

# Análisis de la productividad total de factores en la industria de alta tecnología en México, 2003-2013

*Primer envío: 9/01/2019; segundo envío: 14/03/2019; aceptado: 03/04/2019*

*Maria del Carmen Mendoza Ramos\**  
*Eliseo Díaz González\*\**

## Resumen

El objetivo de la presente investigación es determinar la contribución de los factores de producción al desarrollo de la industria manufacturera de alta tecnología en México para el periodo 2003-2013. La aproximación metodológica está enfocada en el cálculo de una función de producción Translog, la cual evalúa la productividad de cada factor y la productividad conjunta, además de obtener resultados a nivel de año censal, estatal y por rama económica. Los principales hallazgos de la investigación indican que la productividad por progreso tecnológico muestra un proceso acelerado, debido al crecimiento de la industria y la ampliación de su presencia en el país, siendo el factor trabajo el principal determinante.

**Palabras Clave:** PTF, Función Translog, Industria de alta tecnología

**Clasificación JEL:** O Desarrollo económico, innovación, cambio tecnológico y crecimiento, O4 crecimiento Económico y Productividad Agregada; O47 Estudios Empíricos sobre Crecimiento Económico, Productividad agregada, convergencia de la producción entre países.

\* Maestra en Economía por el Colegio de la Frontera Norte, A.C., México. Correo electrónico: mendozacam3097@gmail.com

\*\* Investigador en el Colegio de la Frontera Norte, A.C. México. Autor para correspondencia. Correo electrónico: ediaz@colef.mx

## Abstract

The aim of the present investigation is determining the productive component that contributes most to the growth and development of the Total Factor Productivity of the High Technology Manufacturing Industry in Mexico during the 2003-2013 period. The methodological approach is focused on the calculation of a Translog production function, which allows to evaluate the productivity of each factor and the joint production productivity, in addition to the results obtained on the Total Factor Productivity for the industry at the census, state and economic branch level. The main findings of the research indicate that the productivity by technological progress in the high-tech manufacturing industries shows an accelerated process due to the growth of the industry and greater presence in the country, with labor being the main determinant.

**Key words:** TFP, Translog function, High Technology Industry

**JEL Classification:** O; O4; O47

## Introducción

La industria manufacturera en México ha representado un papel importante para el desarrollo económico, sin embargo, factores como la apertura económica y la orientación hacia afuera de la actividad manufacturera en las últimas décadas, han cambiado la configuración de su localización y estructura. Muchas de las industrias o subsectores más dinámicos en las décadas pasadas ahora son sectores rezagados, mientras que la entrada de nuevas empresas enfocadas en la producción de bienes de alta tecnología<sup>1</sup> ha ocasionado el desarrollo de nuevos subsectores manufactureros en el país, que actualmente se consideran como los más dinámicos dentro de la industria.

En los últimos años la industria de alta tecnología ha tenido un crecimiento importante. De acuerdo al evento censal más reciente, en el periodo 2003-2013 el número de establecimientos en esta industria creció 21% a nivel nacional (INEGI, 2018), sin embargo, como se expone más adelante, la ubicación y concentración de esta industria en algunas regiones del país, contribuyó a que éstas presentaran altas tasas de crecimiento económico, superiores a las reportadas para la economía nacional.

<sup>1</sup> Clasificación de acuerdo con la intensidad de inversión en investigación y desarrollo. OCDE (2011) [véase sección 1.5-Elementos conceptuales empleados.]

Tradicionalmente la industria manufacturera se ha localizado en los estados de la frontera norte pero después de la crisis económica mundial de 2008, se favoreció la relocalización de la industria en el país hacia estados del Bajío y la región Occidente.

El estudio está centrado en determinar las funciones de producción de las ramas y actividades económicas que integran la industria de alta tecnología en el país, con el fin de valorar cuáles han sido los factores de producción que más han contribuido al crecimiento y desarrollo de esta industria en el país, para determinar si el desempeño del sector se explica por el capital, el trabajo o innovación medida por el progreso técnico.

La estructura del documento está conformada por cuatro secciones, además de la introducción. La primera describe aspectos teórico-conceptuales de la investigación compuestos por la teoría del crecimiento y el enfoque técnico desarrollado en el estudio de la función de producción, así como la literatura empírica. La segunda incluye el análisis exploratorio contextual de la situación de la industria manufacturera en el país y en particular el estado de la industria de alta tecnología, haciendo énfasis en cada uno de los subsectores que la componen y su comportamiento tanto a nivel nacional como regional. En el tercer apartado se incluye el modelo empírico que incluye la descripción de la metodología utilizada, la descripción de variables y datos y por último la especificación del modelo econométrico. Dicho modelo propone una aproximación basada en la teoría del crecimiento económico que utiliza una función de producción de tres factores y el componente residual de la función que representa la Productividad Total de los Factores medida como el progreso técnico de la función. La forma funcional adecuada para la estimación es una función de producción Translog (Trascendental Logarítmica), en la que se evalúan las contribuciones de cada factor a la producción total. En el apartado cuatro se incluyen los resultados de la estimación del modelo. Se estima que, en general, la productividad del periodo para el conjunto de la industria de alta tecnología fue de 0.36, mientras que, por año censal, 2008 fue el de mayor productividad en el periodo de análisis 2003-2013.

Por último, las conclusiones principales de la investigación arrojan que el factor trabajo es un elemento determinante de la productividad de la industria manufacturera de alta tecnología en México. Este hallazgo tiene implicaciones importantes. Por un lado, que la inversión de capital aun cuando ha sido cuantiosa en el periodo de estudio, está todavía por debajo del nivel observado en el crecimiento del valor agregado. En segundo lugar, si bien el desarrollo de las destrezas laborales puede sostener los niveles de productividad en el corto plazo, en el largo plazo las

inversiones en activos fijos y tecnologías de producción son las que pueden asegurar un crecimiento económico sostenido de la industria.

## **1. Enfoque - teórico conceptual**

El estudio del crecimiento surgió desde los inicios de la ciencia económica con los economistas clásicos como Adam Smith, David Ricardo y Thomas Malthus. Pero la teoría del crecimiento económico más utilizada ha sido la desarrollada a partir del trabajo de Robert Solow (1956) y Trevor Swan (1956), construyendo nuevas bases metodológicas basadas en un enfoque matemático fundamental para el desarrollo de la teoría del crecimiento. Siguiendo con las teorías neoclásicas del crecimiento, los trabajos de Ramsey (1928), Romer (1986) y Lucas (1988) crearon las teorías del crecimiento endógeno. La principal característica de los modelos construidos en este enfoque es que la tasa de crecimiento es positiva y, contrario al modelo original, está determinada por alguna variable endógena al modelo.

Por su parte, los estudios de la contabilidad del crecimiento fueron desarrollados por Solow (1957), Kendrick (1961), Deninson (1962) y Jorgenson y Griliches (1967). Uno de los principales aportes a la medición del crecimiento fue desagregar la función de producción para estudiar el crecimiento de los factores por separado, del trabajo de Jorgenson & Griliches (1967) surge un nuevo enfoque de la teoría del crecimiento, el “enfoque dual” que sostiene que es posible realizar estimaciones por medio de funciones de precios y funciones de cantidad que ofrecen resultados idénticos.

