

INNOVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA DE MÉXICO, EL CONTEXTO ACTUAL, 2010-2016

INNOVATION AND PRODUCTIVITY IN THE METAL-MECHANIC
INDUSTRY OF MEXICO, THE CURRENT CONTEXT, 2010-2016

Oswaldo U. Becerril Torres^α

Juan Andrés Godínez Enciso^λ

Rosa Azalea Canales García^π

RESUMEN: El sector metalmecánico genera una gran diversidad de bienes, los cuales se constituyen, en su mayoría, en insumos y componentes clave para un conjunto amplio de industrias relevantes, como el sector automotriz, la aeronáutica o el sector energético. En los años recientes, la actividad metalmecánica ha sido estimulada sensiblemente por la expansión de estas industrias, las cuales están fuertemente articuladas a las cadenas globales de valor. Su permanencia en éstas es condicionada de manera importante por su productividad y por los procesos de innovación que en ellas se desarrollan para ser más competitivos. El objetivo de este artículo es presentar evidencias sobre las condiciones de productividad actuales de la industria metalmecánica en México, así como develar el peso específico del efecto de los cambios en eficiencia y del efecto de los cambios en innovación. Para ello se emplea el índice de Malmquist de cambio en productividad. Entre los principales resultados se encuentra que, para el sector metalmecánico en México, periodo

^α Profesor de la Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Economía, Cerro de Coatepec s/n, Ciudad Universitaria, Toluca, Estado de México. C.P. 50120. Teléfono: 01 722 213 1374. Correo electrónico: obecerrilt@uaemex.mx

^λ Profesor de la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Departamento de Economía. Ciudad de México. Correo electrónico: ja_genciso@hotmail.com

^π Profesora de la Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Economía, Cerro de Coatepec s/n, Ciudad Universitaria, Toluca, Estado de México. C.P. 50120. Teléfono: 01 722 213 1374. Correo electrónico: azalea_canales@hotmail.com

Economía coyuntural, Revista de temas de coyuntura y perspectivas, vol.3, núm. 2., pp. 55-88.

2010-2016, el cambio en productividad total de los factores y el cambio técnico presentaron pérdidas, lo que se deriva de falta de innovación, en tanto que el cambio en eficiencia en la mayoría de las actividades ha permanecido sin alteraciones.

PALABRAS CLAVE: Productividad total de los factores, cambio tecnológico, cambio en eficiencia técnica, industria metalmecánica.

- **ABSTRACT:** The metal-mechanic sector generates a great diversity of goods, which are mostly in inputs and key components for a broad set of relevant industries, such as the automotive sector, aeronautics, or the energy sector. In recent years, metal-mechanic activity has been significantly stimulated by the expansion of these industries, which are strongly articulated to global value chains. Their permanence in these is conditioned in an important way by their productivity, and by the innovation processes that develop in them to be more competitive. Given this, the objective of this research is to present evidence of the current productivity conditions of the metal-mechanic industry in Mexico, as well as to reveal the effect of changes in efficiency and technology on it, as well as innovation, given the importance of inside of the manufacturing industry. For this, the Malmquist index of productivity change is used. Among the main results is that in the study period, the change in total factor productivity and technical change have shown losses, which is derived from lack of innovation, while the change in efficiency in most of the It has remained without improvements, but also without losses.
- **KEY WORDS:** Total factor productivity, technical change, efficiency change, mechanical metal industry
- **CLASIFICACIÓN JEL:** C43, D24, L61
- Recepción: 27/11/2018 Aceptación: 02/05/2019

Introducción

El grupo de actividades que conforman al sector metalmecánico genera una gran diversidad de bienes, los cuales se constituyen, en su gran mayoría, en insumos y componentes clave para un conjunto amplio de industrias

relevantes, como el sector automotriz, la aeronáutica, el sector energético o la construcción. La industria metalmecánica aporta en torno del 16% del producto interno bruto de la manufactura mexicana. Es un sector heterogéneo por la diversidad de productos que genera y por su estructura de mercado, que se constituye principalmente de pequeñas y medianas empresas. En los años recientes, la actividad metalmecánica ha sido estimulada sensiblemente por la expansión de la industria automovilística y de aeronáutica, sectores éstos fuertemente articulados a cadenas de valor global. En este sentido, los productos derivados de la industria metalmecánica resultan elementos clave para garantizar proveeduría de calidad en entornos competitivos internacionales, razón por la cual requiere del fortalecimiento de sus capacidades competitivas y tecnológicas. El presente artículo, tiene como objetivo mostrar evidencias de las condiciones de productividad actuales de la industria metalmecánica en México, la hipótesis que subyace es que la existencia de bajos niveles de productividad, sea por ineficiencias técnicas o por limitados esfuerzos para el desarrollo de innovaciones en el sector, reducirá sus capacidades competitivas y limitará su función clave de proveeduría, sobre todo aportando mayor valor agregado, para las industrias más dinámicas como la automotriz y la aeronáutica. Para alcanzar lo anterior se calculará la productividad total de los factores, así como sus componentes: cambio en eficiencia y cambio técnico --este último de interés por el efecto que la innovación tiene sobre él, de los subsectores 331-industrias metálicas básicas, 332-fabricación de productos metálicos y 333-fabricación de maquinaria y equipo, para el periodo 2011-2016. Se utilizará el índice de Malmquist, de cambio en productividad, que tiene la virtud de distinguir entre cambios derivados de mejor eficiencia productiva y de aquellos que resultan de esfuerzos de carácter tecnológico. El trabajo se conforma de cinco apartados. El primero, presenta una breve contextualización de la industria

metalmecánica en México, el segundo y tercer apartado, contienen el marco teórico-metodológico, sobre el procedimiento de estimación y los indicadores empleados. En el apartado cuatro se reportan los resultados obtenidos y, finalmente, las conclusiones.

1. La relevancia actual del sector metalmecánico en México

Uno de los enclaves centrales de la actividad económica del país, posterior al proceso de apertura comercial, se fue asentando en el sector manufacturero, con las siguientes características: una “depuración” de actividades, sobre todo tradicionales como textil, vestido, calzado, entre otras, provocada por la mayor competencia externa; el fortalecimiento de segmentos realizando actividades de maquila; la recomposición de industrias como la automotriz, alimentos y farmacéutica, y el establecimiento de industrias nuevas en el país (electrónica de consumo, equipo de cómputo, aeronáutica). Esta configuración de los últimos años trajo, a su vez, cambios estructurales sensibles en el tejido económico nacional: una mayor orientación exportadora, algunos segmentos engarzados en cadenas de valor globales, pero con aportaciones de bajo valor agregado, baja productividad promedio, escasa actividad en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), y, en gran medida, ventajas competitivas basadas en bajos costos salariales y en la proximidad e integración al mercado estadounidense (Casanueva y Rodríguez, 2009; Benita y Gaytán, 2011; Aguilar, 2011; Tovar, 2012; Chávez y Fonseca, 2012; Valderrama, Neme y Ríos, 2015; Meza, Pratap y Urrutia, 2015; Rojas y Godínez 2016; Godínez y Alva, 2017).

