1	-29.4
DF	3.4	-209.0	-205.2	-0.4	-27.0	-27.0
Occidente						
Nayarit	-12.5	-15.1	-1.1	103.2	97.3	-3.4
Zacatecas	8.3	8.7	-2.2	16.9	28.2	11.2
Colima	68.5	22.8	-26.3	16.4	2.2	-0.3
Jalisco	0.5	5.7	4.2	1.1	6.1	7.5
Michoacán	2.2	-23.0	-22.8	-12.0	0.1	12.8
Aguascalientes	8.9	14.9	6.2	8.7	-5.7	-14.3
Golfo						
Tabasco	-1.1	-1.3	3.6	14.4	23.2	6.4
Tamaulipas	0.6	1.4	1.8	5.7	-4.6	-10.8
Veracruz	33.8	103.2	50.8	21.0	-10.5	-26.7

Cuadro 3 (continuación)

Entidades	Periodo			Periodo		
	2004-2009			2009-2014		
	Empleo*	Producción**	Productividad***	Empleo	Producción	Productividad
Sur						
Oaxaca	7.1	0.9	1.3	20.3	22.6	-0.3
Guerrero	-14.0	-26.5	-14.9	19.6	16.5	2.3
Chiapas	23.2	29.4	7.0	6.8	5.2	-35.1
Península						
Quintana Roo	-25.0	-49.1	-30.0	44.0	48.2	3.9
Campeche	24.6	33.5	56.2	24.6	43.8	-13.9
Yucatán	29.5	55.1	18.3	7.0	-7.0	-13.3
Total Nacional	1.1	0.9	-0.01	7.6	6.84	-1.6

*Se refiere al personal ocupado total.

**Se utiliza el Valor Agregado Censal Bruto deflactado por el Índice de Precios al Productor (INPP) 2012=100

***Productividad= Valor Agregado Censal bruto (miles de pesos)/ Total de horas trabajadas por el personal ocupado.

Fuente: elaboración propia con datos de Inegi 2004, 2009 y 2014.

Los estudios sobre distritos industriales fueron retomados en la década de los sesentas del siglo pasado por la escuela italiana, la cual incorporaba la teoría social y el rol de instituciones gubernamentales para explicar el éxito alcanzado por pequeñas empresas que competían exitosamente en mercados internacionales (Becattini, 1988). De acuerdo con Vázquez-Barquero (2006), Hoover sintetiza las ventajas de la aglomeración geográfica resultado de los efectos de las economías internas y externas de escala. Sin embargo, Porter (1990) popularizó el término de *cluster*, posterior a la propuesta de modelo de cuatro determinantes,³ con el cual explicaba las ventajas competitivas de las naciones. De esta forma, las cuatro condicionantes propuestas por Porter también son aplicadas al análisis de *clusters* industriales.

En gran medida los estudios de *clusters* industriales han seguido un enfoque estático y se han centrado en estudiar los factores determinantes de éxito. Capello (1999) sugiere que existe un proceso evolutivo en la conformación de *clusters* industriales los cuales pueden transitar por diferentes fases que van desde una mera concentración de empresas sin articulación alguna hasta llegar a ser un *milieu innovateur* (ambiente innovador) que es donde las empresas encuentran condiciones para generar innovaciones. Siguiendo al mismo autor, este propone que en una segunda etapa del *cluster* existe un proceso de especialización que puede o no estar acompañado por una proximidad cultural y organizacional. De lograrse lo anterior estaríamos ante la configuración de un distrito industrial, en caso contrario nos encontraríamos ante un área especializada con competencia atomizada.

El concepto de *cluster* industrial se ha abordado desde diferentes enfoques y de acuerdo a Martin y Sunley (2003) es un concepto ambiguo del cual aún no se tiene un consenso sobre su definición. Es posible identificar el desarrollo de un *cluster* industrial de acuerdo con ciertas características observadas. En este sentido, la presencia de la especialización económica es un indicador de la evolución de un *cluster* industrial que ha partido de una aglomeración de empresas sin conexión entre sí a una aglomeración que muestra un proceso de especialización en sus actividades económicas. Para Laguna-Reyes (2009), los *cluster* industriales son concentraciones de compañías e instituciones de un mismo sector indus-

³ Las cuatro condicionantes establecidas por Porter (1990) son: 1. Disponibilidad de mano de obra especializada o la infraestructura especializada para competir en una industria relacionada. 2. Naturaleza de la demanda que se refiere a la naturaleza de la demanda en mercados locales para la industria, producto o servicio específico. 3. Industrias relacionadas o de soporte y en este sentido lo importante es conocer si existen o no industrias proveedoras u otras industrias relacionadas que sean competitivas internacionalmente. 4. Estrategia empresarial, estrategia y rivalidad, la cual se refiere a las condiciones que gobiernan cómo las compañías se crean, organizan y administran, así como la naturaleza de la competencia doméstica.