Dos revisiones importantes en la concepción neoclásica del crecimiento económico se refieren, por un lado, la crítica a la visión exógena del progreso técnico, pues éste determina en gran medida el nivel de crecimiento de la economía (Sala-i-Martin, 2000). Por otro lado, la crítica a la contabilidad del crecimiento que destaca las desventajas de este enfoque (Barro, 1999), que enfatiza que los insumos ( $K$ ,  $L$ ) usualmente están correlacionados con los valores de  $Y$ , por lo tanto, no pueden ser estimados por mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Por lo tanto, se han desarrollado diversas técnicas y enfoques que permiten reducir y ajustar los errores de manera que los resultados sean más confiables.

### **1.1 Función de producción Translog**

Una función de producción representa la relación técnica entre los insumos y el producto resultante. El principal objetivo de una función de producción es conocer la cantidad máxima de producción que se obtiene de la aplicación de combinaciones

de recursos (Pindyck & Rubinfeld, 1989). La Función de Elasticidad de Sustitución Constante (CES-Constant Elasticity Substitution) fue desarrollada por Arrow, et.al. (1961), para modelar una función que permitiera que la elasticidad tome valores diferentes de los establecidos en las funciones Cobb-Douglas, que implica elasticidad de sustitución unitaria, y la función de Walras-Leontief-Harrod-Domar, que implica una elasticidad igual a cero.

La Función de Producción Trascendental Logarítmica (Translog) fue propuesta en 1971 por Christensen, Jorgenson y Lawrence. Se caracteriza por tener una estructura más flexible que funciones como la Cobb-Douglas o la función CES, ya que se ha demostrado que el supuesto de elasticidad de sustitución constante propuesto por Arrow et al., es aplicable a funciones con dos factores de producción y un producto; sin embargo, para funciones con más de un producto y más de dos factores de producción las estimaciones por medio de funciones CES son menos consistentes.

La estructura de la función contiene términos lineales y cuadráticos, y no contiene restricciones sobre el número de factores que pueden integrarse (Berndt & Christensen, 1973). Se representa como:

$$\ln Y = \ln \alpha_0 + \alpha_A \ln A + \sum_{i=1}^n \alpha_i \ln X_i + \frac{1}{2} \gamma_{AA} (\ln A)^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln X_i \ln X_j + \sum_{i=1}^n \gamma_{iA} \ln X_i \ln A \quad (1)$$

“ $\alpha$ ” y “ $\gamma$ ” y son parámetros, donde  $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$

Simplificando la función de producción:

$$\ln Y = \ln A + \ln \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln X_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln X_i \ln X_j \quad (2)$$

Por último, se demuestra que, dada la flexibilidad de la función, no se cumplen en su totalidad los incrementos monótonos de la producción e insumos. Cuando al menos uno de los parámetros es distinto de cero ( $\gamma_{ij} \neq 0$ ) no se satisface la condición de convexidad de las isocuantas. Sin embargo, se pueden imponer restricciones necesarias para que la función se ajuste a estas condiciones. Las productividades marginales de los insumos se pueden calcular a partir de la función  $F$ , que resulta de un arreglo desagregado de la función de producción:

$$\ln F = \ln Y - \ln A = \ln \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln X_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln X_i \ln X_j \quad (3)$$

$$\frac{\partial \ln Y}{\partial \ln X_i} = \frac{\partial \ln F}{\partial \ln X_i} = \alpha_i + \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln X_j \quad (4)$$

El parámetro  $\gamma$  es de gran importancia para este tipo de función ya que indica “el porcentaje de participación conjunta de los factores, la forma de las isocuantas depende del tamaño de  $\gamma$ , si  $\gamma = 0$  las isocuantas son similares a una función Cobb-Douglas, si el parámetro se incrementa, estas forman un ángulo recto similar a las isocuantas en la función de coeficientes fijos” (Azofeifa & Villanueva, 1996).

## **1.2 Literatura empírica sobre la PTF**

Dentro de los trabajos realizados sobre el estudio de la PTF existen dos vertientes, por un lado los que se basan en el enfoque de los números índice, y por el otro, los que se basan en la teoría neoclásica del crecimiento. Dentro de la primera vertiente Díaz-Bautista (2017) utiliza el índice Tornqvist-Theil para calcular la productividad de la industria manufacturera a nivel estatal y regional. Encuentra que la región del norte y los estados fronterizos aportaron más al crecimiento de la productividad durante el periodo 1985-1998, mientras que el factor trabajo fue el insumo con mayor contribución.

En el caso de la industria eléctrica y electrónica en México, bajo los dos enfoques, la PTF tuvo diferente comportamiento, ya que se mantuvo estancada de 1994 hasta principios del 2000, mientras que en el año 2000 y 2002 repuntó, así también se concluye que los cambios en la PTF fueron ocasionados principalmente por inversiones en capital (Díaz, 2006).

En relación con la medición de la productividad para la industria en México, se encuentra entre otros, la investigación de Brown & Domínguez (2013) en la que se analiza la evolución de la productividad para la industria para dos periodos comprendidos entre 1994-2009. Los principales resultados sugieren que las industrias con mayor participación, es decir las de mayor tamaño, son las que tienen mayor crecimiento.

Además, concluyen que, para todo el periodo analizado, el cambio técnico tiene mayor influencia en la PTF que la eficiencia, debido principalmente a que “si bien las empresas invirtieron en la compra de los diferentes acervos de capital, lo que ocasionó cambios en las fronteras de producción, ello resultó inaccesible para la mayor parte de las empresas” Brown & Domínguez (2013).

En el enfoque de la contabilidad del crecimiento se realiza la estimación de una función de producción neoclásica, donde la PTF es calculada como el residuo

del crecimiento no explicado por los insumos (capital y trabajo). (Fernández et. al., 2013) y (De Souza Rangel & García de Freitas (2015)).

La metodología KLEMS (Kapital, Labor, Energy, Materials, Services), fue desarrollada por la Comisión Europea en primer lugar, después se lanzó el proyecto World-KLEMS así como una extensión para América Latina (LA-KLEMS) (The Conference Board, 2018) adoptada por varios países y coordinada por instituciones como la Comisión Económica para América Latina (CEPAL-ONU) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). En México, el cálculo de la PTF mediante esta metodología fue realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), para el periodo 1991-2016, INEGI estima una PTF para la economía en general de -0.34%, mientras que la productividad por sectores es de 0.68% para el sector primario, -0.63% para el sector secundario y -0.27% para el sector terciario (INEGI, 2018d).

El cálculo de la PTF mediante una función de producción agregada es uno de los métodos más utilizados (Hernández Laos, 2007) y que de acuerdo con Nataf (1948), esta metodología sería idónea sólo si las funciones de producción son aditivas-separables, de forma que el valor de la constante puede diferir entre industrias dentro de una economía, como es el caso de las funciones Translog utilizadas en esta investigación. Otros trabajos que destacan las ventajas y desventajas de esta metodología, además de Hernández Laos (2007), son los trabajos de Harberger (1998), Prescott (1998) y Helpman (2004), así como también el estudio de Hulten, et.al. (2001) que señala que los sesgos que se pueden presentar en la medición pueden eliminarse si se considera a los movimientos en la PTF como cambios en la eficiencia de uso de los factores productivos.