En este contexto, el avance productivo mexicano de los últimos 20 años ha estado marcado por un ritmo de crecimiento, si bien positivo, aún muy por debajo de sus potencialidades (un Producto Interno Bruto en torno al 2.3%

promedio anual). Existe consenso en señalar que, la posibilidad de que este techo de crecimiento pueda ser superado, incluyendo la generación de empleo más calificado y con mejores remuneraciones, será mejorando, por un lado, la productividad y, por otro, arraigando conductas empresariales e institucionales sustentadas en esfuerzos continuos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i). Por lo anterior, segmentos productivos como el sector metalmecánico, juegan un papel central, dada su inserción como generador de insumos y componentes clave para sectores dinámicos como automotriz, aeronáutica o energía.^{‡‡}

La industria metalmecánica del país aporta aproximadamente 16% del PIB industrial, produce una gran diversidad de materiales y componentes, siendo clave en las cadenas de proveeduría del propio sector y hacia otras industrias, y su composición es dominada por empresas micro, pequeñas y medianas. Como sucede con el promedio de la manufactura mexicana, la capacidad de producción se asocia a altos niveles de importación, incluyendo por supuesto tecnología, y a la transformación local con aportaciones de bajo valor agregado.

“La industria metalmecánica es una actividad muy importante para el desempeño de la industria manufacturera, sin embargo, su relevancia podría ser aún mayor si las importaciones netas de productos metalmecánicos no hubieran aumentado de manera tan considerable -en los últimos años” (CANACINTRA, 2017)^{§§}.

^{‡‡} La Industria Metalmecánica constituye un eslabón fundamental en el entramado productivo, no sólo por su contenido tecnológico y valor agregado, sino también por su articulación con distintos sectores industriales; prácticamente todos los países con un desarrollo industrial avanzado cuentan con sectores metalmecánicos consolidados.

^{§§} Se estima que, en México, por cada millón de dólares importados de productos de la industria metalmecánica, se dejan de ocupar 12 y 63 empleos directos e indirectos, respectivamente.

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

Se ha señalado que, el crecimiento de la producción automotriz y aeronáutica, han sido claves para estimular la actividad metalmeccánica en años recientes. La estimación es que la expansión de dichas industrias, más la actividad del sector energético, se mantenga en el mediano plazo generando así más oportunidades, por los efectos de arrastre, sobre los productos metalmeccánicos, tales como la fabricación de productos metálicos forjados y troquelados, la producción de recubrimientos y terminados metálicos, el maquilado de piezas metálicas y la fabricación de maquinaria y equipo para la propia industria.

Ante este escenario la pregunta que hay que formular es la siguiente: ¿la industria metalmeccánica del país cuenta actualmente con las capacidades productivas para atender con calidad las cadenas de suministro y elevar el contenido en valor agregado de sus productos y componentes?

Algunos estudios han analizado las condiciones de productividad de la industria metalmeccánica en México. Robles, Hernández y Badillo (2015), estudiaron la relación entre nivel de educación formal y sus efectos sobre los niveles de productividad, los resultados obtenidos indican que existe una relación positiva, lo mismo arrojó el nexo entre nivel de esfuerzo tecnológico que llegan a realizar las empresas y las mejoras productivas. Por su parte, López (2016), analiza a las pequeñas y medianas empresas de la industria metalmeccánica. Señala que, entre los principales obstáculos de las pymes para elevar su competitividad, se encuentran los requisitos de tipo técnico para cumplir con los requerimientos del mercado. En este sentido, se deduce que la calidad y la productividad mantienen una relación bidireccional.

Una investigación más reciente realizada por CANACINTRA (2017), con base en la aplicación de encuestas a una muestra representativa de 35 empresas

del sector metalmecánico, arroja evidencias interesantes sobre las capacidades competitivas de dicho segmento industrial. Entre algunos de los resultados sensibles se tienen:

En términos de capacidad de producción.

- Más del 75% de las empresas importa 42% de su maquinaria.
- El 66% de la maquinaria tiene entre 5 y 10 años de antigüedad.
- Principales insumos requeridos: acero (36%), soldadura (18%) y alambre galvanizado (14%).
- Sólo 42% de las empresas terciarizan alguna actividad, básicamente; acabados (27%), maquinado y corte (18%, respectivamente).
- El principal requerimiento de las plantas es optimizar el uso de la capacidad instalada.
- El principal requerimiento de capacitación del personal se centra en; control de calidad (33%), soldadura (17%), certificación de inspecciones de calidad (17%).

En términos de la atención a cambios tecnológicos.

- El 75% de las empresas no ha desarrollado ningún tipo de proyecto de innovación.
- 58% no cuenta con un departamento de diseño de productos, de procesos o de innovación.
- 55% no tiene ningún tipo de vínculo de colaboración con instituciones de educación superior o centros de investigación.
- 92% no cuenta con desarrollo de patentes.
- 83% no realiza estudios de mercado, tecnológicos o de *benchmarking*.
- 40% no exporta.

Los anteriores resultados expresan una serie de limitaciones en la capacidad de producción (eficiencia) y en la capacidad tecnológica (e innovación) que registran las empresas metalmeccánicas del país en el contexto actual.

Con el propósito de contribuir a los análisis sobre esta industria, el presente trabajo, tiene como propósito estimar la productividad de la industria, contemplando los subsectores: industrias metálicas, fabricación de productos metálicos y fabricación de maquinaria y equipo, para el periodo 2010-2016.

2. Marco conceptual, el índice de Malmquist.

En este trabajo se calcula el cambio en productividad como la media geométrica de dos índices de productividad de Malmquist.^{***} Siguiendo a Färe et al. (1994), para definir el índice de Malmquist orientado en la producción, se supondrá que la tecnología de producción S^t en cada período $t= 1,..,T$, realiza la transformación de insumos, pertenecientes a un espacio n -dimensional, perteneciente al campo de los números reales positivos, en productos, también pertenecientes al campo de los números reales positivos, los cuales pueden expresarse como:

$$S^t = \{(X^t, Y^t) : X^t \text{ puede producir } Y^t\} \quad (1)$$

Así mismo, de acuerdo con Shephard (1970) y Färe (1988), una función de distancia de la producción en el momento t se define como:

$$D_0^t(X^t, Y^t) = \inf\{\phi : (X^t, Y^t/\phi) \in S^t\} = (\sup\{\phi : (X^t, \phi Y^t) \in S^t\})^{-1} \quad (2)$$

^{***} Los promedios de las tasas de crecimiento del índice de Malmquist son medias geométricas que tienen la virtud de que, a diferencia de la media aritmética, los valores extremos afectan en menor medida el resultado.

Expresión que representa el recíproco de la máxima expansión proporcional del vector de productos Y^t , cuando se tiene en cuenta los insumos X^t , la cual caracteriza completamente la tecnología de producción. De manera específica, se cumple que, $D_0^t(X^t, Y^t) \leq 1$, si y solo si, (X^t, Y^t) forma parte de S^t . Si la función de distancia es unitaria, $D_0^t(X^t, Y^t) = 1$, esto sucede, si y solo si, (X^t, Y^t) está en la frontera tecnológica. En el contexto de Farrell (1957) eso ocurre cuando la producción es técnicamente eficiente.