trial que compiten y cooperan. Estas dos acciones permiten que en el *cluster* se logre la llamada *eficiencia colectiva* (concepto introducido por Schmitz y Nadvi en 1999 (citados en Corrales, 2007), lo cual implica un proceso de división de trabajo y presencia de mano de obra especializada en el *cluster*. Por su parte, Vera-Garnica y Ganga-Contreras (2007) señalan que en los países desarrollados el análisis de los *cluster* desempeña un papel importante en la definición de la política pública. De acuerdo con estos autores, la mejor definición de *cluster* es la que señala la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en su documento de 1999, en donde refiere que un *cluster*, además de las redes horizontales simples que una empresa establece con otras, comprende las alianzas estratégicas de éstas con universidades, institutos de investigación, instituciones puente. Siguiendo con los beneficios de los *clusters* industriales, Puig *et al.* (2014) señalan que son tres: 1. Las relaciones, tanto horizontales como verticales, establecidos por los clientes y proveedores, 2. La existencia de trabajo calificado, y 3. La difusión de conocimiento técnico-estratégico.

Después de esta breve revisión sobre los *clusters* industriales, nosotros consideramos que éstos se refieren a la concentración geográfica de empresas vinculadas a un sector industrial, en donde las empresas líderes —para el caso de la industria automotriz serían las OEMs— marcan el rumbo del desarrollo económico y tecnológico de la región a través de las redes de colaboración que establezcan con las empresas satélites —en nuestro caso sería las autopartistas, tanto extranjeras como locales—. En este sentido, la política industrial que impulse las capacidades de absorción toma un papel fundamental.

2.2. Evaluación del desempeño de clusters industriales

Dado el auge que ha tenido el enfoque de *cluster* como medida de apoyo al desarrollo regional, instituciones internacionales como la Organización Económica para la Cooperación y el Desarrollo (OECD) o el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO, por sus siglas en inglés) han diseñado programas para fortalecer el desarrollo de empresas pertenecientes a estas agrupaciones industriales. Sin embargo, las evaluaciones del desempeño del *cluster* son escasas (Gürellier, 2010).

Los estudios de *clusters* enfocados en realizar evaluaciones de desempeño son de naturaleza diversa. Tvaronaviciene *et al.* (2015) utilizan el método multicriterio y de comparación (*Benchmarking*) para medir el desempeño de las empresas pertenecientes al *cluster*. García *et al.* (2011) incorporan el ciclo de vida del *cluster* y evalúan las dimensiones estructurales, gobernanza y de desempeño. A estos desarrollos se suman aquellos

esfuerzos por evaluar programas o políticas de *clusters* industriales (Magro y Wilson, 2013). Altenburg (2001) señala que los *clusters* tiene un potencial para incrementar la eficiencia a través de las diferentes formas de articulación empresarial. Para el caso de países emergentes, como México, la posibilidad de que las empresas locales se integren a la cadena global de valor de las empresas multinacionales apoya su ventaja competitiva (Corrales, 2007).

Recientemente ha habido un esfuerzo por incorporar métricas cuantitativas al análisis de desempeño. A este respecto, De Langen (2004) cuestiona el uso de métricas como la tasa de ganancia, la productividad o la participación en las exportaciones y propone al valor agregado como única forma de poder medir el desempeño de un *cluster*. De acuerdo con Laguna-Reyes (2009: 121) el análisis de los *clusters* industriales "... permite establecer qué tipo de ventaja competitivas tiene una localidad, así como los flujos de transmisión del conocimiento y su potencial para la innovación". Dávila-Flores (2008) incorpora variables cuantitativas y resultado de las matrices insumo producto para identificar los *clusters* industriales de la región noreste de México. Recientemente, se ha utilizado la técnica de Análisis Envolvente de Datos, que se ha empleado para medir la eficiencia en la industria minera (Gaytán y Benita, 2014), así como en el análisis y evaluación de políticas gubernamentales (Soto *et al.*, 2016).

En el siguiente apartado se realiza una descripción de la técnica que se está proponiendo para medir la eficacia técnica del *cluster* automotriz mediante la técnica de Análisis Envolvente de Datos.

3. Métodos para la estimación de eficiencia técnica y su relación con especialización productiva

3.1 Análisis Envolvente de Datos para evaluar la eficiencia técnica: una aplicación a la industria automotriz

El Análisis Envolvente de Datos (AED) es una técnica no paramétrica, determinista, que recurre a la programación matemática. Fue propuesta por Charnes *et al.* (1978) y es una extensión del trabajo de Farrell (1957).

El AED es un método de programación lineal que permite identificar funciones de producción empíricas. Lo anterior implica que no sea necesario contar con una función de producción determinada para su cálculo, pues esta metodología, con base en las unidades productivas objeto de estudio, establece una frontera tecnológica compuesta por aquellas unidades que se desempeñan mejor que otras, lo que permite identificar y clasificar a las unidades en eficientes y no eficientes.

