

La eficiencia de la industria de alimentos, bebidas y tabaco: un análisis a través de la envolvente de datos

Marisol Torres-Salazar*

Francisco Javier Ayvar-Campos**

José César Lenin Navarro-Chávez***

Resumen

El presente documento determina qué tan eficientemente se utilizaron los recursos en la industria de alimentos, bebidas y tabaco de México, Estados Unidos, Canadá y Brasil, en el período 2000-2014. Para tal fin se desarrolló un modelo no paramétrico haciendo uso de la metodología del Análisis de la Envolvente de Datos (DEA). Dicho modelo se orientó al output y se elaboró con rendimientos variables a escala, estableciendo como output las exportaciones y como inputs el costo de los materiales y el personal ocupado. Los resultados del modelo muestran que las industrias de México y Brasil fueron ineficientes, mientras que algunas ramas industriales de Estados Unidos y, sobre todo, Canadá fueron las más eficientes durante el período de estudio. Hallazgos que hacen evidente la necesidad que tiene México y Brasil por acrecentar el uso eficiente de sus recursos en sus ramas industriales para ser competitivos a nivel internacional.

Palabras clave: Industria de Alimentos, Bebidas y Tabaco; México; Estados Unidos de América; Canadá y Brasil.

Abstract

This paper determined how efficiently the resources in the food, beverage and tobacco industry in Mexico, the United States, Canada and Brazil were used in the period 2000-2014. For this purpose, a non-parametric model was developed using the Data Envelopment Analysis (DEA) methodology. This model was oriented to the output and was elaborated with variable returns to scale, establishing as output the exports and as inputs the cost of materials and the personnel employed. The results of the model show that the industries

* Maestra en Ciencias en Negocios Internacionales por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. marisol.tsslz@gmail.com.

** Profesor-Investigador. Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Doctor en Ciencias del Desarrollo Regional por la UMSNH. fayvar@umich.mx.

*** Profesor-Investigador. Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Doctor en Ciencias del Desarrollo Regional por la UMSNH. cesar126@hotmail.com.

of Mexico and Brazil were inefficient, while some industrial branches of the United States and, above all, Canada were the most efficient during the period of study. Findings that make evident the need that Mexico and Brazil have for increase the efficient use of their resources in their industrial branches to be competitive at international level.

Keywords: Food, beverage and tobacco industry; Mexico; United States of America; Canada; Brazil.

Clasificación JEL: L6, R15

Introducción

El sector manufacturero mexicano es uno de los más importantes para el desarrollo económico del país, ya que es el sector que más aporta al Producto Interno Bruto nacional y es el principal sector exportador e importador del país. La industria de alimentos, bebidas y tabaco, división del sector manufacturero integrada por 11 ramas, es un significativo polo de atracción de inversiones extranjeras, por su capacidad exportadora y por la gran cantidad de recursos (naturales y de mano de obra) con que cuenta. Ocupando la cuarta posición en volumen de exportaciones, sólo detrás de las divisiones de fabricación de equipo de transporte; metálica básica; y de industria química (Castañón, Solleiro, & Del Valle, 2003; INEGI, 2017). Durante el período 2000-2014 la industria de alimentos, bebidas y tabaco de México generó una menor cantidad de exportaciones en comparación a Estados Unidos, Canadá y Brasil. Por lo que se puede argumentar que esta industria presenta un problema en la adecuada utilización y aprovechamiento de sus recursos para poder exportar; de superar esta problemática, y ser eficientes, la industria de alimentos, bebidas y tabaco, y el sector manufacturero mexicano podrían aumentar su producción, exportación, competitividad y participación en los mercados internacionales (INEGI, 2017; Census Bureau, 2017; IBGE, 2017; COMTRADE, 2017; CANSIM, 2017).

La presente investigación determina qué tan eficientemente se utilizaron los recursos en las 11 ramas de la industria de alimentos, bebidas y tabaco de México, Estados Unidos, Canadá y Brasil, en el período 2000-2014. De manera particular, se identifican las ramas industriales que por país utilizaron de forma más eficiente sus insumos para generar exportaciones. Análisis que en la actualidad no se ha llevado a cabo a nivel de ramas de la industria, y que se considera importante para identificar los elementos que les permitirían a los países estudiar e identificar las áreas de mejora en eficiencia.