Otro antecedente es el trabajo de Ibarra & García (2016), quienes estiman las demandas de factores productivos para la industria maquiladora con funciones translog. De acuerdo a lo expuesto por estos autores, el uso de funciones de producción convencionales (Cobb-Douglas, CES) presenta dos problemas; los supuestos de separabilidad funcional y los determinantes de la demanda de mano de obra.

En el análisis del estado de la innovación en México, el estudio sobre la dinámica entre el número de patentes registradas y el PIB, realizado por Guzmán, López & Venegas (2012), muestra varios aspectos relevantes. En primer lugar, el gasto en investigación y desarrollo en el país es muy bajo, pues a lo largo del periodo analizado (1980-2008) es menor al 1% del PIB. La segunda variable de relevancia es el número de patentes registradas, en este caso durante 1980 a 1991 el número promedio de patentes registradas por año fue de 14.7, mientras que de 1992 a 2008 fue de 28.8, aunque la cifra se duplicó, continúa siendo un valor muy por debajo de las cifras reportadas en los países emergentes.

Un análisis más específico para la industria manufacturera es el realizado por Brown & Guzmán (2014), donde demuestran que solo el 17% de las empresas incurren en gastos de I+D, dentro de estas cerca del 47% tienen participación extranjera. Las principales industrias que implementan innovaciones son; Química, Productos metálicos, y Maquinaria y equipo, las cuales son principalmente, industrias orientadas a la exportación.

## **2. La distribución regional del sector industrial en México**

Al realizar un análisis sobre la economía mexicana se encuentran ciertos patrones de comportamiento a nivel regional. La industria manufacturera en México ha tenido varias etapas de desarrollo que van desde la adopción del modelo de industrialización por sustitución de importaciones, la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), y la descentralización de la producción a nivel mundial que se ha producido en la última década.

La producción manufacturera tuvo un crecimiento acelerado hasta la década de los setenta, cuando empezó a disminuir presentando tasas menores al crecimiento nacional. Sin embargo, la firma del TLCAN favoreció el comercio exterior y la entrada de empresas extranjeras que reactivaron el crecimiento de la industria manufacturera.

En el periodo 1980-2001 debido a las constantes crisis económicas, la producción manufacturera creció de manera moderada, las actividades más dinámicas fueron; productos metálicos, maquinaria y equipo y alimentos bebidas y tabaco, con tasas de crecimiento de 6.3% para las primeras dos y 3.7% para la industria de alimentos (Centro de Estudios de las Finanzas Públicas, 2005).

Las industrias manufactureras aportaron en 2015 el 17.3% del PIB a nivel nacional, por lo tanto, se consideran como una de las actividades de mayor importancia en la economía del país, siendo las principales la industria alimentaria, (aportó 3.6% del PIB) y las industrias de fabricación de maquinaria y equipo, fabricación de equipo de cómputo, fabricación de componentes electrónicos, fabricación de aparatos eléctricos, fabricación de equipo de transporte, que aportaron 5.34% del PIB nacional en conjunto.

Las industrias de alta tecnología se concentran en las regiones norte y centro del país, siendo los estados con mayor presencia Nuevo León, Chihuahua, Coahuila, Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Estado de México y Baja California. Ejemplo de ello es la industria aeroespacial o de fabricación de equipo aeroespacial que incluye las empresas cuya producción es principalmente aviones,

avionetas, planeadores y helicópteros; partes, componentes y accesorios para ensamble de aeronaves, discos de freno, estabilizadores, fuselajes, hélices, rotores, trenes de aterrizaje, motores y turbinas entre otros (INEGI, 2018c). De acuerdo con datos del informe sobre la industria aeroespacial publicado por INEGI, esta industria se compone generalmente de empresas de gran tamaño, que representan el 80.7% de la producción bruta, además entre 2009 y 2017 el PIB de la industria creció 152%, consolidándose como una de las industrias más dinámicas en el país. Además, esta industria genera encadenamientos hacia atrás y hacia adelante en diversas actividades económicas, ya que demanda insumos como accesorios eléctricos, motores de combustión, etc. mientras que ofrece partes para vehículos automotores, instrumentos y equipo electrónico, etc.

### **3. Modelo Econométrico**

El aporte empírico de la investigación consiste en realizar una estimación de la productividad total de los factores para las industrias que integran el sector de Alta Tecnología en México, considerando las altas tasas de crecimiento superiores, al promedio nacional, que actualmente presentan estas industrias es conveniente analizar la eficiencia y productividad con la que operan.

Para realizar el cálculo de la PTF es necesario estimar una función de producción en la que se integren los factores de producción y la información sobre las industrias a analizar. En primer lugar, se realizará la estimación de una función de producción Cobb-Douglas ya que la construcción de esta forma funcional se adapta a los requerimientos de los factores productivos.

La función Cobb-Douglas propuesta, está integrada por los factores productivos expresados en logaritmos (log valor agregado, log capital, log salarios, log bienes intermedios) con datos por año censal, actividad económica y entidad federativa de tal forma que se expresa como:

$$\log VA_{ijt} = A_{ij} + \beta_1 \log Sal_{ijt} + \beta_2 \log Cap_{ijt} + \beta_3 \log BsIn_{ijt} + \varepsilon_{ijt} \quad (5)$$

Una vez evaluados los resultados de la función Cobb-Douglas, se propone utilizar una función Translog, basada en la construcción de Christensen, Jorgenson y Lawrence, la cual, además de integrar los factores productivos, incluye términos cuadráticos de cada factor y las interacciones entre ellos. La función translog para el modelo se expresa como:

$$\begin{aligned}
 logVA_{ijt} = & A_{ij} + \beta_1 logSal_{ijt} + \beta_2 logCap_{ijt} + \beta_3 logBsIn_{ijt} + \beta_4 logSal_{ijt}^2 \\
 & + \beta_5 logCap_{ijt}^2 + \beta_6 logBsIn_{ijt}^2 + \beta_7 logSal_{ijt} logCap_{ijt} \\
 & + \beta_8 logSal_{ijt} logBsIn_{ijt} + \beta_9 logCap_{ijt} logBsIn_{ijt}
 \end{aligned} \quad (6)$$

Además, se agregarán tres grupos de control para captar la información sobre la productividad individual a nivel estatal (32 variables), por actividad económica (37 variables) y por año censal (2 variables).

Para esta investigación se utiliza la información de los Censos Económicos 2004, 2009 y 2014 que presentan información que corresponde al año previo del periodo censal, es decir, 2003, 2008 y 2013. Para eliminar sesgos inflacionarios se deflactan los datos con el Índice Nacional de Precios al Productor (INPP), de los respectivos años en los que se captaron los datos. Para la muestra de estudio se integra un panel de datos conformado por tres diferentes encuadres; año censal, geográfico y actividad económica. Los datos a nivel de año censal corresponden a 2003, 2008 y 2013, los datos a nivel geográfico corresponden a las 32 entidades federativas del país y a nivel de actividad económica se utilizan 37 variables.