El modelo seleccionado para analizar la eficiencia de la industria automotriz es del tipo orientado a insumos (*input oriented*), considerando rendimientos crecientes a escala, debido a que las variables de entrada (acervo total de activos fijos, empleo, horas trabajadas por personal ocupado total), influyen la variable *output* que para este caso se utiliza la variable Producción Bruta Total.

De acuerdo con Soto *et al.* (2016) el modelo dual de programación lineal para el modelo orientado a insumos (*input oriented*) es el siguiente: Hallar Ur ; donde $r=1,\dots,t$ y vi ; con $i=1,\dots,m$ tal que

Maximizar

$$z = \sum_{r=1}^t Ur.Yrj$$

(1)

Sujeto a:

$$\sum_{r=1}^t Vi.Xij = 1$$

(2)

$$\sum_{r=1}^t ur.Yrj - \sum_{i=1}^m vi.Xij \leq 0; j = 1, \dots, n$$

(3)

$$Ur \geq \varepsilon; vi \geq \varepsilon; \varepsilon \cong 0$$

(4)

Donde:

- Xij = Cantidad del i -ésimo producto que sale de la j -ésima *DMU*
 Yrj = Cantidad del r -ésimo producto que sale de la j -ésima *DMU*
Las Xij y las Yrj son parámetros conocidos
 Vi = Pesos del i -ésimo insumo que entra a la j -ésima *DMU*
 Ur = peso del r -ésimo producto que sale de la j -ésima *DMU*
DMU= Unidad de decisión.

De acuerdo con (Soto *et al.*, 2016) se acostumbra a resolver este problema empleando el DUAL del problema primal el cual queda como sigue:

Maximizar	
$z = \sum_{r=1}^t Ur.Yrj$	
Sujeto a:	
$\sum_{r=1}^t Vi.Xij = 1$	(φ)
$\sum_{r=1}^t ur.Yrj - \sum_{i=1}^m vi.Xij \leq 0; j = 1, \dots, n$	$[(\lambda)]j; j=1,\dots,n.$
$-ur \leq -\varepsilon$	$(Sr^+); r=1,\dots,t$
$-vr \leq -\varepsilon$	$(Sr^-); r=1,\dots,m$
$\varepsilon \cong 0$	

Formulado el dual con el modelo orientado a insumos queda como sigue:

Maximizar

$$z = \varphi - \varepsilon[(\sum_{r=1}^t Sr+) + (\sum_{i=1}^m Sr-)] \quad (5)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n Xij\lambda_j + Sr- \leq Xij; i = 1, \dots, m \quad (6)$$

$$Yrj\varphi - \sum_{j=1}^n Yrj\lambda_j + Si+ \leq 0; r = 1, \dots, t \quad (7)$$

$$\varphi \text{ irrestricta o libre}; \lambda_i \geq 0; j = 1, \dots, n$$

$$Sr+ \geq 0; r = 1, \dots, t; Sr- \geq 0; i = 1, \dots, m \quad (8)$$

Sujeto a la siguiente restricción:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (9)$$

Las variables consideradas para este análisis son:

- a) Acervo total de activos fijos (ATAF): Valor de los bienes que son propiedad de unidad económica, los cuales son utilizados o brindan las condiciones para la producción de bienes o servicios (Inegi, 2014).
- b) Empleo (POT): se utiliza la variable Personal Ocupado Total la cual considera a las personas que trabajaron durante el periodo de referencia en la unidad económica ya sea mediante un contrato o no (Inegi, 2014).
- c) Horas trabajadas por personal ocupado total (HTPOT): corresponde al total de horas trabajadas por el personal ocupado total. Considera las horas trabajadas de carácter normal y aquellas horas extraordinarias. (Inegi, 2014)
- d) Producción Bruta Total (PBT): corresponde al valor de los bienes o servicios que se producen o se comercializan por la unidad económica y que son resultado de sus actividades (Inegi, 2014).

Siguiendo a Gaytán y Benita (2014) se utiliza la variable Producción Bruta Total (PBT) en lugar de la variable Valor Agregado Censal Bruto

(VACB), debido a que de esta forma se evita tener valores negativos que pudieran dificultar la medición de eficiencia. Ya que los cálculos se realizan para cada año no es necesario deflactar el PBT.

Para el cálculo de la eficiencia se utilizó el programa computacional Efficiency Measurement System versión 3.1 (Scheel, 2000).

3.2. Medición de la relación entre eficiencia técnica y especialización productiva utilizando regresión con datos de panel

Como se analizó, un *cluster* puede evolucionar al grado de especializarse, lo que implica que el uso de recursos (materiales, humanos y financieros) son mejor aprovechados y utilizados por lo que se tiene un efecto positivo en la eficiencia. Gaytán y Benita (2014) exploraron la relación entre especialización y eficiencia para la industria minera de México y encontraron una relación positiva, así como ser estadísticamente significativa.