El marco teórico en el que se basa el estudio es el de eficiencia de Farrell (1957). Estimándola a partir de la aplicación de los modelos del Análisis de la Envolvente de Datos (DEA), que fueron desarrollados por Charnes, Cooper y

Rhodes (1978) y por Banker, Charnes y Cooper (1984). La hipótesis de la investigación es que fueron pocas las ramas de la industria de alimentos, bebidas y tabaco de México, Estados Unidos, Canadá y Brasil, las que utilizaron eficientemente sus recursos en el período 2000-2014. Para la determinación de la eficiencia en las ramas de esta industria se establece como input el personal ocupado y el costo de materiales; y como output las exportaciones. De igual manera, se elabora un modelo DEA orientado al output, ya que la finalidad es maximizar las exportaciones utilizando la menor cantidad de personal ocupado y costo de materiales, y se calcula con rendimientos variables a escala, con el objetivo de que la rama industrial evaluada esté obteniendo el máximo rendimiento de sus recursos a su disposición (Cooper, Seiford, & Tone, 2007).

El presente documento se ha estructurado en cinco secciones. La primera está constituida por la introducción. La segunda describe la problemática de la industria de alimentos, bebidas y tabaco en los cuatro países en el período de estudio. La tercera muestra el marco teórico-metodológico de la eficiencia y su medición, así como el modelo DEA desarrollado en la investigación. La cuarta sección contiene los resultados de eficiencia de las ramas industriales de los países estudiados. Finalmente, se presentan las conclusiones de la investigación.

Rasgos macroeconómicos de la industria de alimentos, bebidas y tabaco

En esta sección se presenta un diagnóstico de la situación económica de la industria de alimentos, bebidas y tabaco de México, Estados Unidos, Canadá y Brasil, a partir del análisis de los principales indicadores económicos.

Características de la industria de alimentos, bebidas y tabaco de México

En el cuadro 1A del Anexo se puede observar como las exportaciones de la industria de alimentos, bebidas y tabaco de México crecieron de manera constante durante el período 2000-2014. Específicamente, de 2000 a 2005 las exportaciones se incrementaron en un 60%; de 2005 a 2010 las exportaciones tuvieron un crecimiento del 52% un 8% menor al período anterior; mientras que de 2010 a 2014 su aumento fue del 37%, lo que significa un 13% menos al período anterior. De esta forma, aunque han ido creciendo las exportaciones, se esperaría que tuvieran un mayor crecimiento porcentual. Las ramas que mayor participación exhibieron en las exportaciones de la industria de alimentos, bebidas y tabaco son la 3121 (Industria de las bebidas), la 3119 (Otras industrias alimentarias), la 3114 (Conservación de frutas, verduras, guisos y otros alimentos preparados) y la 3113 (Elaboración de azúcares, chocolates, dulces y similares).

El indicador de producción de la industria de alimentos, bebidas y tabaco de México si se compara con el de exportaciones, se puede observar que tienen un comportamiento muy parecido, de 2000 a 2005 un aumento del 48%,

de 2005 a 2010 un incremento del 40%, y de 2010 a 2014 un crecimiento del 18%, como se puede apreciar en el último período la tasa de crecimiento fue menor a la mostrada en los quinquenios anteriores, lo que se vinculó con la pérdida de dinamismo de las exportaciones en ese último período. Las ramas de la industria mexicana que más producción tuvieron en el período 2000-2014 fueron la 3121 (Industria de las bebidas), la 3115 (Elaboración de productos lácteos), la 3119 (Otras industrias alimentarias), y la 3118 (Elaboración de productos de panadería y tortillas) (Ver cuadro 1A del Anexo).