**Tabla 1**  
**Clasificación de Industrias Manufactureras**  
**en base a su intensidad tecnológica**

<u>Alta Tecnología:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aviones y naves espaciales</li> <li>Productos farmacéuticos</li> <li>Maquinaria de oficina, contabilidad e informática</li> <li>Equipo de radio, televisión y comunicaciones</li> <li>Instrumentos médicos, de precisión y ópticos</li> </ul>	<u>Media-Alta Tecnología:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Maquinaria y aparatos eléctricos.</li> <li>Vehículos automotores, remolques y semirremolques</li> <li>Sustancias químicas, excepto productos farmacéuticos</li> <li>Equipo ferroviario y equipo de transporte.</li> <li>Maquinaria y equipo.</li> </ul>
<u>Media-Baja Tecnología:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Construcción y reparación de barcos</li> <li>Productos de caucho y plásticos</li> <li>Productos refinados de petróleo y combustible nuclear</li> <li>Otros productos minerales no metálicos</li> <li>Metales básicos y productos metálicos</li> </ul>	<u>Baja Tecnología:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Manufactura; Reciclaje</li> <li>Madera, pulpa, papel, productos de papel, impresión y publicación</li> <li>Productos alimenticios, bebidas y tabaco</li> <li>Textiles, productos textiles, cuero y calzado</li> </ul>

Fuente: OCDE, 2011

Para la delimitación de los datos a nivel de actividad económica, se utiliza en primer lugar la Clasificación de Industrias Manufactureras en base a su Intensidad Tecnológica, formulada por la OCDE en 2011. En la que se evalúa la intensidad tecnológica tomando como base el gasto en Investigación y Desarrollo con relación al producto.

Los datos por actividad económica que se obtienen de los Censos Económicos están clasificados con base al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) 2013, para los datos de la industria de alta tecnología (clasificación alta y media-alta tecnología) se utilizan 5 subsectores de la industria manufacturera, los cuales son: industria química, fabricación de maquinaria y equipo, fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos, fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica, fabricación de equipo de transporte y otras industrias manufactureras (donde se incluye la fabricación de equipo no electrónico y material desechable de uso médico, dental y para laboratorio y artículos oftálmicos).

Para tener mayor precisión en las observaciones de los cinco subsectores, se utilizaron datos a un nivel más desagregado, es decir, a nivel de ramas de actividad económica, por lo tanto, dentro de los subsectores antes mencionados se integran 37 ramas de actividad económica. Las variables relevantes para la investigación están seleccionadas de acuerdo con la disponibilidad de datos y las que nos proporcionan mayor acercamiento para integrar la función de producción y obtener la estimación de la PTF.

### **3.1 Especificación del Modelo**

Para la estimación de la función de producción se utilizan dos aproximaciones, la función Cobb-Douglas y la función Translog.

En las estimaciones mediante la función Cobb-Douglas, los modelos seleccionados son:

$$\log VA_{ijt} = A_{ij} + \beta_1 \log Sal_{ijt} + \beta_2 \log Cap_{ijt} + \beta_3 \log BsIn_{ijt} + \varepsilon_{ijt} \quad (7)$$

En la que el Valor Agregado ( $\log VA_{ijt}$ ) está determinado por los Salarios ( $\log Sal_{ijt}$ ), el componente de Capital ( $\log Cap_{ijt}$ ), los Bienes Intermedios que se utilizan en la producción ( $\log BsIn_{ijt}$ ) y los cambios no explicados por los factores se engloban en el término ( $A_{ij}$ ), es decir, el progreso técnico que explica la productividad total de los factores. Además, también se realiza una estimación con los factores de bienes intermedios separados, es decir, el consumo de Energía ( $\log Ener_{ijt}$ ), y las Materias Primas y materiales ( $\log MatPrim_{ijt}$ ).

$$\begin{aligned} \log VA_{ijt} = & A_{ij} + \beta_1 \log Sal_{ijt} + \beta_2 \log Cap_{ijt} + \beta_3 \log Ener_{ijt} \\ & + \beta_4 \log MatPrim_{ijt} + \varepsilon_{ijt} \end{aligned} \quad (8)$$

La variable más consistente para representar el factor trabajo fue Salarios, ya que la variable Personal Ocupado tuvo un comportamiento atípico que sesgaba la estimación conjunta del modelo. Se utilizó el método Levinson-Petrin para corregir la endogeneidad de las variables, por lo tanto, se eliminan los errores de estimación por sesgos entre la variable de Salarios y el Valor Agregado.

En relación a la función Translog se realiza en primer lugar la función que contiene los bienes intermedios agrupados, por lo que el Valor Agregado ( $\log VA_{ijt}$ ), está explicado por las variables: Salarios ( $\log Sal_{ijt}$ ), Capital ( $\log Cap_{ijt}$ ) y Bienes Intermedios ( $\log BsIn_{ijt}$ ), además de los términos cuadráticos de cada factor ( $\log Sal_{ijt}^2$ ,  $\log Cap_{ijt}^2$ ,  $\log BsIn_{ijt}^2$ ) y las interacciones entre factores; Salarios-Capital ( $\log Sal_{ijt}, \log Cap_{ijt}$ ) Salarios-Bienes Intermedios ( $\log Sal_{ijt}, \log BsIn_{ijt}$ ) y Capital-Bienes Intermedios ( $\log Cap_{ijt}, \log BsIn_{ijt}$ ), además del término de cambio tecnológico o productividad ( $A_{ij}$ ).

$$\begin{aligned} \log VA_{ijt} = & A_{ij} + \beta_1 \log Sal_{ijt} + \beta_2 \log Cap_{ijt} + \beta_3 \log BsIn_{ijt} + \beta_4 \log Sal_{ijt}^2 \\ & + \beta_5 \log Cap_{ijt}^2 + \beta_6 \log BsIn_{ijt}^2 + \beta_7 \log Sal_{ijt} \log Cap_{ijt} \\ & + \beta_8 \log Sal_{ijt} \log BsIn_{ijt} + \beta_9 \log Cap_{ijt} \log BsIn_{ijt} \end{aligned} \quad (9)$$

La función Translog que integra las variables de Energía y Materias Primas, agrega nuevos términos, los cuales son: las variables en término lineal ( $\log Ener_{ijt}$ ,  $\log MatPrim_{ijt}$ ) las variables en término cuadrático ( $\log Ener_{ijt}^2$ ,  $\log MatPrim_{ijt}^2$ ), y las interacciones entre factores: Salarios-Energía ( $\log Sal_{ijt}, \log Ener_{ijt}$ ), Salarios-Materias Primas ( $\log Sal_{ijt}, \log MatPrim_{ijt}$ ) Capital-Energía ( $\log Cap_{ijt}, \log Ener_{ijt}$ ) Capital-Materias Primas ( $\log Cap_{ijt}, \log MatPrim_{ijt}$ ) Energía-Materias Primas ( $\log Ener_{ijt}, \log MatPrim_{ijt}$ )

$$\begin{aligned} \log VA_{ijt} = & \beta_1 \log Sal_{ijt} + \beta_2 \log Cap_{ijt} + \beta_3 \log Ener_{ijt} + \beta_4 \log MatPrim_{ijt} \\ & + \beta_5 \log Sal_{ijt}^2 + \beta_6 \log Cap_{ijt}^2 + \beta_7 \log Ener_{ijt}^2 + \beta_8 \log MatPrim_{ijt}^2 \\ & + \beta_9 \log Sal_{ijt} \log Cap_{ijt} + \beta_{10} \log Sal_{ijt} \log Ener_{ijt} \\ & + \beta_{11} \log Sal_{ijt} \log MatPrim_{ijt} + \beta_{12} \log Cap_{ijt} \log Ener_{ijt} \\ & + \beta_{13} \log Cap_{ijt} \log MatPrim_{ijt} + \beta_{14} \log Ener_{ijt} \log MatPrim_{ijt} \end{aligned} \quad (10)$$

Así como también se realizan las pruebas de especificación del modelo, en particular los test para conocer la forma funcional adecuada y el test de rendimien-

tos constantes a escala son importantes, ya que el test de rendimientos constantes a escala también ayuda a comprender la dinámica productiva de la industria de alta tecnología.