La construcción del índice de Malmquist requiere definir las funciones de distancia respecto a dos momentos diferentes, tal que:

$$D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1}) = \inf\{\phi: (X^{t+1}, Y^{t+1}/\phi) \in S^t\}$$

(3)

La función de distancia correspondiente a (3), mide el máximo cambio proporcional en producción que es necesario para conseguir que (X^{t+1}, Y^{t+1}) sea realizable en relación con la tecnología en el momento t . De la misma manera, se puede definir una función de distancia para medir la máxima proporción de cambio en la producción necesaria para que la combinación (X^t, Y^t) sea posible con relación a la tecnología en el momento $t+1$, la cual se representará como $D_0^{t+1}(X^t, Y^t)$. Por lo que el índice de productividad de Malmquist se define como:

$$M^t = \frac{D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^t(X^t, Y^t)}$$

(4)

en el que la tecnología en t es la de referencia. De manera alternativa, para el periodo $t+1$ se define un índice de Malmquist:

$$M^{t+1} = \frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)}$$

(5)

La elección de una u otra tecnología de referencia, (4) o (5), resulta un asunto importante. Por este motivo, para resolver la disyuntiva, que puede

representar la consideración de una tecnología fija. Färe et. al. (1994), definen el índice de Malmquist de cambio en productividad basado en la producción, como la media geométrica de los índices de Malmquist (4) y (5), especificados con anterioridad:

$$M_0(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t) = \left[\left(\frac{D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^t(X^t, Y^t)} \right) \left(\frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (6)$$

O de manera equivalente, siguiendo a Färe et al. (1989, 1992):

$$M_0(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t) = \frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^t(X^t, Y^t)} \times \left[\left(\frac{D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})} \right) \left(\frac{D_0^t(X^t, Y^t)}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (7)$$

Esta expresión (7) divide la evolución que sigue la productividad en dos componentes. El primero, hace referencia al *cambio en la eficiencia*, cuyas mejoras evidencian un proceso *catching-up*, es decir, un acercamiento de cada una de las unidades de producción (DMU's: *decision making units*) a la frontera eficiente. Por su parte, el segundo, indica cómo varía el *cambio en tecnología*, es decir, cómo el desplazamiento de la frontera eficiente hacia el insumo de cada DMU está generando una innovación en ésta última. Por lo tanto, se consideran mejoras en el índice de Malmquist de cambio en productividad cuando se obtienen valores por encima de la unidad; la misma interpretación se obtiene para cada uno de sus componentes. De manera particular, esta descomposición proporciona una forma alternativa de identificar convergencia en el crecimiento de la productividad, derivado de mejoras de eficiencia técnica o provocado por cambios de tipo tecnológico.

3. Datos y fuentes de información

En este apartado se analizan los indicadores Producción Bruta Total, Inversión Fija Bruta y Personal Ocupado, promedio anual, de la industria metal mecánica, integrada por los subsectores 331-industrias metálicas

básicas, 332-fabricación de productos metálicos y 333-fabricación de maquinaria y equipo. Los datos fueron obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México, INEGI (2017), a partir de los cuales se muestra la participación relativa de cada uno de estos subsectores en la industria metal mecánica, así como su comportamiento para el periodo 2010-2016, posteriormente, se presentan el procedimiento y las variables empleadas para calcular la productividad total de los factores y sus componentes, el cambio en eficiencia y el cambio técnico, y, por supuesto, los resultados obtenidos.

3.1 Análisis de los datos de producción, inversión y empleo

En términos de la producción, las industrias metálicas básicas, tienen una participación que oscila alrededor del 55% respecto a toda la industria metalmecánica. La fabricación de productos metálicos aporta alrededor del 25%, alcanzando en 2016 una contribución de 28.6%, siendo su tasa de aportación la más alta, después de la del año 2015 que fue de 28.8 puntos porcentuales. Por su parte, el subsector de fabricación de maquinaria y equipo es el de menor participación en términos relativos, ya que únicamente contribuye con alrededor del 15% (Tabla A-1 del Anexo).

Respecto a la trayectoria del valor de la producción se observa que, desde el año 2010, ha venido cayendo, destacando dos periodos, el primero, reportando caídas hasta el año 2013 y recuperándose posteriormente. Si se compara la tasa de variación anual sub sectorial de la industria metalmecánica con el crecimiento de la economía mexicana, que ha sido de alrededor del 2.5% anual en los últimos años, este indicador permite identificar que, aunque ha venido teniendo disminuciones, se puede considerar que es alto, al ser

superior al crecimiento de la economía nacional de México (Tabla A-2 del Anexo).

En el rubro de la inversión, la participación relativa de los tres subsectores de la industria metal mecánica indica que, las industrias metálicas básicas, tienen una aportación que oscila en torno al 70%, respecto al total del sector de la industria metalmecánica. La fabricación de productos metálicos contribuye con alrededor del 20%, en 2016 tuvo su pico más alto (25.7%). El subsector de fabricación de maquinaria y equipo es el que cuenta con la menor participación relativa dentro de la industria metal mecánica, aportando alrededor del 10%, con una importante reducción en 2016, alcanzó apenas una participación del 3.9% (Tabla A-3 del Anexo).

Por su parte, la tasa de variación de la inversión de la industria metal mecánica ha venido cayendo ligeramente desde 2010, destacando tres periodos: el primero, mostrando caídas hasta el año 2012 y, a partir de este año, el segundo periodo, reporta una ligera recuperación en la tasa de variación, la cual concluye en 2014. El tercer periodo, muestra nuevamente una caída, hasta alcanzar en el año 2016 una contracción de -4.7% promedio (Tabla A-4 del Anexo).

Por lo que respecta al empleo, la fabricación de productos metálicos tiene una participación preponderante, genera alrededor del 55% del empleo del total de la industria metalmecánica, aunque redujo su participación en 2016 (54.9%). La fabricación de maquinaria y equipo contribuye con aproximadamente el 20%, con una clara tendencia positiva en su participación, 25.9% en 2016. Por su parte, las industrias metálicas básicas, son las de menor participación relativa en la industria metalmecánica, aportan

alrededor del 20% del empleo, con un comportamiento relativamente estable a lo largo del periodo de análisis (Tabla A-5 del Anexo).

La tendencia de la tasa de variación del empleo, en el total de la industria, muestra una leve contracción desde el año 2010, a excepción de la fabricación de productos metálicos. Este indicador permite plantear que el empleo generado por la industria metalmecánica se ha mantenido relativamente estable a lo largo del periodo 2010-2016 (Tabla A-6 del Anexo).

Lo que se destaca es que, el subsector industria metálicas básicas, es el segmento más significativo en términos del valor de producción generado, aporta más de la mitad. De la misma manera esta industria concentra la proporción más alta del gasto en inversión del sector metalmecánico. Por su parte, es la fabricación de productos metálicos la que genera poco más del 50% del empleo metalmecánico. La fabricación de maquinaria y equipo es la actividad menos relevante en lo que se refiere a la generación del valor de producción y de empleo.

A continuación, se presenta el procedimiento para estimar los índices de productividad de Malmquist y los resultados obtenidos para determinar, no sólo la trayectoria de productividad de las tres industrias que componen el sector metalmecánico de México, sino también establecer en qué medida la productividad, para el periodo bajo análisis, responde a condiciones derivadas de una mejor eficiencia técnica o bien definidas por cambios de tipo tecnológico.

3.2 Procedimiento

La aplicación empírica se realiza considerando las variables de producción, inversión y empleo, que se corresponden con la producción bruta total, inversión fija bruta y personal ocupado promedio anual, de los subsectores de

la industria metal mecánica. La metodología utilizada es el *Data Envelopment Analysis* (DEA), ya que permite estudiar a una unidad de producción en relación con el comportamiento de otras unidades similares, a partir de la construcción de la frontera eficiente mediante aproximaciones no paramétricas. En Lovell (1994) se ofrece un análisis con algunos de los modelos DEA útiles, analizando la capacidad de la tecnología de producción, así como la eficiencia productiva. Dos años después, Seiford (1996) analiza la evolución de la DEA, en el cual incluye como antecedentes las obras de Afriat (1972), Aigner y Chu (1968), Shephard (1970), Debreu (1951), Farrell (1957), Charnes y Cooper (1991) y la transformación fraccional lineal de Charnes y Cooper (1962). Por su parte, Banker, Chang y Cooper (1996), hacen un análisis utilizando experimentos diseñados estadísticamente aplicando tanto la DEA y COLS^{†††} y, en este mismo, se destacan características donde el análisis DEA resulta mejor bajo el modelo de Banker, Chang y Cooper (1984) y donde es mejor el modelo Charnes, Cooper y Rhodes (1978).