La generación de valor agregado en la industria de alimentos, bebida y tabaco de México en el período 2000-2014 ostentó tasas de crecimiento similares a las de producción y exportaciones. Siendo que las ramas industriales que mostraron los niveles más altos de generación de valor agregado son la 3121 (Industria de las bebidas), la 3119 (Otras industrias alimentarias), la 3118 (Elaboración de productos de panadería y tortillas), y la 3115 (Elaboración de productos lácteos) (Ver cuadro 1A del Anexo). A diferencia de los otros indicadores el personal ocupado en la industria tuvo un crecimiento medido de 101% durante el período 2000-2014; el mayor aumento de personal ocupado fue de 2005 a 2010 (81%), en cambio de 2010 a 2014, no hubo un crecimiento sino un decremento de la población ocupada (-1%). Específicamente, las ramas de la industria que menor personal ocupado tuvieron en el período estudiado fueron la 3117 (Preparación y envasado de pescados y mariscos), la 3122 (Industria del tabaco), la 3114 (Conservación de frutas, verduras, guisos y otros alimentos preparados), y la 3111 (Elaboración de alimentos para animales). Por otro lado, el costo de materiales de la industria en México en el período 2000-2014 tuvo un crecimiento paulatino; de 55% de 2000 a 2005, de 36% de 2005 a 2010, y de 18% de 2010 a 2014. Las ramas de la industria que menor costo de materiales asumieron en el período analizado fueron la 3117 (Preparación y envasado de pescados y mariscos), la 3122 (Industria del tabaco), la 3114 (Conservación de frutas, verduras, guisos y otros alimentos preparados), y la 3111 (Elaboración de alimentos para animales) (Ver cuadro 1A y 2A del Anexo).

Características de la industria de alimentos, bebidas y tabaco de Estados Unidos

Se puede apreciar en el cuadro 3A del Anexo como las exportaciones de la industria de alimentos, bebidas y tabaco de Estados Unidos en el período 2000-2005 tuvieron un crecimiento del 13%, mientras que de 2005 a 2010 del 74% y de 2010 a 2014 del 38%. Siendo las ramas 3116 (Matanza, empaclado y procesamiento de carne de ganado, aves y otros animales comestibles), 3112 (Molienda de granos y de semillas, y obtención de aceites y grasas) y 3119 (Otras industrias alimentarias) las que más exportaron en el período 2000-2014. Por otro lado, la producción de la industria presentó un incremento mayor de 2010 a 2014 (22%) que de 2005 a 2010 (12%). Las ramas que

más bienes produjeron en el período estudiado son 3116 (Matanza, empa- cado y procesamiento de carne de ganado, aves y otros animales comestibles), 3114 (Conservación de frutas, verduras, guisos y otros alimentos preparados) y 3121 (Industria de las bebidas) (Ver cuadro 3A del Anexo).

El valor agregado de la industria de alimentos, bebidas y tabaco en EE. UU., en el período de 2000-2014, estuvo siempre aumentando (97%); aun- que en los últimos 4 años de estudio fue menor al crecimiento de los otros años. De manera particular, las ramas 3116 (Matanza, empa- cado y procesamiento de carne de ganado, aves y otros animales comestibles), 3121 (Indus- tria de las bebidas), y 3119 (Otras industrias alimentarias) fueron las que más valor agregado generaron en la industria durante el período 2000-2014. A su vez, el personal ocupado en la industria se comportó de manera diferente con respecto a los otros indicadores; ya que del 2000 al 2010 tuvo una baja con- siderable (-11%), sin embargo, del 2010 al 2014 la variable aumentó (2%). Específicamente, fueron las ramas 3117 (Preparación y envasado de pescados y mariscos), 3122 (Industria del tabaco), y 3113 (Elaboración de azúcares, chocolates, dulces y similares) las que menor mano de obra ocuparon en el período analizado. Por su parte, el costo de los materiales exhibió una tenden- cia similar a la producción, es decir, presentó incrementos continuos (96%). Las ramas de la industria que menores costos de materiales presentaron en los quinquenios estudiados fueron la 3117 (Prepa- ración y envasado de pescados y mariscos), la 3122 (Industria del tabaco), y la 3113 (Elaboración de azúca- res, chocolates, dulces y similares) (Ver cuadro 3A y 4A del Anexo).

Características de la industria de alimentos, bebidas y tabaco de Canadá

Se puede observar en el cuadro 5A del Anexo como las exportaciones de la industria de alimentos, bebidas y tabaco en Canadá ostentó de 2000 a 2010 aumentos importantes, sin embargo, de 2010 a 2014 las exportaciones tuvie- ron un gran decremento (-74%). Las ramas de la industria que mostraron los mayores montos de exportación son la 3116 (Matanza, empa- cado y procesamiento de carne de ganado, aves y otros animales comestibles), la 3115 (Ela- boración de productos lácteos), y la 3121 (Industria de las bebidas). Por otro lado, la producción de la industria mostró un comportamiento al alza durante todo el período de estudio (74%). Específicamente, de 2000 a 2005 creció un 26%, de 2005 a 2010 se incrementó un 31%, y de 2010 a 2014 aumentó un 5%. Siendo las ramas 3116 (Matanza, empa- cado y procesamiento de carne de ganado, aves y otros animales comestibles), 3115 (Elaboración de productos lácteos), y 3121 (Industria de las bebidas) las más productivas.