#### 4. Análisis de Resultados

Se realizó un análisis de estadística descriptiva para las variables a utilizar, con el fin de conocer el comportamiento e identificar el manejo adecuado para cada una de ellas. De acuerdo con los datos de la tabla 2, se observa la heterogeneidad en los valores de las variables, ya que el valor máximo de las materias primas es muy elevado comparado con el valor máximo de las demás variables. Es importante resaltar los datos estadísticos de la variable Valor Agregado, ya que esta será la variable dependiente del modelo, el valor máximo es de 72,217.7 millones de pesos y el valor mínimo -9,680.43 es decir, debido a la metodología de cálculo del valor agregado<sup>2</sup> se observan algunos valores negativos, lo que podría denotar ineficiencia o baja productividad, que es uno de los objetivos de este estudio.

**Tabla 2**  
**Estadística descriptiva de las variables (Millones de pesos constantes)**

Variable	Obs	Mean	Std. Dev	Min	Max
VA	1,676	1,367.7	4,693.1	-9,680.4	75,217.7
Sal	1,676	184.1	590.1	0.000	11,261.3
PerOcu	1,676	2,714.8	8,413.0	3.000	159,151
Cap	1,676	1,132.8	4,157.3	0.009	84,651.3
Ener	1,676	49.3	145.1	0.000	2,146.0
MatPrim	1,676	2,330.7	9,200.2	0.000	100,848.4
BsIn	1,676	2,380.0	9,277.1	0.017	100,946.4
LogVA	1,676	4.6	2.7	0	11.2
LogSal	1,676	3.0	2.3	0	9.3
LogPO	1,676	6.1	2.0	1.1	12.0
LogCap	1,676	4.4	2.6	0	11.3
LogEner	1,676	1.3	2.7	0	7.7
LogMatPrim	1,676	4.4	3.0	0	11.5
LogBsIn	1,676	4.6	2.8	0	11.5

Fuente: Elaboración propia con base en cifras de los censos económicos, INEGI.

<sup>2</sup> Valor Agregado=Valor de la Producción-Costo de insumos totales

Observando las medias de cada variable, se identifica que estas se encuentran más cercanas a los valores mínimos de cada una de ellas, por lo que se podría suponer que gran parte de los datos reportan valores bajos, con algunas excepciones que podrían ser industrias de gran tamaño localizadas en distintos puntos del país. Debido a esas diferencias es necesario normalizar los datos para eliminar sesgos en la estimación de las diferentes funciones de producción. Para normalizar los datos de las variables se aplican logaritmos naturales, de forma que los valores se encuentran en un rango menor y no existen puntos extremos en la muestra. Las variables “Materias Primas” y “Energía” fueron agrupadas en la variable Bienes Intermedios con el fin de evitar perder significancia, por lo tanto, las pruebas de ajuste del modelo se realizarán en dos etapas, con las variables “Materias Primas” y “Energía” por separado y agrupadas en la variable Bienes Intermedios.

Al realizar la estimación de la función de producción para la industria de alta tecnología a nivel nacional se hizo mediante dos tipos de funciones, la función Cobb Douglas y la función Translog, con el propósito de evaluar el ajuste para cada tipo de función, la primera es la función base dentro de la teoría de la producción, que tiene la restricción de suponer una elasticidad constante y la función Translog, que se retoma como un desarrollo más avanzado dentro de las estimaciones de funciones de producción para verificar el comportamiento entre las variables. Al evaluar la función Cobb-Douglas con los dos conjuntos de variables propuestos (tablas 3-4), se observa inicialmente el ajuste del modelo mediante el valor de  $R^2$ , en el modelo completo (integra variables: materias primas y energía) el estadístico es menor que en el modelo simplificado (integra la variable bienes intermedios). En ambos conjuntos, los resultados se presentan en dos modelos, en el primero se utiliza la variable salarios y en el segundo personal ocupado, como descriptores del factor trabajo.

**Tabla 3**  
**Estimación de la función de Producción Cobb-Douglas**  
**Variable dependiente: LogVA. Modelo 1 con Salarios,**  
**Modelo 2 con personal ocupado**

Variable	Coeficiente	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]
<b>Modelo 1</b>					
LogSal	0.469	0.038	12.37	0	0.395 0.543
LogCap	0.177	0.042	4.19	0	0.094 0.260
LogEner	0.247	0.045	5.48	0	0.159 0.335
LogMatPrim	0.168	0.018	9.62	0	0.134 0.203
Constante	1.330	0.142	9.36	0	1.051 1.609
<b>Modelo 2</b>					
LogPerOcu	0.633	0.031	20.36	0	0.572 0.694
LogCap	0.132	0.026	5.13	0	0.082 0.183
LogEner	0.228	0.024	9.5	0	0.181 0.275
LogMatPrim	0.161	0.013	12.17	0	0.135 0.187
Constante	-0.886	0.156	-5.69	0	-1.192 -0.581
		Mod 1			Mod 2
Observaciones =		1,676			1,676
F(4, 1671) =		3,387			2,959
Prob > F =		0			0
R-Cuadrado =		0.877			0.876
Root MSE =		0.951			0.954

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar el valor de la constante en los modelos 1 de cada arreglo, que incluyen la variable salarios (tablas 3 y 4), dado que ésta representa el valor del progreso técnico y la PTF, se observa que el coeficiente es alto en ambos modelos, sobre todo cuando se incluyen en el modelo las variables de capital y energía (1.33), aunque al agregar la variable de bienes intermedios el valor de la constante disminuye a 0.56, este valor representa un dato más creíble sobre el comportamiento de la PTF de la industria. Debido a los resultados obtenidos en estas primeras aproximaciones, se consideró más conveniente utilizar la variable Salarios como representativa del factor trabajo, debido a que al utilizar Personal Ocupado se presenta mayor inconsistencia en los parámetros, en especial el valor de la constante.