Con base en Färe et al. (1994), el índice de productividad de Malmquist se calcula empíricamente mediante las técnicas no paramétricas expuestas en el apartado 2^{†††}. Así, para calcular la productividad de la *i*-ésima unidad productora entre los momentos *t* y *t*+1, se tienen que solucionar cuatro problemas de programación lineal, que expresan las combinaciones temporales de las funciones de distancia:

$$D_0^t(X^t, Y^t), D_0^{t+1}(X^t, Y^t), D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1}) \text{ y } D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1}),$$

^{†††} Mínimos cuadrados ordinarios corregidos, por sus siglas en inglés COLS (*Corrected Ordinary Least Squares*).

^{††††} El modelo DEA orientado al *output* que se plantea en Seiford & Thrall (1990) se modifica sensiblemente al considerar la variación en el tiempo.

para lo cual se tiene en consideración el hecho de que la función de distancia orientada al producto es recíproca a la medida de eficiencia técnica de Farrell orientada también al producto.

Supóngase $i' = 1, 2, \dots, I$ unidades productoras, usando $n = 1, 2, \dots, N$ insumos en un espacio n dimensional $X_n^{i,t}$ en cada período de tiempo $t = 1, 2, \dots, T$. Esos insumos se utilizan para producir $m = 1, \dots, M$ productos, en un espacio de dimensión m , $Y_m^{i,t}$. Por tanto, para cada $i=1, \dots, I$ se calcula la función de distancia:

$$\left(D_0^t(X^{i',t}, Y^{i',t})\right)^{-1} = \max \phi^{i'}$$

Condicionado a que $\phi^{i'} y^{i't} \leq \sum_{i=1}^I \lambda^{i,t} y_m^{i,t}$
(8)

$$\sum_{i=1}^I \lambda^{i,t} x_n^{i,t} \leq x_n^{i',t}$$

$$\lambda^{i,t} \geq 0$$

El cálculo de la función de distancia $D_0^{t+1}(X^{i',t+1}, Y^{i',t+1})$ se realiza como en (8), substituyendo $t+1$ en t . Las funciones de distancia usadas en la construcción del índice de Malmquist requieren información de dos períodos. La primera de ellas se registra para la observación i como:

$$\left(D_0^t(X^{i',t+1}, Y^{i',t+1})\right)^{-1} = \max \phi^{i'}$$

Condicionado a que

$$\phi^{i'} y_m^{i',t+1} \leq \sum_{i=1}^I \lambda^{i,t} y_m^{i,t}$$

(9)

$$\sum_{i=1}^I \lambda^{i,t} x_n^{i,t} \leq x_n^{i',t+1}$$

$$\lambda^{i,t} \geq 0$$

En la expresión (9) aparecen observaciones para dos periodos, t y $t+1$, simultáneamente, dado que la tecnología con relación a la que $(X^{i',t+1}, Y^{i',t+1})$ es evaluado, es la correspondiente a t . En (8), $(X^{i',t}, Y^{i',t}) \in S^t$, se establece que $D_0^t(X^{i',t}, Y^{k^{i,t}}) \leq 1$. Sin embargo, en (9), $(X^{i,t+1}, Y^{i,t+1})$ no tiene que pertenecer a S^t , con lo cual $D_0^t(X^{i',t+1}, Y^{i',t+1})$ puede tomar valores superiores a la unidad. El último problema de programación lineal que se necesita resolver es también un problema mixto, como (9) pero trasponiendo t y $t+1$. Para analizar los cambios en las *eficiencias de escala*, se calcularán también las funciones de distancia bajo rendimientos variables a escala^{§§§}, incorporando a los modelos anteriores la restricción de que: $\sum_{i=1}^I \lambda^{i,t} = 1$. La eficiencia a escala en cada período se construye como el cociente entre la función de distancia con rendimientos constantes y la que satisface rendimientos variables. Por otra parte, el *cambio técnico* se calcula con relación a la tecnología con rendimientos constantes.

3.3 Resultados

Una vez calculada la ecuación (7), la cual reporta el cambio en la productividad total de los factores y su descomposición en eficiencia técnica y en cambio tecnológico, para los subsectores 331 industrias metálicas básicas, 332 fabricación de productos metálicos y 333 fabricación de maquinaria y equipo, se debe tener en cuenta que mejoras en eficiencia técnica es evidencia de un proceso *catching-up*, es decir, un acercamiento de cada una de las unidades productoras a la frontera eficiente y que, el cambio técnico, indica cómo varía el cambio en la tecnología, esto es, cómo cada unidad productora está

^{§§§} Ver, Banker, Charnes y Cooper (1984).

generando una innovación. Así mismo, habida cuenta que el cambio en la PTF es equivalente a la multiplicación de los cambios técnico y en eficiencia (que son sus componentes), se debe tener en consideración que valores unitarios indican que no hay cambios en ninguno de los componentes, en tanto que, valores superiores a la unidad indican mejora y, valores inferiores, reportan deterioro del indicador. Con esta información es posible analizar los resultados obtenidos de la aplicación de la ecuación (7) para el cálculo de las variaciones en productividad a través del tiempo, de los subsectores 331 industrias metálicas básicas, 332 fabricación de productos metálicos y 333 fabricación de maquinaria y equipo, los cuales se presentan a continuación. Los resultados muestran que el cambio en eficiencia es unitario, como se observa en la tabla 1, indicando que ésta ha permanecido invariante en el tiempo. Así mismo, teniendo en cuenta que el cambio en eficiencia es unitario, ello implica que el cambio en PTF es equivalente al cambio tecnológico.**** La tabla 1 también permite observar que el indicador del cambio técnico a través del tiempo ha sido inferior a la unidad, y que éste también ha venido acercándose al valor unitario, por lo que si bien, formalmente no ha presentado mejoras, si lo ha hecho en términos relativos, debido a que el indicador tiende a acercarse al valor unitario, lo que podría interpretarse como un incipiente proceso de innovación.

**** Buchelli y Marín (2012) analizan la eficiencia técnica en costos del desempeño de la industria metalmeccánica de Colombia, mediante el análisis de Fronteras estocásticas, encontrando importantes disparidades en los niveles de productividad entre los 12 Departamentos analizados, argumentando que ello pudo ser influido por la crisis económica sufrida por ese país en los años 90 del siglo pasado.

Tabla 1. Índice de Malmquist de Cambio en PTF y sus componentes, subsectores 331,332 y 333. 2010-2016.

<i>Año</i>	<i>Cambio en eficiencia</i>	<i>Cambio técnico</i>	<i>Cambio en PTF</i>
2010	1	0.553	0.553
2011	1	0.703	0.703
2012	1	0.767	0.767
2013	1	0.834	0.834
2014	1	0.852	0.852
2015	1	0.867	0.867
2016	1	0.882	0.882
Media	1	0.771	0.771

Fuente: Elaboración con base en INEGI (2017). Encuesta Anual de la Industria Manufacturera (EAIM).

La tabla 2 muestra el cambio en productividad total de los factores, así como sus componentes, de acuerdo con la ecuación (7), para cada uno de los tres subsectores de la industria metalmecánica de México. Como se aprecia, el cambio en eficiencia es unitario, por lo que indica que no ha habido cambios en los subsectores, es decir, se está produciendo sobre la frontera eficiente, sin embargo, derivado de que el cambio técnico es inferior a la unidad, entonces, se puede expresar que este se ha deteriorado, lo que refleja la carencia de procesos de innovación, incidiendo en la PTF. No obstante, el subsector 333 es el que ha sufrido menor deterioro, en promedio, versus los subsectores 331 y 332.