Para explorar el vínculo entre especialización y eficiencia técnica se llevó a cabo una regresión con datos de panel. Se eligió el índice de eficiencia técnica como variable dependiente y como variable independiente se utilizó al coeficiente de localización como medida de especialización relativa (Boisier, 1977). En una segunda regresión se utilizó el coeficiente de especialización como variable independiente y el índice de eficiencia técnica como variable dependiente. Se utilizó información de los últimos tres Censos Económicos 2004, 2009 y 2014 de las 16 entidades federativas donde tiene presencia la industria automotriz.

Se utilizó la prueba de Hausman para determinar la pertinencia de utilizar un modelo de efectos fijos o aleatorios.

La ecuación resultante de eficiencia técnica del estado i del año t está dado por:

$$ET = \alpha + \beta_1 X_{it} + e_{it} \quad (10)$$

ET = Eficiencia técnica

α = vector de parámetros

β_1 = vector de variable explicativa

XI = Variable independiente: coeficiente de localización o especialización productiva

e_{it} = errores aleatorios

i = estado

t = año

Para el cálculo del coeficiente de localización se consideró la siguiente fórmula

$$Coef\ Loc = \frac{V_{ij}/\sum_i V_{ij}}{\sum_j V_{ij}/\sum_i \sum_j V_{ij}} \quad (11)$$

donde:

$Coef\ Loc$ = Coeficiente de localización

V_{ij} = Valor de la rama de producción i del estado j , utilizando como variable al valor agregado censal bruto

$\sum_i V_{ij}$ = Valor de la producción del total del Estado

$\sum_j V_{ij}$ = Valor de la producción de la rama de producción a nivel nacional

$\sum_i \sum_j V_{ij}$ = Valor total de la producción a nivel nacional

Valores = 1 indican que indican que se tiene una participación del valor agregado censal bruto de la rama de actividad i del Estado j es exactamente igual a la participación que tiene la rama de actividad i a nivel nacional en el conjunto de la economía nacional.

Valores > 1 indican que el tamaño relativo del sector en el estado de referencia es mayor que el tamaño relativo del valor de esa rama de actividad en el conjunto nacional, por lo que podemos inferir especialización relativa.

Valores < 1 indican que el tamaño relativo del sector en el estado de referencia es menor que el tamaño relativo del valor de esa rama de actividad en el conjunto nacional, por lo que podemos inferir que no existe especialización relativa.

Para el cálculo de especialización productiva se siguió la siguiente fórmula:

$$Qr = \frac{1}{2} * \sum_i \{abs\} [(V_{ij}/\sum_i V_{ij}) - (\sum_j V_{ij}/\sum_i \sum_j V_{ij})] \quad (12)$$

Qr = Coeficiente de especialización

abs = valor absoluto

V_{ij} = Valor de la rama de producción i del estado j , utilizando como variable al valor agregado censal bruto

$\sum_i V_{ij}$ = Valor de la producción del total del Estado

$\sum_j V_{ij}$ = Valor de la producción de la rama de producción a nivel nacional

$\sum_i \sum_j V_{ij}$ = Valor de la producción total a nivel nacional

De acuerdo con Boisier (1977) el coeficiente de especialización compara dos distribuciones relativas. En este sentido, se contrasta a la distribución estatal contra la distribución nacional.

Los valores resultantes oscilan de 0 a 1 y entre más cercanos los valores a 1 indica que existe mayor especialización.

4. Análisis y discusión

Con información de los Censos Económicos 2004, 2009, y 2014 del Inegi se seleccionaron a las 16 principales entidades donde está asentada la industria automotriz, considerando como variable el VACB. Estas entidades representaron 98% del total de la producción en 2009.

Los resultados de aplicar la técnica a Análisis de Envoltente de Datos se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4
Eficiencia de la industria automotriz en las principales entidades federativas

<i>Estados</i>	<i>2004</i>	<i>2009</i>	<i>2014</i>	<i>% Participación en Producción*</i>
Norte				
Baja California	100.00%	100.00%	84.53%	4%
Sonora	90.35%	85.96%	100.00%	15%
Chihuahua	97.41%	77.44%	81.19%	8%
Coahuila	100.00%	100.00%	100.00%	15%
Nuevo León	84.02%	83.09%	88.26%	10%
Tamaulipas	90.57%	77.24%	82.76%	2%
Centro				
Ciudad de México	85.97%	88.73%	88.07%	0.2%
Estado de México	90.99%	92.49%	94.90%	10%
Puebla	100.00%	100.00%	100.00%	16%
Hidalgo	100.00%	100.00%	100.00%	0.2%
Morelos	100.00%	100.00%	100.00%	2%
Occidente				
Aguascalientes	89.36%	100.00%	95.12%	4%
Guanajuato	100.00%	100.00%	92.31%	6%

Cuadro 4 (*continuación*)

<i>Estados</i>	<i>2004</i>	<i>2009</i>	<i>2014</i>	<i>% Participación en Producción*</i>
Jalisco	85.91%	84.27%	88.98%	2%
Querétaro	91.00%	83.48%	80.54%	2%
San Luis Potosí	84.26%	81.44%	81.82%	4%

*Se refiere a la participación en la producción total tomando como referencia la variable VACB.