**Tabla 4**  
**Estimación de la función de Producción Cobb-Douglas**  
**Variable dependiente: LogVA. Modelo 1 con Salarios,**  
**Modelo 2 con personal ocupado**

Variable	Coeficiente	Std. Err.	t	P > t	[95% Conf. Interval]
<b>Modelo 1</b>					
LogSal	0.547	0.027	20.35	0	0.494 0.599
LogCap	0.151	0.034	4.44	0	0.084 0.218
LogBsIn	0.369	0.024	15.08	0	0.321 0.416
Constante	0.564	0.048	11.71	0	0.469 0.658
<b>Modelo 2</b>					
LogPerOcu	0.722	0.028	25.52	0	0.666 0.777
LogCap	0.106	0.034	3.15	0	0.040 0.172
LogBsIn	0.342	0.024	14.2	0	0.295 0.389
Constante	-1.898	0.092	-20.56	0	-2.079 -1.717
Mod 1				Mod 2	
Observaciones =	1,676			1,676	
F(3, 1,672) =	4,280			4,697	
Prob > F =	0			0	
R-Cuadrado =	0.8834			0.876	
Root MSE =	0.9264			0.954	

Fuente: Elaboración propia

Al estimar las funciones Translog (tabla 5), se observa que el ajuste del modelo es de 0.899 y 0.898, es decir no existe una gran diferencia con los modelos anteriores. Sin embargo, también se debe analizar el valor de cada uno de los coeficientes y si estos presentan la dirección correcta hacia la función de producción, pues en este caso las variables energía y materias primas no son significativas. Al igual que dentro de la regresión por la forma Cobb-Douglas el factor que contribuye principalmente es el trabajo, aunque en este modelo la participación del capital aumentó, mientras que la constante, es decir, el cambio en la producción que no está explicado por los factores o progreso técnico, disminuyó en relación a los valores de la función Cobb-Douglas, sobre todo en el caso de la función translog que integra los bienes intermedios, donde el valor de A es 0.36.

En la estimación de la función Translog incluyendo la variable bienes intermedios (modelo 2), los coeficientes de los factores son significativos, mientras

que los coeficientes de los factores al cuadrado (que indican rendimientos decrecientes), también son significativos excepto para el capital, es decir, dentro de la industria de alta tecnología este factor no representa rendimientos decrecientes, sin embargo, su contribución es baja. De los modelos presentados, se concluye que los modelos en los que se incluye la variable agrupada Bienes Intermedios presentan mayor consistencia en la significatividad, el valor de los coeficientes y la magnitud de los errores.

**Tabla 5**  
**Estimación de la función de Producción Translog**  
**Variable dependiente: LogVA. Modelo 1 ampliado,**  
**Modelo 2 con bienes intermedios**

Variable	Coeficiente	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]
<b>Modelo 1</b>					
LogSal	0.497***	0.097	5.11	0.00	0.306 0.688
LogCap	0.341***	0.107	3.18	0.00	0.131 0.551
LogEner	0.055	0.128	0.43	0.66	-0.195 0.305
LogMatPrim	0.131**	0.068	1.93	0.05	-0.002 0.264
Cap <sup>2</sup>	-0.032	0.020	-1.62	0.11	-0.072 0.007
Sal <sup>2</sup>	0.072***	0.018	3.96	0.00	0.036 0.108
MatPrim <sup>2</sup>	0.037***	0.005	7.47	0.00	0.027 0.046
BsIn2	-0.029	0.023	-1.25	0.21	-0.073 0.016
SalCap	-0.076***	0.030	-2.5	0.01	-0.135 -0.016
CapMatPrim	0.025	0.018	1.35	0.18	-0.011 0.060
CapEner	0.089***	0.038	2.33	0.02	0.014 0.165
SalMatPrim	-0.032	0.022	-1.46	0.14	-0.075 0.011
SalEner	0.019	0.033	0.59	0.56	-0.045 0.084
MatPrimEner	-0.069***	0.022	-3.2	0.00	-0.111 -0.027
Constante	0.830***	0.229	3.62	0.00	0.381 1.279
<b>Modelo 2</b>					
LogSal	0.581***	0.052	11.2	0.000	0.479 0.683
LogCap	0.171***	0.059	2.88	0.004	0.054 0.287
LogBsIn	0.349***	0.056	6.22	0.000	0.239 0.458
Cap <sup>2</sup>	0.003	0.016	0.17	0.868	-0.028 0.034
Sal <sup>2</sup>	0.085***	0.011	7.87	0.000	0.064 0.106
BsIn <sup>2</sup>	0.055***	0.010	5.44	0.000	0.035 0.075
CapSal	-0.006	0.021	-0.26	0.792	-0.048 0.036
CapBsIn	-0.021	0.020	-1.06	0.291	-0.060 0.018
SalBsIn	-0.112***	0.017	-6.52	0.000	-0.146 -0.079
Constante	0.365***	0.081	4.52	0.000	0.206 0.523

Continúa...

Variable	Coeficiente	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]
	Mod 1				
Observaciones =		1,676			1,676
F(14, 1,661) =		1,554			2,369
Prob > F =		0			0
R-Cuadrado =		0.899			0.898
Root MSE =		0.864			0.868

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, para determinar la especificación de estos modelos se realizaron tres pruebas econométricas, primero la prueba de separabilidad de factores (tabla 6), el método de corrección de endogeneidad de Levinson-Petrin (tabla 7) y una prueba de rendimientos constantes a escala para la función de producción (Tabla 8). Con esta última prueba se busca contrastar si la suma de la dotación de factores es igual al valor de la producción, si el valor de la producción es mayor indicaría un excedente y podría tratarse de productividad de los factores. Como se aprecia en los siguientes resultados, todas las pruebas fueron concluyentes acerca de la validez del método de la función translog, la validez de los resultados económéticos, y la inexistencia de rendimientos constantes a escala.

**Tabla 6**  
**La prueba de separabilidad**

Separabilidad Global $H_0: \beta_{capSal} = \beta_{capBsin} = \beta_{salBsin} = 0$ $H_0: \beta_{capSal} = \beta_{capBsin} = \beta_{salBsin} = 0$	$F_c(3,1666) = 3.79$ $F(3, 1666) = 62.29$
Separabilidad Lineal CapSal-Bsin $H_0: \beta_{capBsin} = \beta_{salBsin} = 0$ $H_1: \beta_{capBsin} \neq \beta_{salBsin} \neq 0$	$F_c(2,1666) = 4.61$ $F(2, 1666) = 45.41$
Separabilidad Lineal SalBsIn-Cap $H_0: \beta_{capBsin} = \beta_{salBsin} = 0$ $H_1: \beta_{capBsin} \neq \beta_{salBsin} \neq 0$	$F_c(2,1666) = 4.61$ $F(2, 1666) = 79.06$

Fuente: Elaboración propia.

Con el método de corrección Levinson-Petrin se obtiene que el factor que más contribuye es el trabajo con una productividad total de 0.533, es decir, por unidad adicional de producción un 53.3% proviene del factor trabajo, mientras que la productividad del factor capital es de 0.476, equivalente a 47.6 por ciento.

Los resultados de la estimación de la productividad a nivel de año censal muestran una tendencia decreciente en la evolución de la productividad en el periodo considerado. Las cifras de la tabla 9 indican que el año que presentó una productividad más alta fue 2009, con 0.340 del valor total de la producción, mientras que, para el periodo siguiente el valor disminuyó considerablemente (0.19 aproximadamente).

**Tabla 7**  
**Corrección de Productividad Método Levinson-Petrin**  
**Variable dependiente: VA**

Variable	Coeficiente	Std. Err.	z	P>z	[95% Conf. Interval]
LogSal	0.533	0.0352	15.14	0.000	0.464 0.602
LogCap	0.476	0.0502	9.49	0.000	0.378 0.575
Wald test of constant returns to scale: Chi2 = 0.06 (p = 0.8121).					
Observaciones =	1,676		Obs por grupo:	min=	1
Grupos =	700			media =	2.4
				máx. =	3

Fuente: Elaboración propia.