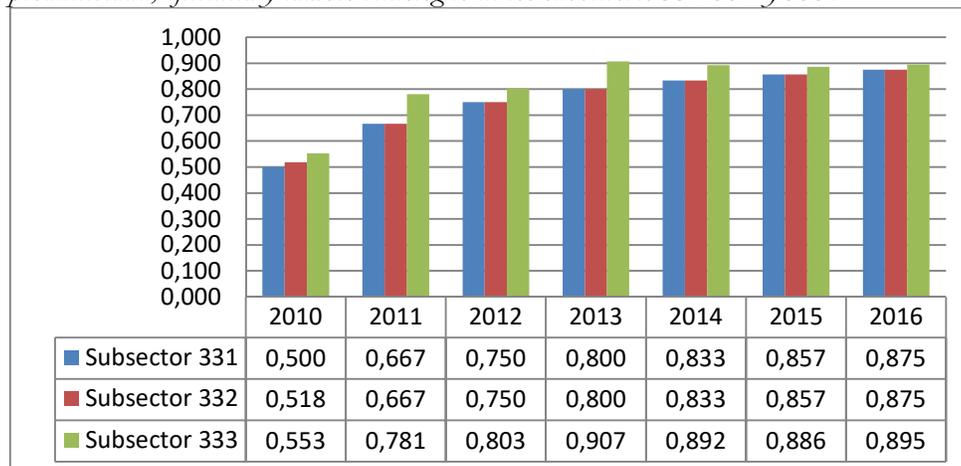
Tabla 2. Índice de Malmquist de Cambio en PTF y sus componentes, subsectores 331,332 y 333.

Subsectores	Cambio en eficiencia	Cambio técnico	Cambio en PTF
Subsector 331. industrias metálicas básicas	1	0.743	0.743
Subsector 332. fabricación de productos metálicos	1	0.747	0.747
Subsector 333. fabricación de maquinaria y equipo	1	0.826	0.826
Media	1	0.771	0.771

Fuente: Elaboración con base en INEGI (2017). Encuesta Anual de la Industria Manufacturera (EAIM).

En el Gráfico 1 se presenta la evolución temporal de manera conjunta del cambio en productividad total de los factores de los subsectores de la industria metal mecánica de México, la cual es equivalente al cambio tecnológico, derivado de que el cambio en eficiencia es unitario. Como se puede apreciar, ambos presentan pérdidas en productividad en su devenir en el tiempo; sin embargo, al estar acercándose al valor unitario, al final del periodo de estudio, implica que cada vez es menor la pérdida de productividad derivado de un incipiente proceso de innovación. Para hacer un estudio más detallado de la industria metal mecánica, se analizan las 21 ramas de actividad que corresponden a esta industria (Tabla 3).

Gráfico 1. Industria metalmecánica de México, 2010-2016. Evolución del cambio en productividad, eficiencia y cambio tecnológico de los subsectores 331 332 y 333.



Fuente: Elaboración con base en INEGI (2017). Encuesta Anual de la Industria Manufacturera (EAIM).

Tabla 3. Ramas de actividad económica de la industria metalmecánica de México. Clasificación SCLAN 2007.

3311 Industria básica del hierro y del acero (subsector 331)
3312 Fabricación de productos de hierro y acero (subsector 331)
3313 Industria básica del aluminio (subsector 331)
3314 Industrias de metales no ferrosos, excepto aluminio (subsector 331)
3315 Moldeo por fundición de piezas metálicas (subsector 331)
3321 Fabricación de productos metálicos forjados y troquelados (subsector 332)
3322 Fabricación de herramientas de mano sin motor y utensilios de cocina metálicos (subsector 332)
3323 Fabricación de estructuras metálicas y productos de herrería (subsector 332)
3324 Fabricación de calderas, tanques y envases metálicos (subsector 332)

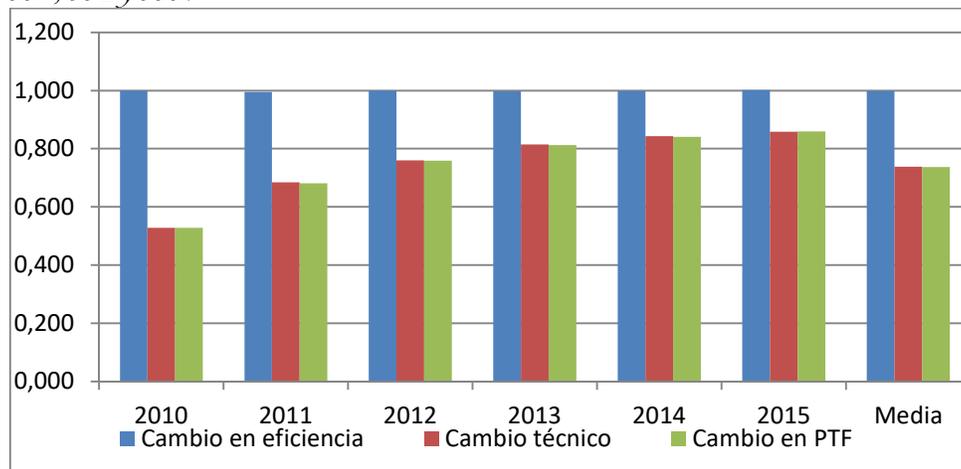
3325 Fabricación de herrajes y cerraduras (subsector 332)
3326 Fabricación de alambre, productos de alambre y resortes (subsector 332)
3327 Maquinado de piezas metálicas y fabricación de tornillos (subsector 332)
3328 Recubrimientos y terminados metálicos (subsector 332)
3329 Fabricación de otros productos metálicos (subsector 332)
3331 Fabricación de maquinaria y equipo agropecuario, para la construcción y para la industria extractiva (subsector 333)
3332 Fabricación de maquinaria y equipo para las industrias manufactureras, excepto la metalmecánica (subsector 333)
3333 Fabricación de maquinaria y equipo para el comercio y los servicios (subsector 333)
3334 Fabricación de equipo de aire acondicionado, calefacción, y de refrigeración industrial y comercial (subsector 333)
3335 Fabricación de maquinaria y equipo para la industria metalmecánica (subsector 333)
3336 Fabricación de motores de combustión interna, turbinas y transmisiones (subsector 333)
3339 Fabricación de otra maquinaria y equipo para la industria en general (subsector 333)

Fuente: Elaboración con base en INEGI (2017). Encuesta Anual de la Industria Manufacturera (EAIM).

En el gráfico 2, se observa la media geométrica del cambio en eficiencia para las ramas de esta industria, que es igual a 1 para el año 2010, lo que significa que no ha habido alteraciones, es decir, las unidades productivas se encuentran produciendo sobre la frontera eficiente, sin embargo, entre el año 2011 y 2014, se observa que el indicador es de 0.99, lo que representa un leve deterioro en la eficiencia, la cual se recompone en 2015 (1.0002). Por su parte, tanto el

cambio en productividad como el cambio técnico son inferiores a la unidad, lo que indica un deterioro en estos indicadores a través del tiempo, esto explicado en parte por la baja capacidad de innovación en las ramas de actividad económica de los subsectores de la industria manufacturera.

Gráfico 2. Industria metalmecánica de México, 2010-2016. Evolución del cambio en productividad, eficiencia y cambio tecnológico, de las ramas de actividad de los subsectores 331, 332 y 333.