Fuente: elaboración propia utilizando el software Efficiency Measurement System (Scheel, 2000).

Al analizar los resultados podemos clasificar a las entidades de acuerdo con la eficiencia observada en los tres periodos. En una primera clasificación se encuentran aquellas entidades que se ubican en la frontera de la eficiencia en los tres periodos analizados, es el caso de entidades como Puebla, Hidalgo y Morelos de la región centro, así como Coahuila de la región Norte. En una segunda clasificación podemos ubicar a aquellos estados que presentan una trayectoria ascendente en los tres periodos analizados, es el caso de Sonora y Nuevo León (región norte), Jalisco (Occidente) y Ciudad de México en la región centro, aunque esta última tuvo una ligera caída en 2014. En una tercera clasificación se ubican aquellos estados que tienen un comportamiento variable. En esta categoría se ubican Guanajuato y Baja California, que en dos periodos consecutivos se ubicaron en la frontera de eficiencia y para 2014 caen al 85%. Chihuahua, situado en 97% de eficiencia cae a 77% en 2009, y sube ligeramente a 81.19% en 2014.

En un caso similar a este último está Tamaulipas, que en 2004 se situaba en 90.57% de eficiencia y para 2009 cae a 77.24% y tiene una recuperación en 2014 cuando se ubicó en 82.76%. Aguascalientes se ubicó en 89.36% de eficiencia en 2004, tiene un repunte en 2009 al posicionarse en 100% para posteriormente caer al 95% en 2014. Por último, San Luis Potosí presentó en 2009 84.26% de eficiencia para después caer a 81% en 2009 y ligeramente subir en 2014 a 81.82%.

Para evaluar la relación entre especialización y eficiencia técnica, se realizó un modelo de regresión con datos de panel. La prueba de Hausman indicó que el modelo más apropiado es el de efectos aleatorios, tanto para el caso donde se utilizó el coeficiente de localización como para el caso donde se empleó el coeficiente de especialización como variable independiente.

Los resultados de la regresión muestran que el coeficiente de localización y el coeficiente de especialización son variables significativas y tienen

una relación positiva con la eficiencia técnica, lo que indica que a mayor especialización mayor eficiencia técnica. Como es de esperarse, el coeficiente de correlación (R2) es bajo, lo que indica que es necesario incorporar más variables explicativas al modelo, lo que está fuera de los alcances de esta investigación.

Cuadro 5
Resultados de regresión con datos de panel de datos efectos variables
Variable independiente: Coeficiente de localización

<i>Variable</i>	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-Statistic</i>	<i>Prob.</i>
C	0.888092	0.019701	45.07814	0
Coef_loc	0.014834	0.005322	2.787514	0.0077
<i>Weighted Statistics</i>				
R-squared	0.146478	Mean dependent var		0.355974
Adjusted R-squared	0.127924	S.D. dependent var		0.047738
S.E. of regression	0.04458	Sum squared resid		0.091419
F-statistic	7.89436	Durbin-Watson stat		1.93461
Prob(F-statistic)	0.007258			

Coef_loc= Coeficiente de localización
Fuente: elaboración propia con información de los Censos Económicos 2004, 2009 y 2014 y utilizando el software EViews versión 10 (QMS, 2017).

Cuadro 6
Resultados de regresión con datos de panel de efectos variables
Variable independiente: Coeficiente de especialización

<i>Variable</i>	<i>Coefficient</i>	<i>Std. Error</i>	<i>t-Statistic</i>	<i>Prob.</i>
C	0.876219	0.019502	44.92941	0
Coef_Esp	0.644184	0.21312	3.022628	0.0041
<i>Weighted Statistics</i>				
R-squared	0.167832	Mean dependent var		0.453136
Adjusted R-squared	0.149741	S.D. dependent var		0.051665
S.E. of regression	0.04764	Sum squared resid		0.1044
F-statistic	9.277303	Durbin-Watson stat		1.882932
Prob(F-statistic)	0.003833			

Coef_Esp= Coeficiente de Especialización
Fuente: elaboración propia con información de los Censos Económicos 2004, 2009 y 2014 y utilizando el software EViews versión 10 (QMS, 2017).

Los resultados indican que el proceso de especialización si tienen una incidencia en la eficiencia técnica. Lo anterior abre la posibilidad de complementar trabajos que han evaluado los determinantes de la eficiencia técnica de la industria automotriz, como el estudio llevado a cabo por Valdés-Ibarra (2008), pues de la presente investigación se desprende la importancia de incorporar los coeficientes de localización y especialización dentro de las variables que explican la eficiencia técnica.