El valor agregado generado por la industria canadiense aumentó de ma- nera notable en el período 2000-2014 (96%), aunque dicho incremento fue en menor medida de 2010 a 2014 (5%) que de 2000 a 2010 (86%). Particu- larmente, fueron las ramas 3121 (Industria de las bebidas), 3116 (Matanza, empa- cado y procesamiento de carne de ganado, aves y otros animales comes-

tibles), y 3115 (Elaboración de productos lácteos) las que más valor agregado generaron. En cuanto al personal ocupado en la industria, este exhibió una tendencia a la baja durante todo el período analizado (-3%); particularmente, se pudo apreciar que de 2000 a 2010 disminuyó un -1%, y de 2010 a 2014 decreció un -2%. Posicionándose las ramas 3122 (Industria del tabaco), 3113 (Elaboración de azúcares, chocolates, dulces y similares) y 3117 (Preparación y envasado de pescados y mariscos) como las ramas industriales de menor personal ocupado en el período 2000-2014. Con relación al costo de los materiales, durante el período 2000-2014, se pudo observar que su tendencia fue al alza (102%); pero de 2010 a 2014 su tasa de crecimiento fue menor (6%) en comparación a los años anteriores (90%). Ubicándose las ramas 3122 (Industria del tabaco), 3113 (Elaboración de azúcares, chocolates, dulces y similares) y 3117 (Preparación y envasado de pescados y mariscos) como las que incurrieron en menores costos de materiales en el período analizado (Ver cuadro 5A y 6A del Anexo).

Características de la industria de alimentos, bebidas y tabaco de Brasil

Las exportaciones de la industria de alimentos, bebidas y tabaco de Brasil en el período 2005-2010 presentaron un crecimiento acelerado (380%), pero de 2010 a 2014 cayeron de manera importante (-5%). Las ramas industriales que mayor volumen de bienes exportaron en el período 2000-2014 son la 3116 (Matanza, empaçado y procesamiento de carne de ganado, aves y otros animales comestibles), la 3112 (Molienda de granos y de semillas, y obtención de aceites y grasas), y la 3113 (Elaboración de azúcares, chocolates, dulces y similares). La producción, por su parte, mostró un crecimiento significativo de 2000 a 2014, siendo las ramas 3112 (Molienda de granos y de semillas, y obtención de aceites y grasas), 3113 (Elaboración de azúcares, chocolates, dulces y similares), 3119 (Otras industrias alimentarias) las que mayor volumen de producción ostentaron en el período analizado (Ver cuadro 7 A del Anexo). Tendencia que se replicó en la generación de valor agregado (195%) y costo de materiales (185%) en la industria, durante el período estudiado.

Específicamente, fueron las ramas industriales 3113 (Elaboración de azúcares, chocolates, dulces y similares), 3121 (Industria de las bebidas) y 3116 (Matanza, empaçado y procesamiento de carne de ganado, aves y otros animales comestibles) las que generaron más valor agregado en el período 2000-2014. Por otro lado, las ramas que menor costo de materiales tuvieron en el período estudiado son la 3122 (Industria del tabaco), 3111 (Elaboración de alimentos para animales), y la 3119 (Otras industrias alimentarias). Finalmente, el personal ocupado en la industria de alimentos, bebidas y tabaco de Brasil, manifestó un comportamiento diferente al de los otros indicadores, debido a que de 2000 a 2010 creció de manera notable (84%), sin embargo, a partir de 2010 decreció de manera notable (-63%). Particularmente, son las ramas 3117 (Preparación y envasado de pescados y mariscos), 3122 (Industria

del tabaco), y 3111 (Elaboración de alimentos para animales) las que menos personal ocupado tuvieron durante el período 2000-2014 (Ver cuadro 7A y 8A del Anexo).

Elementos teórico-metodológicos de la eficiencia

A continuación, se muestran los aspectos teóricos de la eficiencia y el análisis de la envolvente de datos; así como los aspectos metodológicos del modelo DEA desarrollado en el presente estudio.