**Table 8**  
**Test de Rendimientos Constantes a Escala**

$H_0: \beta_{sal} + \beta_{cap} + \beta_{Bsln} = 1$	$F_c(2,1666) = 4.61$
$H_1: \beta_{sal} + \beta_{cap} + \beta_{Bsln} \neq 1$	$F(2,1666) = 36.69$

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, cabe destacar que los datos obtenidos corresponden a la actividad económica de los años 2008 y 2013, respectivamente. Por lo que, podemos atribuir este efecto al fenómeno económico de gran importancia dentro de ese periodo, la crisis mundial de 2008-2009.

**Tabla 9 Estimación PTF, Nivel Año Censal**  
**Variable 2004 omitida por colinealidad**

Variable	Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]
2009	0.340374	0.050	-3.24	0.001	-0.260659 -0.064209
2014	0.187912	0.050	-6.33	0.000	-0.412448 -0.217343

Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones

El cálculo de la productividad total de los factores de la industria de alta tecnología en México se realizó con la estimación de una función de producción Translog que incluye controles de heterogeneidad en los residuos. Los resultados obtenidos muestran el menor sesgo posible entre la heterogeneidad de las variables, capturando el comportamiento de cada uno de los niveles y las variables que lo componen. En la función Translog propuesta, el ajuste del modelo se aproxima a una  $R^2=0.90$  y tanto los valores de los factores de producción como el valor de la constante son significativos a un 95% de aceptación, lo cual se puede interpretar como un buen ajuste.

El factor trabajo es el que tuvo una mayor participación al proceso de producción con 0.567, y en segundo lugar se encontraron los bienes intermedios con 0.357 mientras que el capital aporta el 0.173 a la producción total. Esto puede atribuirse a la naturaleza de la industria, ya que la industria manufacturera es caracterizada por ser intensiva en uso de mano de obra y depende en gran medida de los insumos de otras industrias.

Al observar la significancia de las variables en términos cuadráticos, se observa que el factor trabajo y los bienes intermedios son significativos, lo que indica que estos factores presentan rendimientos decrecientes, mientras que el capital no, ya que, si bien el desgaste de los bienes de capital representa disminución en la producción, es posible realizar nuevas inversiones de tal forma que esto sea compensado y el rendimiento sea igual o mayor en distintos procesos de producción.

La industria de alta tecnología muestra un proceso de cambio tecnológico acelerado, lo que se puede observar en el alto valor de la proporción del crecimiento en la producción que no es explicado por el crecimiento en los factores, que tiene valores mayores al 0.3, es decir, más del 30% del cambio en la producción se debe al progreso tecnológico de la industria, lo que es un porcentaje elevado tratándose solo de 5 subsectores de la industria manufacturera total.

Al analizar la evolución histórica se realizó una estimación a nivel de periodo censal, el año con la mayor productividad fue el año 2008 con una PTF de 0.34, es decir, la productividad mostraba una tendencia ascendente anterior a la crisis económica del 2008-2009, misma que disminuyó en la etapa de recuperación económica. Por lo tanto, se puede decir que la expansión de la industria de alta tecnología se produjo desde antes de este periodo. Un factor que podría explicar la alta productividad en el año 2008 fue el establecimiento de nuevas empresas en estados del centro del país, lo que reforzó la producción nacional, que se había mantenido concentrada principalmente en el norte del país. La caída de la productividad en el periodo 2008-2013 puede explicarse como consecuencia de los efectos de la crisis

mundial, ya que no solo se vieron afectadas las variables directas de la producción como el empleo y la inversión, sino también los cambios en el mercado de divisas tuvieron un papel determinante para la industria de alta tecnología en México, pues dentro del mecanismo de la importación de materias primas y la exportación de productos al extranjero en un entorno económico desfavorable, los beneficios se ven reducidos considerablemente.

La productividad de esta industria en el periodo analizado provino más de la adición de fuerza de trabajo al proceso productivo, antes que de las inversiones de capital. Esto sugiere que la expansión de la tecnología en esta industria responde más a un modelo de catching up y difusión tecnológica, que pone énfasis más en la adquisición de tecnologías extranjeras que en generación propia (Freeman & Soete, 1997).

Por el lado contrario, el factor capital fue el que tuvo menor participación, a nivel general representó un valor de 17.3% por lo tanto, una de las primeras aproximaciones, es que, aunque esta industria depende en gran parte de la dotación de tecnología y maquinaria para el proceso de producción, el factor capital es una variable menos decisiva en el crecimiento y en la PTF de la industria de alta tecnología ya que incluso tiene una participación menor que los bienes intermedios. Esta influencia de los bienes intermedios en el aumento de la productividad es un reflejo de la presencia de empresas ensambladoras en esta industria, en donde la innovación tecnológica o el cambio técnico se incorpora al proceso de ensamblado de productos, en un proceso en el que el componente laboral tiene predominio.

Finalmente, es posible que una investigación a nivel de rama industrial y grupos de regiones pueda superar los problemas derivados de una información censal que al nivel regional omite datos relevantes.

## Referencias

- Arrow, K., Chenery, H., Minhas, B., & Solow, R. (1961). "Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency". *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 43, no. 3, pp. 225-250. DOI: 10.2307/1927286
- Azofeifa, A. G., & Villanueva, M. (1996). *Estimación de una función de Producción: Caso Costa Rica*. Banco Central de Costa Rica. División Económica, Departamento De Investigaciones Económicas. Die-Pi-06-. Marzo, 1996. Costa Rica.
- Banco de México, BANXICO (2018). *Reportes sobre economías regionales octubre-diciembre 2017*. Ciudad de México: Banco de México.
- Barro, R. (1999). "Notes on Growth Accounting". *Journal of Economic Growth*, Springer, vol. 4 (2), 119-137, Junio. <https://doi.org/10.1023/A:1009828704275>

- Berndt, E., & Christensen, L. (1973). “*The Translog Function and the Substitution of Equipment, Structures, and Labor in U.S. Manufacturing 1929-68*”. *Journal of Econometrics*, Vol. 1 (1) pp. 81-113. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(73\)90007-9](https://doi.org/10.1016/0304-4076(73)90007-9)
- Brown, F., & Domínguez, L. (2013). “La productividad, reto de la industria mexicana”. *Comercio Exterior*, vol.63, no. 3, mayo-junio, pp.12-23.
- Brown, F., & Guzmán, A. (2014). “Innovation and Productivity across Mexican Manufacturing Firms”. *Journal of Technology Management and Innovation*, vol. 9, no. 4, pp. 36-52.
- Centro de Estudios de Finanzas Públicas, CEFP, (2005). *Evolución del Sector Manufacturero en México, 1980-2003*. Distrito Federal: Cámara de Diputados, H. Congreso de la Unión.
- Christensen, L., Jorgenson, D., & Lawrence, L. (1971). “Conjugate Duality and the Transcendental Logarithmic Function”. *Econometrica*, Vol. 39, no.4, July, pp. 255-256.
- De Souza Rangel, A., & Garca de Freitas, F. (2015). “Un análisis comparativo de la productividad en las industrias manufactureras del Brasil y México”. *Revista CEPAL*, no. 115, abril, pp. 197-215.
- Denison, E.F. (1962) *The Sources of Economic Growth in the United States and the Alternatives before us*. A Supplementary Paper of the Committee for Economic Development, No. 13. New York: Committee for Economic Development. Reprint in *Louvain Economic Review*, 31(2), 114-114. <https://doi.org/10.1017/S077045180001856X>
- DENUE. (2 de Mayo de 2018). DENUE: INEGI. Obtenido de INEGI: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/#>
- Diaz Bautista, A. (2017). “Total Factor Productivity (TFP) in Manufacturing and Economic Growth in Mexico”. *Análisis Económico*, Vol. 32, no. 79, enero-abril, pp. 7-24.
- Diaz González, E. (2006). “La productividad total de los factores en la industria eléctrica y electrónica. El caso de la industria Maquiladora en México.” *Economía Mexicana*. Nueva Época, Vol. 15 (2), segundo semestre, pp. 251-287.
- Fernández X., R. I., Almagro V., F., & Terán V., J. (2013). “Un análisis de la Productividad Total de los Factores Ampliada en la Industria Manufacturera de México 2003-2010”. *Investigación Administrativa*, no. 112, julio-diciembre, pp. 51-63.
- Freeman, C., & Soete, L. (1997). *The Economics of Industrial Innovation*. Cambridge, Mass.: MIT Press. Third edition. ISBN- 1-84480-093-8. DOI: 10.4324/9780203357637