Conclusiones

Evaluar el desempeño de aquellas actividades económicas, pilares para el funcionamiento de una economía estatal, se convierte en una actividad esencial que permite orientar las decisiones de política pública. En concordancia con Laguna-Reyes (2009) la tendencia de las empresas a la concentración geográfica debe ser tomada en cuenta por los hacedores de política para impulsar los *clusters*. A lo que nosotros agregamos, que no sólo basta con esto, sino que se deben impulsar las redes de colaboración entre los actores localizados en éstos, con la finalidad de generar derramas de conocimiento que redunden en el desarrollo regional. En este sentido, la técnica de Análisis Envoltante de Datos es apropiada para medir el desempeño de la industria automotriz en aquellas entidades federativas donde esta industria tiene presencia destacada.

Los resultados muestran que la eficiencia de la industria automotriz en Guanajuato pasó de estar en la frontera de eficiencia técnica en 2004 y 2009 a bajar al 92% en 2014. Esto posiciona a Guanajuato como la octava entidad, de las quince analizadas, que mejor se desempeñó en 2014, por debajo de entidades como Coahuila, Hidalgo, Morelos, Puebla, Morelos, Aguascalientes y México.

En cuanto al vínculo entre eficiencia y especialización se muestra que para el conjunto analizado sí es posible determinar que tanto el coeficiente de localización, que es una medida de especialización relativa, como el coeficiente de especialización, son variables significativas y se relacionan de forma positiva a cambios en la eficiencia técnica, con lo que se cumpliría lo estipulado por Gaytán y Benita (2014); Lo anterior complementa estudios previos que han analizado los determinantes de la eficiencia técnica en la industria automotriz al sugerir la incorporación de variables explicativas que pueden incorporarse al modelo.

Una limitación del trabajo fue la actualidad de los datos utilizados, dado que los más actuales fueron los arrojados por el Censo 2014, el cual se basa en información de 2013, y el auge de la industria automotriz en Guanajuato comienza con la llegada de las armadoras Honda (4T de 2013), Mazda

(2014) y Toyota (comenzará a operar en 2019); por lo que este dinamismo no es mostrado con la información presentada en este artículo.

Dentro de las recomendaciones de política industrial que plantea este trabajo, se puede decir que es importante profundizar el análisis sobre el desempeño del recurso humano, que se ha considerado como una variable importante en el análisis de eficiencia de la IA. En el periodo 2009 a 2014, tanto el empleo como la producción se han recuperado para el caso del *cluster* automotriz de Guanajuato, pero esta recuperación no ha estado vinculada a un aumento en la productividad laboral. Siguiendo la clasificación de Dávila-Flores (2008), el *cluster* automotriz de Guanajuato presenta un crecimiento extensivo, el cual se caracteriza por un aumento de la producción y el empleo a costa de la productividad laboral. En este sentido, es necesario impulsar políticas públicas encaminadas a fortalecer la productividad laboral en el *cluster* automotriz de Guanajuato.

Agradecimientos

Red de Innovación y Trabajo en la Industria Automotriz Mexicana
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. DGAPA
PAPIIT IN304616 “Innovación, convergencia tecnológica y sostenibilidad: retos de la industria automotriz de Guanajuato ante la globalización”, 2016-2018.

Fuentes consultadas

- Altenburg, Tilman (2001), *La promoción de clusters industriales en América Latina. Experiencias y estrategias*, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Proyecto FOCOPymes, Buenos Aires, Argentina.
- Becattini, Giacomo (1988), “Los distritos industriales y el reciente desarrollo italiano”, *Sociología del trabajo*, núm. 5, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España, pp. 3-18.
- Boisier, Sergio (1977), *Técnicas de análisis regional con información limitada*, Cuadernos ILPES. Santiago de Chile, Chile.
- Capello, Roberta (1999), “Spatial transfer of knowledge in high technology milieu: learning *versus* collective learning processes”, *Regional studies*, 33 (4), Taylor and Francis, Londres, Inglaterra, pp. 353-365.

- Charnes, Abraham; William W. Cooper y Edwardo Rhodes (1978), "Measuring the efficiency of decision making units", *European journal of operational research*, 6 (2), Elsevier, Ámsterdam, Holanda, pp. 429-444.
- Cofoce (Coordinadora de Fomento al Comercio Exterior) (2018), "Exportaciones del estado de Guanajuato 2002-2017", Reporte del Centro de Información en Comercio Exterior y Logística, Silao, México.
- Corrales, Salvador (2007), "Importancia del *cluster* en el desarrollo regional actual", *Frontera Norte*, 19 (37), El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, México, pp. 173-201.
- Dávila-Flores, Alejandro (2008), "Los *clusters* industriales del noreste de México (1993-2003): Perspectivas de desarrollo en el marco de una mayor integración económica con Texas", *Región y sociedad*, 20 (41), El Colegio de Sonora, Hermosillo, México, pp. 57-88.
- De Langen, Peter (2004), *The performance of seaport clusters; a framework to analyze cluster performance and an application to the seaport clusters of Durban, Rotterdam and the lower Mississippi*, Erasmus University Rotterdam, Rotterdam, Netherlands.
- Farrell, Michael James (1957), "The measurement of productive efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120 (3), Wiley, Nueva Jersey, Estados Unidos de América, pp. 253-290.
- García, Bogar; Roberto González y Felipe de Jesús Leal (2011), "El ciclo de vida del *cluster* automotriz en Aguascalientes", Ponencia presentada en el XVI Congreso Internacional de Cotaduría, Administración e Informática, del 5 al 7 de octubre, Ciudad de México, México.
- Gaytán, Edgar y Francisco Benita (2014), "La industria minera en México: patrones de desempeño y determinantes de eficiencia", *Lecturas de Economía*, núm. 80, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, pp. 103-131.
- Gobierno del Estado de Guanajuato (2015), "Programa de Gobierno Actualización 2016-018", *Periódico Oficial del Estado de Guana-*