Aspectos Teóricos de la Eficiencia y el Análisis de la Envolvente de Datos

La teoría de la eficiencia se remonta hasta los años 50, cuando Tjalling C. Koopmans (1951) y Gerard Debreu (1951) comienzan sus investigaciones con relación al uso eficiente de los recursos empresariales y al análisis de producción. “El autor que dio por primera vez una definición de eficiencia técnica fue Koopmans (1951) afirmando que una combinación factible de inputs y outputs es técnicamente eficiente, si es tecnológicamente imposible aumentar algún output o reducir algún input sin reducir simultáneamente al menos otro output o aumentar al menos otro input” (García, 2002:11). Esta primera definición resultaba limitante, ya que solo permitiría diferenciar a los productores eficientes de los ineficientes. Por lo que Debreu (1951) se encargó de dar el siguiente paso desarrollando una medida radial que permitiera cuantificar porcentualmente el nivel de eficiencia, a lo que propuso un índice de eficiencia técnica, al que llamó “coeficiente de utilización de recursos” que definía como la unidad menos la máxima reducción equiproporcional en todos los inputs para un nivel dado de outputs (García, 2002).

El primero en incluir el marco teórico de la eficiencia para su estudio y medición fue Farrell (1957), donde tomó como referencia los trabajos de Koopmans (1951) y Debreu (1951). La eficiencia es definida por Farrell (1957) como “la capacidad que tiene una empresa para obtener el máximo output a partir de un conjunto dado de inputs” (Coll & Blasco, 2007:3). Por lo tanto, evaluar la eficiencia o ineficiencia de un conjunto de Unidades Tomadoras de Decisión (DMU¹) pasa por determinar la frontera de producción la cual hace referencia al máximo output teórico alcanzable por un conjunto de DMU's dada una combinación de inputs. La eficiencia de una DMU se entiende como la comparación entre los valores óptimos y los observados, de inputs y outputs (Martínez & Martínez-Carrasco, 2002). La metodología que propone Farrell (1957) es una técnica basada en el concepto de benchmark o referenciación, que consiste en estimar y ubicar DMUs que sean virtuales a partir de buenas DMUs, y que se puedan comparar con la que se desea estudiar (Schuschny, 2007).

1 El concepto de DMU se utilizó para referirse a entidades sin fines de lucro (Charnes et al., 1978), y se ha extendido para hacer referencia a cualquier tipo de organización o empresa.

Farrell (1957) dividió a la eficiencia en eficiencia técnica y eficiencia asignativa. Ambas medidas, combinadas, dan una medida de la eficiencia económica o eficiencia global. Farrell (1957) “se refiere a la eficiencia técnica como la habilidad de una firma para obtener el máximo nivel de producción dado un conjunto de insumos o, a partir de un nivel dado de producto, obtenerlo con la menor combinación de insumos” (Arzubi & Berbel, 2002:106).

La eficiencia técnica o eficiencia técnica global la dividieron Banker, Charnes y Cooper (1984) en eficiencia técnica pura y eficiencia de escala (Navarro, 2005).

- La eficiencia técnica pura señala en qué medida la unidad productiva que se analiza obtiene el máximo rendimiento de los recursos físicos que se encuentran a su disposición (Navarro, 2005).
- Eficiencia de escala muestra si la unidad analizada alcanzó a obtener o llegar al punto óptimo de escala. Esta eficiencia es notable cuándo la tecnología de producción presenta rendimientos de escala variables (Navarro, 2005). Existen tres tipos de rendimientos de escala: rendimientos constantes a escala, rendimientos crecientes a escala y rendimientos decrecientes a escala (Varian, 1998).

Las técnicas de estimación de la eficiencia se agrupan en dos grupos: los modelos que emplean las aproximaciones paramétricas y los que usan las aproximaciones no paramétricas. Los métodos paramétricos utilizan métodos estadísticos para calcular la eficiencia, en cambio los modelos no paramétricos utilizan técnicas de programación matemática para medir y evaluar la eficiencia de las DMUs. Por lo que se hace necesario destacar en esta categoría el análisis envolvente de datos (DEA) (Seijas & Erias, 2002:3).