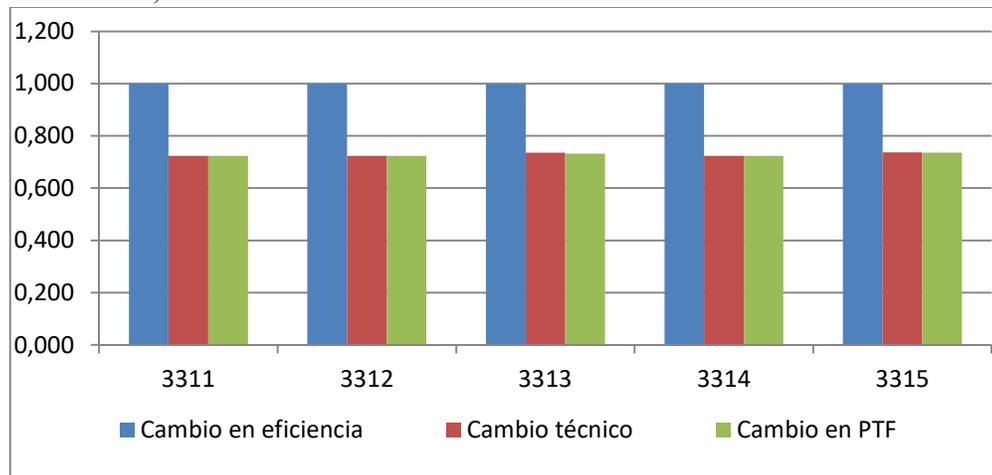
Año	Cambio en eficiencia	Cambio técnico	Cambio en PTF
2010	1.000	0.528	0.528
2011	0.995	0.684	0.681
2012	0.999	0.760	0.759
2013	0.997	0.815	0.812
2014	0.998	0.843	0.841
2015	1.002	0.858	0.859
Media	0.998	0.738	0.737

Fuente: Elaboración con base en INEGI (2017). Encuesta Anual de la Industria Manufacturera (EAIM).

El cambio en la productividad total de los factores y sus componentes, de las ramas de actividad del subsector 331, industrias metálicas básicas, es presentado en el gráfico 3. Como se aprecia, ninguna de las ramas presenta valores superiores a la unidad, por lo que se puede decir que no ha habido

mejorías tanto en productividad como en el cambio tecnológico y en eficiencia, (por el contrario, ha habido pérdida tanto en productividad como en innovación), no obstante que el cambio en eficiencia en las ramas 3311, industria básica del hierro y del acero, 3312, fabricación de productos de hierro y acero, y 3314, industrias de metales no ferrosos, ha sido unitario, lo que se traduce en que, al menos, el nivel de eficiencia con el que operan estas ramas de actividad ha permanecido inalterado, manteniéndose sobre la frontera de producción eficiente.

Gráfico 3. Cambio en PTF y sus componentes, 2010-2016. Ramas de actividad del subsector 331, industrias metálicas básicas.



Rama	Cambio en eficiencia	Cambio técnico	Cambio en PTF
3311	1.000	0.723	0.723
3312	1.000	0.723	0.723
3313	0.997	0.735	0.732
3314	1.000	0.723	0.723
3315	0.999	0.737	0.736

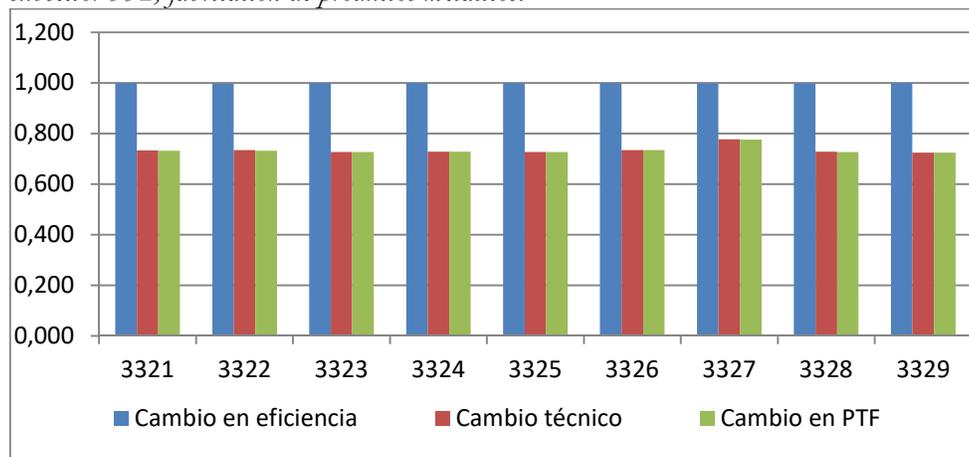
Fuente: Elaboración con base en INEGI (2017). Encuesta Anual de la Industria Manufacturera (EAIM).

En el caso de las ramas que conforman el subsector 332, fabricación de productos metálicos, gráfico 4, se aprecia que el cambio en PTF está por

■ *ECONOMÍA COYUNTURAL*

debajo del valor unitario, lo que permite argumentar que ha habido pérdida en productividad en las ramas de este subsector. Lo mismo sucede con el cambio técnico (es decir, no ha habido procesos innovadores que permitan una mejora del cambio tecnológico). Por su parte, algunas ramas presentan valores unitarios o cercanos a este en el indicador del cambio en eficiencia (ello significa que están produciendo sobre la frontera técnicamente eficiente o que se están acercando a ella), es decir, no ha habido pérdidas, pero tampoco ganancias en eficiencia. Las ramas que reportan estos indicadores son la 3323, fabricación de estructuras metálicas y productos de herrería, la 3324, fabricación de calderas, tanques y envases metálicos, la 3325, fabricación de herrajes y cerraduras, la 3326, fabricación de alambre, productos de alambre y resortes, y la 3329, fabricación de otros productos metálicos.

Gráfico 4. Cambio en PTF y sus componentes, 2010-2016. Ramas de actividad del subsector 332, fabricación de productos metálicos.

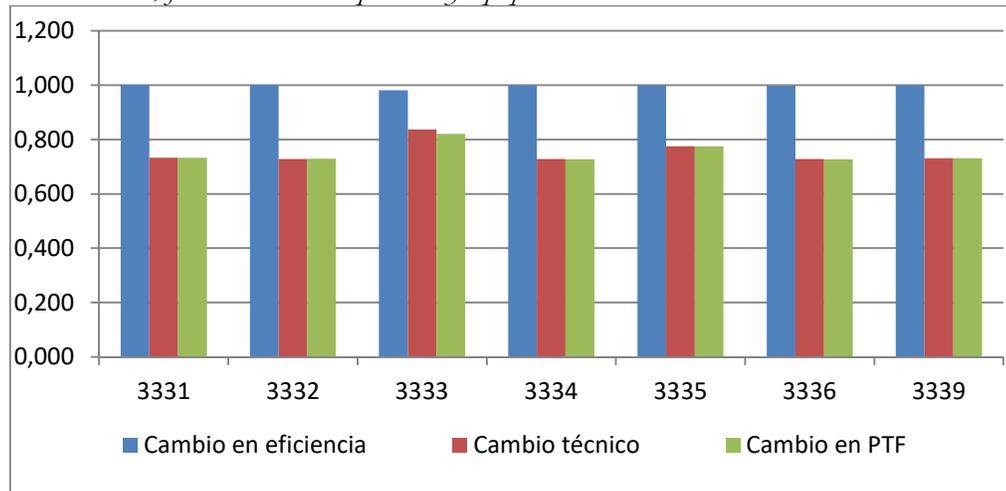


Rama	Cambio en eficiencia	Cambio técnico	Cambio en PTF
3321	0.999	0.733	0.732
3322	0.997	0.734	0.731
3323	1.000	0.726	0.726
3324	1.000	0.728	0.728
3325	1.000	0.727	0.727
3326	1.000	0.734	0.734
3327	0.998	0.777	0.775
3328	0.998	0.728	0.727
3329	1.000	0.724	0.724

Fuente: Elaboración con base en INEGI (2017). Encuesta Anual de la Industria Manufacturera (EAIM).