- juato*, 24 de noviembre, núm. 188, tercera parte, Gobierno del Estado de Guanajuato, Guanajuato, México, pp. 2-92.
- Gürellier, Özlem (2010), “Desing of a performance measurement model for industrial *clusters* in Turkey”, tesis de maestría, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2004), “Censos Económicos 2004”, Inegi, Aguascalientes, Mexico, <<http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ce/2004/>>, 11 de mayo de 2018.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2009), “Censos Económicos 2009”, Inegi, Aguascalientes, Mexico, <<http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ce/2009/>>, 11 de mayo de 2018.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2014), “Censos Económicos 2014”, Inegi, Aguascalientes, Mexico, <<http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ce/2014/>>, 11 de mayo de 2018.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2018), “Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas”, Inegi, Aguascalientes, Mexico, <<http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/>>, 11 de mayo de 2018.
- Laguna-Reyes, Christian Enmanuel (2009), “Cadenas productivas, columna vertebral de los *clusters* industriales mexicano”, *Economía Mexicana Nueva Época*, XIX (1), Centro de Inverstigación y Docencia Económicas, Ciudad de México, México, pp. 119-170.
- Magro, Edurne y James Wilson (2013), “Complex innovation policy systems: Towards an evaluation mix”, *Research Policy*, 42 (9), Elsevier, Ámsterdam, Holanda, pp. 1647-1656.
- Marshall, Alfred (1920), *Principles of economics: An introductory volume*, The Macmillan Press, Londres, Inglaterra.
- Martin, Ron y Peter Sunley (2003), “Deconstructing *clusters*: chaotic concept or policy panacea?”. *Journal of economic geography*, 3 (1), Oxford University Press, Oxford, Inglaterra, pp. 5-35.
- Martínez-Martínez, Adriana y Jorge Carrillo-Viveros (2017a), “¿Hay política industrial en Guanajuato? Análisis de la industria automotriz”, en Adriana Martínez-Martínez y Jorge Carrillo-Viveros

(eds.), *Innovación, redes de colaboración y sostenibilidad*, Universidad Nacional Autónoma de México-El Colegio de Sonora-Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Ciudad de México, México, pp. 121-145.

Martínez-Martínez, Adriana, Gabriel Santos-Navarro y Alejandro García-Garnica (2017b), “Productive specialization and relational analysis: the automotive industry in Guanajuato”, *Frontera norte*, 29 (58), Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, México, pp. 121-140.

Porter, Michael (1990), “The competitive advantage of nations”, *Competitive Intelligence Review*, 1 (1), Wiley, Nueva Jersey, Estados Unidos de América, pp. 14-14.

Puig, Francisco; Miguel González-Loureiro y Helena Marques (2014), “Supervivencia, crecimiento e internacionalización en *clusters* industriales”, *Economía Industrial*, núm. 391, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Unión Europea, España, pp. 133-140.

QMS (Quantitative Micro Software) (2017), “Eviews”, [Software], Version 10, HIS Markit Ltd, Irvine, Los Angeles California, United Estados Unidos de América.

Scheel, Holger (2000), “Efficiency measurement system”, [Software], Version 1.3, Dortmund University, Dortmund, Alemania.

Schmitz, Hubert y Khalid Nadvi (1999), “Clustering and industrialization: introduction”, *World Development*, 9 (27), Elsevier, Ámsterdam, Holanda, pp. 1503-1514.

Soto, Idana; Beroska Rincón, León Julio Arango Buelvas y Oscar Javier Torres Yarzagaray (2016), “Metodología de Análisis Envolvente de Datos (DEA), Procesos Administrativos y Operacionales de las Políticas Gubernamentales en los Países Latinoamericanos”, *Tlatemoani Revista Académica de Investigación*, núm. 22, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México, pp. 63-89.

Tvaronaviciene, Manuela; Kristina Razminiene y Leonardo Piccinetti (2015), “Cluster efficiency study through benchmarking”, *Entrepreneurship and Sustainability*, 3 (2), Entrepreneurship and Sustainability Center, Vilnius, Lithuania, pp. 120-128.