El análisis envolvente de datos o Data Envelopment Analysis (DEA por sus siglas en inglés) es una técnica de programación matemática, introducida inicialmente por Charnes, Cooper y Rhodes en 1978. En este modelo de programación matemática se asumen rendimientos constantes a escala (CRS, por las siglas en inglés Constant Returns to Scale). En el modelo de rendimientos constantes se considera que todas las empresas (DMUs) operan en una escala óptima, lo que conlleva que en el modelo se cuantifique y se valore la eficiencia total, incluyendo ineficiencia de gestión y de escala, sin distinciones entre ellas. En este modelo se calcula la eficiencia total para cada unidad de decisión, donde opera con rendimientos de escala óptimos. El modelo tiene dos orientaciones hacia el input y hacia el output (Medina, 2014:228).

Posteriormente, Banker et al. (1984) proponen el modelo BCC, siendo éste una extensión del modelo CCR. A diferencia del modelo anterior, se admite la existencia de rendimientos variables a escala (VRS por sus siglas en inglés Variable Returns to Scale), comparándose cada empresa con otras que sean de similar dimensión, por lo tanto, se excluyen las ineficiencias de escala.

El modelo BCC permitió que se dividiera la eficiencia técnica, en eficiencia técnica pura y eficiencia de escala Banker *et al.* (1984) añadieron una restricción a las variantes del modelo CCR, debido a que este no contemplaba la posibilidad de la existencia de ineficiencias, por las diferencias entre escalas operativas (Medina, 2014:230).

“El análisis slacks de las variables en los modelos DEA, proporciona la dirección en la cual habrán de mejorarse niveles de eficiencia de las llamadas unidades de toma de decisión (DMUs). Es así, que un valor output slack representa el nivel adicional de outputs necesarios para convertir una DMU ineficiente en una DMU eficiente. Asimismo, un valor input slack representa las reducciones necesarias de los correspondientes inputs para convertir un DMU en eficiente (Coelli *et al.* 2002)” (Navarro-Chávez, Ayvar-Campos & Giménez-García, 2016:596).

La eficiencia estimada mediante el DEA, se puede aplicar a distintos campos, en la presente investigación se aplica a la industria de alimentos, bebidas y tabaco, con el objeto de mejorar los niveles de eficiencia de esta industria y así aumentar las exportaciones. A continuación, se hace una revisión de la literatura sobre el DEA avocada a temas sectoriales e industriales, y que servirán como marco del presente estudio, son: Coll y Blasco (2007) analizaron el efecto de la liberación del sector textil español sobre la eficiencia de empresas pequeñas y medianas entre 2004 y 2006 a través de un DEA. Se obtuvo que las empresas medianas fueron más eficientes que las de menor dimensión. Becerril-Torres *et al.* (2012) determinaron la eficiencia mediante un DEA. Encontraron que los sectores de agricultura, minería, manufacturas y servicios financieros son eficientes bajo rendimientos variables. Por su parte Mok, Yeung, Han y Li (2010) encuentran que las firmas con una mayor tasa de exportaciones tienden a experimentar una mayor eficiencia. Restrepo y Vanegas (2014) hacen un análisis comparativo de los sectores industriales exportadores que más empleo generan.

Aspectos metodológicos del modelo DEA

Las DMUs a considerar en la presente investigación son las 11 ramas que componen la industria de alimentos, bebidas y tabaco de acuerdo con el SCIAN (2013). De esta forma se contó para el modelo de eficiencia de México, Estados Unidos, Canadá y Brasil con un total de 44 DMUs (Ver cuadro 1).

El output que se eligió para el modelo DEA a desarrollar es el de exportaciones, debido a que de acuerdo a la revisión de la literatura se utiliza recurrentemente esta variable como output (Athanasopoulos & Ballantine, 1995; Bannister & Stolp, 1995; Becerril-Torres *et al.*, 2012; Coll & Blasco, 2007; Hassan, Isik, & Mamun, 2010; Iyer, Rambaldi, & Tang, 2008; Jajri & Ismail, 2006; Kim, 1997; Lall, Featherstone, & Norman, 2000; Milner & Weyman-Jones, 2003; Mok *et al.*, 2010; Per-domo, Andrés, & Carlos, 2007; Portugal-Perez & Wilson, 2012; Restrepo & Vanegas, 2014; Shafaeddin, 2006; Shujie