El tercer subsector de actividad que integra a la industria metalmecánica es fabricación de maquinaria y equipo (333). En el gráfico 5, se muestra tanto el cambio en PTF como el de sus componentes, el cambio en eficiencia y cambio técnico, de sus ramas de actividad. Los indicadores arrojan que ninguna de las ramas reporta valores superiores a la unidad, por lo que se puede afirmar que no ha habido mejoras en éstos. Al mostrar valores inferiores a la unidad, ha habido pérdidas en productividad, en tecnología (baja o nula innovación) y en eficiencia. Únicamente cuatro de las ocho ramas de este subsector reportan valores unitarios en el índice de cambio en eficiencia, indicando que al menos éstas han permanecido invariantes en el uso de los factores, es decir, las unidades productoras se encuentran ubicadas en la frontera técnicamente eficiente.

Gráfico 5. Cambio en PTF y sus componentes, 2010-2016. Ramas de actividad del subsector 333, fabricación de maquinaria y equipo.



Rama	Cambio en eficiencia	Cambio técnico	Cambio en PTF
3331	1.001	0.733	0.733
3332	1.001	0.729	0.730
3333	0.981	0.837	0.821
3334	0.999	0.728	0.727
3335	1.000	0.775	0.775
3336	0.998	0.729	0.727
3339	1.000	0.731	0.731

Fuente: Elaboración con base en INEGI (2017). Encuesta Anual de la Industria Manufacturera (EAIM).

Estas ramas son la 3331, fabricación de maquinaria y equipo agropecuario, para la construcción y para la industria extractiva, la 3332, fabricación de maquinaria y equipo para las industrias manufactureras, la 3335, fabricación de maquinaria y equipo para la industria metalmecánica, y la 3339, fabricación de otra maquinaria y equipo para la industria en general.

Derivado de estos resultados se puede argumentar que la industria metal mecánica ha mostrado en general, tanto a nivel de los subsectores como a nivel de ramas de actividad, pérdidas en productividad de los factores, así

como rezagos sensibles en el cambio tecnológico. Con respecto al cambio en eficiencia, en general, no se obtienen valores que superen el valor unitario en la PTF.

Conclusiones

A pesar de la importancia que reviste la industria metal mecánica, al involucrar un conjunto amplio de productos vinculados a la industria del aluminio y del acero, cuya incidencia va desde productos para el hogar, hasta la industria automotriz y aeronáutica, la literatura es escasa al tratar de identificar estudios sobre sus condiciones competitivas. Más aún, son inexistentes cuando se indaga sobre estudios con relación a la productividad total de los factores y su medición a través del índice de Malmquist. Ello ha motivado la realización de este estudio, cuyo objetivo ha sido analizar el cambio en productividad total de los factores y sus componentes, con la intención de conocer si ha habido mejoras en sus indicadores o, por el contrario, pérdidas. De manera específica, sobre el cambio tecnológico, dado que este recoge información sobre la posible actividad de innovación.

Los cálculos realizados muestran que en la industria metalmecánica de México no se observa, en años recientes, mejoría en los procesos de desarrollo tecnológico y, por tanto, en actividades encaminadas a impulsar la innovación promedio del sector. Como se reporta en los resultados obtenidos, a través del índice de Malmquist de cambio en productividad, se denota cierto deterioro, al haberse obtenido valores por debajo de la unidad, sin embargo, estos se han venido revirtiendo, lo que permite percibir que el nivel de deterioro es cada vez menor.

Respecto al cambio tecnológico, este también ha venido sufriendo pérdidas, lo que se traduce en que la innovación no ha sido factor relevante para mejorar

la productividad total de los factores. Finalmente, como se ha explicado, no se observa un cambio en eficiencia de la industria metalmecánica de México, dado que su indicador en el índice de Malmquist es unitario, ha permanecido sin variaciones en el periodo bajo estudio, es decir, las unidades productivas se encuentran ubicadas en la frontera técnicamente eficiente. En general, los resultados muestran que el deterioro se ha venido reduciendo a través del tiempo en los tres subsectores de la industria metalmecánica.

Los datos obtenidos, tanto a nivel de subgrupos y ramas del sector metalmecánico, refuerzan las evidencias presentadas en el estudio sobre la competitividad de esta industria, realizada por CANACINTRA en 2017, las cuales señalan rezagos competitivos importantes, por un lado, con obstáculos para aprovechar de mejor forma la escala y la capacidad instalada de las plantas, y con deficiencias en la actualización de las habilitaciones de sus operarios en rubros tales como soldadura, control de calidad y certificación de procesos de calidad. Por otro, y que es todavía más notorio, la casi marginal conducta empresarial en favor de pautas innovadoras; se estima que tres cuartas partes de las empresas no han desarrollado ningún tipo de proyecto de innovación y 58% de las empresas no cuentan con un departamento de diseño de productos, de procesos o de innovación. Se corrobora, que este sector, por su aportación a la economía nacional y por su forma de articulación estratégica con otros sectores de alto dinamismo, como el automotriz o el aeronáutico, requiere apuntalar sus competencias estáticas y dinámicas para aportar mayor valor local, así como calidad y eficiencia en sus productos.

Derivado de los resultados anteriores, y dado que el análisis ha sido *output-oriented*, u orientado al producto, se pueden sugerir algunas medidas que podrían contribuir a mejora en la productividad. Por el lado de la eficiencia,

esta podría mejorar a partir de generar políticas públicas en coordinación con el sector privado, dirigidas a la capacitación y el adiestramiento de los trabajadores, acorde a los requerimientos de las unidades productivas de la industria metalmecánica. Por el lado del cambio técnico, se deberían impulsar programas de incentivos para la innovación *in situ* y articuladas con la que se genera en los centros de investigación y universidades, principalmente politécnicas y tecnológicas de México.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar, G. (2011). Eficiencia Industrial en las Regiones de México. *EconoQuantum*. 7(2)., 93-113.
- Aigner, DJ., & Chu, S.-F. (1968). On Estimating the Industry Production Function. *American Economic Review*, 58(4), 826-839.
- Afriat, S.N. (1972). Efficiency Estimation of Production Functions. *Buematioaal Economic review*, 13(3), 568-598.
- Banker, R., Charnes, A. & Cooper, W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30, 1078-1092.
- Banker, R. D., Charnes, A. & Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30, 1078-1092.
- Benita, F. y Gaytán, E. (2011). Concentración de las industrias manufactureras en México: El caso de Zacatecas. *Frontera Norte*. 23(45), 67-96.
- Buchelli, G. y Marín, J. (2012). Estimación de la eficiencia del sector metalmecánico en Colombia: análisis de la frontera estocástica. *Cuadernos de Economía*, 31(58), 257-286.
- Casanueva, C., y Rodríguez, C. (2009). La productividad en la industria manufacturera mexicana: calidad del trabajo y capital humano. *Comercio Exterior*. 59(1), 16-33.