- Unger, Kurt (2003), *Los clusters industriales en México: especializaciones regionales y la política industrial*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, Chile.
- Unger, Kurt y Roberto Chico (2004), “La industria automotriz en tres regiones de México. Un análisis de clusters”, *El Trimestre Económico*, LXXI (284), Fondo de Cultura Económica, Ciudad de México, México, pp. 909-941.
- Valdés-Ibarra, Miriam (2008), “Cluster Automotriz en México. Un análisis de eficiencia económica y sus determinantes: 1988-2003”, tesis de maestría en Economía Regional, Centro de Investigaciones Socioeconómicas-Universidad Autónoma de Coahuila, México.
- Vázquez-Barquero, Antonio (2006), “Surgimiento y transformación de *clusters* y *milieus* en los procesos de desarrollo”, *Revista Eure*, XXXII (95), Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, Chile, pp. 75-92.
- Vera-Garnica, José Ricardo y Francisco Aníbal Ganga Contreras (2007), “Los clusters industriales: precisión conceptual y desarrollo teórico”, *Cuadernos de Administración*, 20 (33), Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, pp. 303-322.

Recibido: 2 de julio de 2018.

Reenviado: 24 de Octubre de 2018.

Aceptado: 14 de diciembre de 2018.

Gabriel Santos Navarro. Maestro en Desarrollo Económico por la Universidad de East Anglia, Norwich, Reino Unido. Actualmente es candidato a doctor por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. y coordinador de planeación sectorial en el Instituto de Planeación, Estadística y Geografía del estado de Guanajuato. Su línea de investigación actual es *clusters* industriales. Entre sus últimas publicaciones destacan: “Productive specialization and relational analysis: the automotive industry in Guanajuato”, *Frontera Norte*, 29 (58), El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, México, pp. 121-140 (2017); “Nuevas formas de organización laboral en la industria automotriz: los equipos de trabajo en General Motors, complejo Silao”, *Revista Análisis Económico*, XXIX (70), Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México, pp. 157-183 (2014), y “Aprendizaje tecnológico en la industria manufacturera

de Guanajuato”, *Frontera Norte*, 25 (50), El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, México, pp. 187-212 (2013).

Pablo Wong González. Doctor en Desarrollo Internacional por la University of East Anglia, Norwich, Reino Unido. Es profesor-investigador, Titular de la Coordinación de Desarrollo Regional del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., CPI-CONACYT. Actualmente funge como Director General de este Centro CONACYT. Sus principales líneas de investigación son globalización y territorio; desarrollo regional transfronterizo; y desarrollo regional sustentable. Entre sus publicaciones recientes destacan: “Re-fronterización en la Unión Europea: reflexiones sobre la crisis migratoria y el Brexit”, en María del Rosío Barajas Escamilla, Enrique José Varela Álvarez y Pablo Wong-González (coords.), *Entre fronteras. Construyendo una agenda comparada global*, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C.-El Colegio de la Frontera Norte, Hermosillo-Tijuana, México, pp. 153-174 (2017); en coautoría, “Sun Corridor as a transborder mega-region: revivifying economic development in the Arizona-Sonora region”, *Studies in Regional Science*, 46 (1), Japan Section of The Regional Science Association International, Tsukuba, Japón, pp. 41-62 (2016); “La conformación de regiones asociativas transfronterizas: Los límites de la paradiplomacia regional”, en María del Rosío Barajas Escamilla, Pablo Wong González y Nahuel Oddone (coords.), *Fronteras y procesos de integración regional. Estudios comparados entre América y Europa*, El Colegio de la Frontera Norte-Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Tijuana-Hermosillo, México, pp. 81-94 (2015).

Adriana Martínez Martínez. Doctora en Estudios Sociales por la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa. Actualmente es profesora titular B de tiempo completo de la licenciatura de Economía Industrial en la Escuela Nacional de Estudios Superiores León de la Universidad Nacional Autónoma de México. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel II. Sus líneas de investigación son capacidades y políticas de innovación, industria automotriz, industria 4.0. Entre sus últimas publicaciones se encuentran: “Trends of automotive industry FDI in Guanajuato, México”, *Análisis económico*, XXXIII (84), Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México, pp. 99-122 (2018); “Productive specialization and relational analysis: the automotive industry in Guanajuato”, *Frontera Norte*, 29 (58), El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, México, pp. 121-140 (2017); “Progreso socioeconómico y progreso socio-laboral ¿convergencia o divergencia? el caso de GKN Driveline, Celaya”, en Jorge Carrillo, Graciela Bensusán y Jordy Micheli

(coords.), ¿Es posible *innovar y mejorar laboralmente*? *Estudio de trayectorias de empresas multinacionales en México*, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México, pp. 329-357 (2017), e *Innovación, redes de colaboración y sostenibilidad. Experiencias regionales y tendencias internacionales de la industria automotriz*, Escuela Nacional de Estudios Superiores León de la Universidad Nacional Autónoma de México-Colson-Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo-AM Editores, León-Hermosillo, México (2017).