& Shilu, 2009; Sourdin & Pomfret, 2012; Tansini & Triunfo, 1998; Tybout, 1991; Wu, 2005), y se cuenta con la información estadística en las bases de datos de los países estudiados (CANSIM, 2017; Census Bureau, 2017; COMTRADE, 2017; IBGE, 2017; INEGI, 2017). Los inputs que se eligieron para realizar el análisis factorial, teniendo su respaldo en la revisión de literatura (Becerril-Torres et al., 2012; Castro & Salazar, 2011; Coll & Blasco, 2007; Martínez & Martínez-Carrasco, 2002; Molina & Castro, 2015; Restrepo & Vanegas, 2014; Valderrama, Neme, & Ríos, 2015), son: los de costo de materiales, personal ocupado y remuneraciones al personal ocupado. Posteriormente, previa revisión de las bases estadísticas de los países (CANSIM, 2017; Census Bureau, 2017; COMTRADE, 2017; IBGE, 2017; INEGI, 2017), se efectuó el análisis factorial empleando como método de extracción los componentes principales (Hair et al., 1999; López-Roldán & Fachelli, 2015). Los resultados de los ensayos factoriales para todos los países establecen que los inputs más representativos para esta investigación serán: el costo de materiales y el personal ocupado (Ver cuadros de 9A a 14A del Anexo).

Cuadro 1

Ramas que componen la industria de alimentos, bebidas y tabaco (DMUs)

Clave	Concepto
3111	Elaboración de alimentos para animales
3112	Molienda de granos y de semillas, y obtención de aceites y grasas
3113	Elaboración de azúcares, chocolates, dulces y similares
3114	Conservación de frutas, verduras, guisos y otros alimentos preparados
3115	Elaboración de productos lácteos
3116	Matanza, empaçado y procesamiento de carne de ganado, aves y otros animales comestibles
3117	Preparación y envasado de pescados y mariscos
3118	Elaboración de productos de panadería y tortillas
3119	Otras industrias alimentarias
3121	Industria de las bebidas
3122	Industria del tabaco

Fuente: Elaboración propia con base en el SCIAN (2013).

De acuerdo a las necesidades de la investigación se diseñó un modelo DEA con una orientación hacia el output, ya que la finalidad es maximizar las exportaciones utilizando la menor cantidad de personal ocupado y costo de materiales, y se calcula con rendimientos variables a escala, con el objetivo de que la DMU evaluada esté sacando el máximo rendimiento de sus recursos a su disposición (Navarro, 2005). La expresión matemática del modelo es la siguiente:

$$\begin{aligned} & \text{Max } \emptyset \\ & \text{s. a} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\left(\sum_{j=1}^I \lambda_j Y_{rj} \right) - s_r^+ = \emptyset y_{r0} \quad r = 1 \dots m$$

$$\left(\sum_{j=1}^I \lambda_j x_{ij} \right) - s_i^- = x_{i0} \quad i = 1 \dots m$$

$$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0; \phi \text{ libre de signo}$$

“Aquí se supone la existencia de n DMUs, cada una de las cuales puede aplicar m inputs para producir s outputs, asignándole al vector X_{ij} la cantidad de input i utilizado por la DMU j , mientras que el vector Y_{rj} representa la cantidad de output r producido por la DMU j . La variable (λ_j) indica el peso de la DMU z en la construcción de la unidad virtual de referencia respecto de la DMU j , que puede ser obtenida por la combinación lineal del resto de DMUs. Si dicha unidad virtual no puede ser conseguida, entonces la DMU z para la que resuelve el sistema se considerará eficiente. El escalar (ϕ) representa la mayor expansión radial de todos los outputs producidos por la unidad evaluada, variando su rango entre 0 y 1, de forma que tomará valor unitario cuando la unidad sea eficiente y valores menores a 1 cuando sea ineficiente” (Navarro et al., 2016:597-598).

Resultados

En este apartado se exhiben los resultados de eficiencia de las ramas de la industria de alimentos, bebidas y tabaco de México, Estados Unidos, Canadá y Brasil, durante el período 2000-2014, cabe mencionar que se analizaron los años 2000, 2005, 2010 y 2014.

Análisis de la eficiencia de las ramas industriales en México

Para el año 2000 en México la única DMU que fue eficiente es la 3117 (Preparación y envasado de pescados y mariscos). Por otro lado, la rama 3118 (Elaboración de productos de panadería y tortillas) fue la que menos aprovechó los recursos para generar exportaciones. En general, para el año 2000, los valores de eficiencia de las ramas están muy alejados al valor uno (Ver cuadro 2).