- Guzmán, A., López, F., & Venegas, F. (2012). "Un análisis de cointegración entre patentes y crecimiento económico en México, 1980-2008". *Investigación Económica*, vol. 71, no. 281, julio-septiembre, pp. 83-115.
- Gobierno de la República. (27 de abril de 2018). *Sector Industria Química: Gobierno de República*. Obtenido de Gobierno de México: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/133111/Sector\\_Industria\\_Quimica.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/133111/Sector_Industria_Quimica.pdf)
- Halter, A.N., Carter H. O, & Hocking J. G. (1957). "A Note on the Transcendental Production Function". *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 39 (4), November, pp. 966-974. <https://doi.org/10.2307/1234207>
- Harberger A.C. (1998), "A vision of the growth process". *The American Economic Review*, Vol. 88 no. 1, March, pp. 1-32.
- Helpman, E. (2004), *El misterio del Crecimiento Económico*. Barcelona: Antoni Bosch, 232 p. ISBN: 9788495348227.
- Hernández Laos, E. (2007). "La Productividad Multifactorial: concepto, medición y significado". *Economía: Teoría y Práctica*, núm. 26, pp. 31-67.
- Ibarra, J., & García, F. (2016). "Las demandas de factores productivos en la industria maquiladora". *Estudios Económicos*, vol. 31, núm. 2, julio-diciembre, pp. 265-303.
- Hulten, C. (2001). *Total Factor Productivity: A Short Biography*. Chicago: University of Chicago Press. ISBN: 9780226360621 E-ISBN: 9780226360645 DOI: 10.7208/chicago/9780226360645.003.0001.
- INEGI. (2001). *La Producción, Salarios, Empleo y Productividad en la Industria Maquiladora de Exportación. Por región geográfica y entidad federativa*. Aguascalientes: INEGI.
- INEGI. (2014). *Censos Económicos 2014: Metodología*. Aguascalientes: INEGI.
- INEGI. (2018). *Conociendo la Industria Aeroespacial-Colección de estudios sectoriales y regionales*. Aguascalientes: INEGI.
- INEGI. (2018b). *Cuéntame INEGI*. Obtenido de INEGI: <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/manufacturera/default.aspx?tema=E>
- INEGI. (2018c). *PIB y Cuentas Nacionales*. Obtenido de INEGI: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/cn/2008/pibent/#>
- INEGI. (2018d). *Productividad Total de los Factores-INEGI*. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/ptf/default.aspx>
- Jorgenson, D. W., and Griliches, Z. (1967). "The Explanation of Productivity Change" *The Review of Economic Studies* vol. 34, no. 99, July, pp. 249-283.
- Kendrick, John W. (1961), *Productivity Trends in the United States*. Princeton: Princeton University Press, 630 p. ISBN: 0-87014-070-1

- Levinsohn, J., & Petrin, A. (2003). “Estimating Production Functions Using Inputs to Control for Unobservables”. *Review of Economic Studies*, April 2003, Vol.70 (2), pp.317-341. <https://doi.org/10.1111/1467-937X.00246>
- Lucas, Robert (1988), “On the Mechanics of Development Planning”. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), pp. 3-42. [https://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](https://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)
- Nataf, A., (1948). «Sur la possibilité de construction de certain macromodels», *Econometrica*, no. 16, pp. 232-244.
- Nicholson, W. (1997). *Teoría Microeconómica*. Madrid: McGraw-Hill. 640 páginas, ISBN 9788448111274.
- OCDE (2011), *Technology Intensity Definition: Classification of manufacturing industries into categories based on R&D intensities*. Directorate for Science, Technology and Industry Economic Analysis and Statistics Division (2011). Paris: OCDE.
- OCDE. (2018). *Measuring Innovation-OCDE*. 23 de abril de 2018. Obtenido de OCDE: [https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/measuring-innovation\\_9789264059474-en#page50](https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/measuring-innovation_9789264059474-en#page50)
- Pindyck, R., & Rubinfeld, D. (1989). *Microeconomics*. New York: Macmillan.
- Prescott E. (1998), “Needed: A theory of total factor productivity”. *International Economic Review*, Vol. 39, No. 3 (Aug.), pp. 525-551
- PROMEXICO. (2013). *Sector Eléctrico-Ficha Técnica*. Ciudad de México: Gobierno de la República.
- PROMEXICO. (26 de Abril de 2018). *Industria Automotriz Mexicana: Proméxico*. Obtenido de Proméxico Mx: <http://www.promexico.mx/documentos/biblioteca/industria-automotriz-mexicana.pdf>
- PROMEXICO. (26 de Abril de 2018). *Sectores*: Proméxico. Obtenido de PROMEXICO, Gobierno de la República: <http://www.promexico.gob.mx/documentos/sectores/autopartes.pdf>
- Sala-I-Martin, X. (2000). *Apuntes de Crecimiento Económico*. Barcelona: Antoni Bosch. 2a. edición, ISBN 84-85855-92-2.
- Ramsey, Frank (1928) “A Mathematical Theory of Saving”. *The Economic Journal*, Vol. 38, No. 152 (December), pp. 543-559.
- Romer (1986) “Increasing Returns and Long-Run Growth”. *The Journal of Political Economy*, Vol. 94, No. 5 (Oct.), pp. 1002-1037. <https://doi.org/10.1086/261420>
- Secretaría de Economía. (2014). *Industria Electrónica*. Ciudad de México: Gobierno de la República.
- Solow, Robert M. (1956), “A Contribution to the Theory of Economic Growth”. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70, No. 1. (February), pp. 65-94. <https://doi.org/10.2307/1884513>

- Solow, Robert M. (1957), “Technical Change and the Aggregate Production Function”. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, No. 3 (August), pp. 312-320.
- Swan, T.W. (1956), “Economic growth and capital accumulation”, *Economic Record*, vol. 43, nº 2, pp. 334-361. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.1956.tb00434.x>
- The Conference Board. (2018). EU KLEMS. 13 de abril de 2018. Disponible en [http://www.euklems.net/TCB/2018/EUKLEMS\\_2018\\_revision.pdf](http://www.euklems.net/TCB/2018/EUKLEMS_2018_revision.pdf)