- CANACINTRA (2017). Estudio para determinar la competitividad de la industria metalmecánica de la CANACINTRA. Entregable final. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/189121/0014-F-11032015_Estudio_de_Competitividad_de_la_Industria_metalmec_nica_Parte_1.pdf. Fecha de consulta: 14 de agosto de 2018.
- Charnes, A., & Cooper, W.W., (1962). Programming with Linear Fractional Functionals: *Research Logistics Quarterly*, Vol. 9, pp. 181-186.
- Charnes, A., Cooper, W. W. & Rhodes, E. (1978). Measuring the Efficiency on Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Charnes, A., & Cooper, W.W. (1991). Data Envelopment Analysis. in *Operational Research '90: Selected Papers from the EveZijh IFWS International Conference on Operational Research*, Hugh E. Bradley (editor), 641-646.
- Chávez, J. y Fonseca, F. (2012). Eficiencia Técnica y Estructural de la Industria Manufacturera en México: Un Enfoque Regional. Banco de México. Working Papers. No. 2012-03, 1-27.
- Debreu, G., (1951). The Coefficient of Resource Utilization. *Econometrica*, 19(3), 273-292.
- Färe, R. (1988). Fundamentals of production theory, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B. & Roos, P. (1989). Productivity Developments in Swedish Hospitals: A Malmquist Output Index Approach. Discussion Paper No. 89-3, Southern Illinois University.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B. & Roos, P. (1992). Productivity Changes in Swedish Pharmacies 1980-1989: A Nonparametric Malmquist Approach. *Journal of Productivity Analysis*, 3(3), 85-101.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M. & Zhang, Z. (1994). Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries. *The American Economic Review*, 84(1), 66-83.

- Farrell, M. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistic Society*, CXX (Parte III).
- Godinez, A. y Alva, G. (2017). El comportamiento de la actividad manufacturera, de comercio y de servicios en la Zona Metropolitana de Guadalajara, 1999-2014. *Reporte de Investigación (191)*, Serie DCsyH, Departamento de Economía, UAM-Azcapotzalco, México. Disponible en <http://digitaldcsh.azc.uam.mx/index.php/investigaciondcsh/reportes-de-investigacion/economia>. Fecha de consulta: 10 de julio de 2018.
- INEGI (2016). Encuesta Anual de la Industria Manufacturera (EAIM). Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/encestablecimientos/anuales/eia/eaim/default.html>. Fecha de consulta: 20 de febrero de 2017.
- INEGI (2017). Encuesta Anual de la Industria Manufacturera (EAIM). Disponible en <http://www3.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/311>. Fecha de consulta: 29 de enero de 2018.
- López D. (2016). Factores de calidad que afectan la productividad y competitividad de las micros, pequeñas y medianas empresas del sector industrial Metalmecánico. *Entre Ciencia e Ingeniería*. Año 10 No. 20, 99-107.
- Lovell, C. A. K., (1994). Linear Programming Approaches to the Measurement and Analysis of Productive Efficiency. *Top*, 2(2), 175-248.
- Meza, F., Pratap, S. y Urrutia, C. (2015). Crédito, eficiencia y productividad en la industria manufacturera en México: 2003-2010. Documentos de trabajo 2015-01. Fundación de Estudios Financieros- FUNDEF A.C., 1-35.
- Robles, V., Hernández A. y Badillo, A. (2015). Análisis de la relación entre educación, capacitación y productividad de las empresas de los sectores: metalmecánico, textil y transporte de la ciudad de Barrancabermeja. *Revista CITECSA*. 5(9).

Rendón, L. y Godínez, A. (2016). Trayectorias de Especialización Productiva en la zona metropolitana del valle de México y la zona metropolitana de Toluca, 1994-2009. *Análisis Económico*, 77(31). 115-146.

Seiford, L. M. (1996). Data Envelopment Analysis: The Evolution of the State of the Art (1978-1995). *The Journal of Productivity Analysis*, 7, 99-137.

Seiford, L. & Thrall, R. (1990). Recent Developments in DEA: The Mathematical Approach to Frontier Analysis. *Journal of Econometrics*, 45, 7-38.

Shephard, R.W. (1970). Theory of cost and production functions. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Tovar, S. (2012). El Impacto de la Apertura Comercial en la Eficiencia Técnica de las Manufacturas en México: Un análisis por Entidad Federativa. *Revista de Economía*. 29(79), 9-31.

Valderrama, A., Neme, O. y Ríos, H. (2015). Eficiencia Técnica en la Industria Manufacturera en México. *Investigación Económica*, 74(294), 73-100.

Anexos

A-1. Producción. Participación relativa sub sectorial en la industria metalmecánica

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016p
331. Ind. Metálicas básicas	56.08	58.76	61.33	58.69	57.14	56.34	53.20	53.48
332. Fabricación de prod. Metálicos	27.69	25.29	23.83	25.02	25.88	27.03	28.79	28.60
333. Fabricación de maq. Y equipo	16.23	15.95	14.84	16.29	16.98	16.63	18.01	17.92
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Elaboración de los autores con base en INEGI (2017)

A-2. Producción. Tasa de variación anual sub sectorial en la industria metalmecánica

Subsector	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016p/
331	25.26	22.71	1.52	-9.25	5.43	-4.86	10.42
332	9.16	10.78	11.41	-3.58	11.66	7.30	9.15
333	17.51	9.35	16.43	-2.82	4.75	9.10	9.29
Media	17.31	14.28	9.79	-5.22	7.28	3.85	9.62

Fuente: Elaboración de los autores con base en INEGI (2017)

A-3. Inversión. Participación relativa sub sectorial en la industria metalmecánica

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016 p/
331. Ind. Metálicas básicas	68.0 4	72.9 2	63.2 9	61.5 3	69.3 4	60.8 1	72.2 6	70.2 5
332. Fabricación de prod. Metálicos	20.0 8	17.0 6	23.4 5	23.7 5	17.4 7	25.4 9	22.9 2	25.7 6
333. Fabricación de maq. Y equipo	11.8 8	10.0 2	13.2 6	14.7 2	13.1 9	13.7 0	4.83	3.99
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Elaboración de los autores con base en INEGI (2017)

A-4. Inversión. Tasa de variación anual sub sectorial en la industria metalmecánica

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016 p/
331. Ind. Metálicas básicas	48.43	- 27.40	- 10.15	55.39	21.73	-1.32	-4.92
332. Fabricación de prod. Metálicos	17.67	14.98	-6.40	1.45	102.4 8	- 25.34	9.95
333. Fabricación de maq. Y equipo	16.88	10.70	2.54	23.54	44.24	- 70.75	- 19.20
Media	27.66	-0.57	-4.67	26.79	56.15	- 32.47	-4.73

Fuente: Elaboración de los autores con base en (2017)

A-5. Empleo. Participación relativa sub sectorial en la industria metalmeccánica

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016 <i>p/</i>
<i>331. Ind. Metálicas básicas</i>	19.3 3	19.3 2	20.3 4	20.7 8	21.2 1	20.6 1	20.3 5	19.7 7
<i>332. Fabricación de prod. Metálicos</i>	60.9 4	59.5 3	56.3 3	55.4 0	53.5 9	54.7 8	54.6 1	54.9 5
<i>333. Fabricación de maq. Y equipo</i>	19.7 4	21.1 5	23.3 3	23.8 1	25.2 0	24.6 0	25.0 4	25.2 9
<i>Total</i>	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Elaboración de los autores con base en INEGI (2017)

A-6. Empleo. Tasa de variación anual sub sectorial en la industria metalmeccánica

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016 <i>p/</i>
<i>331. Ind. Metálicas básicas</i>	5.04	3.83	4.27	2.59	2.84	1.93	-0.08
<i>332. Fabricación de prod. Metálicos</i>	2.68	-6.71	0.38	-2.75	8.16	2.89	3.53
<i>333. Fabricación de maq. Y equipo</i>	12.65	8.78	4.14	6.40	3.28	5.06	3.91
<i>Media</i>	6.79	1.96	2.93	2.08	4.76	3.30	2.45

Fuente: Elaboración de los autores con base en INEGI (2017)

Economía coyuntural, Revista de temas de coyuntura y perspectivas, vol.3, núm. 2., pp. 55-88.