México en el año 2005 no contó con ninguna rama de la industria de alimentos, bebidas y tabaco en eficiencia. A pesar de que todas las DMUs ostentaron niveles muy alejados de la unidad, la que más se acercó fue la 3117 (Preparación y envasado de pescados y mariscos) y la que más se alejó la 3112 (Molienda de granos y de semillas, y obtención de aceites y grasas). En el 2010 el comportamiento prevalece, sin embargo, la DMU que obtuvo el valor de eficiencia más elevado fue la 3121 (Industria de las bebidas) y el más bajo la 3115 (Elaboración de productos lácteos). Para el último año del período analizado, el mayor nivel de eficiencia lo alcanzó la rama 3114 (Conservación de frutas, verduras, guisos y otros alimentos preparados) y la más ineficiente fue la 3115 (Elaboración de productos lácteos). Es así como, se puede apreciar

que durante el período 2000-2014 las ramas que mayores niveles de eficiencia presentaron fueron 3121 (Industria de las bebidas), 3117 (Preparación y envasado de pescados y mariscos), 3122 (Industria del tabaco), y 3114 (Conservación de frutas, verduras, guisos y otros alimentos preparados); desempeño que se asocia al volumen de sus exportaciones y a la cantidad consumida de materias primas y utilización de personal ocupado (Ver cuadro 2 y cuadros 1A y 2A del Anexo).

Cuadro 2
Resultados de la Eficiencia Técnica Pura de la Industria de
Alimentos, Bebidas y Tabaco de México, 2000-2014

DMU	2000	2005	2010	2014
3111	0.047894	0.023003	0.029649	0.024877
3112	0.192566	0.036711	0.058658	0.062634
3113	0.232725	0.11645	0.149816	0.231942
3114	0.259409	0.305222	0.326697	0.329391
3115	0.036238	0.038305	0.017527	0.059628
3116	0.045229	0.07195	0.082161	0.101838
3117	1	0.366017	0.264407	0.218121
3118	0.056003	0.084908	0.095092	0.082453
3119	0.018257	0.199553	0.296576	0.297666
3121	0.426305	0.49638	0.533838	0.589605
3122	0.199662	0.111313	0.097772	1

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de los cuadros de 1A a 8A; y utilizando el software MaxDea.

La eficiencia de las ramas industriales de Estados Unidos

En el caso de Estados Unidos se puede apreciar en el cuadro 3 que las ramas de la industria de alimentos, bebidas y tabaco aprovecharon mejor sus insumos para generar exportaciones en comparación a México, en el período 2000-2014. Las ramas de la industria que utilizaron de manera eficiente sus recursos en el período estudiado fueron la 3112 (Molienda de granos y de semillas, y obtención de aceites y grasas) y la 3116 (Matanza, empaçado y procesamiento de carne de ganado, aves y otros animales comestibles); y las más ineficientes la 3117 (Preparación y envasado de pescados y mariscos), la 3118 (Elaboración de productos de panadería y tortillas), la 3115 (Elaboración de productos lácteos) y la 3122 (Industria del tabaco). Resultados que se asocia al monto de sus exportaciones y a la utilización de materias primas y mano de obra para producirlas (Ver cuadro 3 y cuadros 3A y 4A del Anexo).

Cuadro 3
Resultados de la Eficiencia Técnica Pura de la Industria de Alimentos, Bebidas y Tabaco de Estados Unidos, 2000-2014

DMU	2000	2005	2010	2014
3111	0.325200	0.339480	0.286620	0.275010
3112	1	1	1	1
3113	0.320325	0.299125	0.379227	0.433772
3114	0.511785	0.537257	0.531786	0.625288
3115	0.169218	0.261360	0.290822	0.442745
3116	1	1	1	1
3117	0.132561	0.131022	0.091528	0.071416
3118	0.156221	0.180024	0.214538	0.242309
3119	0.656783	0.777341	0.712900	0.794048
3121	0.274456	0.339001	0.472606	0.690730
3122	0.808494	0.546621	0.119570	0.124203

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de los cuadros de 1A a 8A; y utilizando el software MaxDeca.

Resultados de eficiencia en las ramas industriales de Canadá

En el cuadro 4 se puede apreciar que los resultados de eficiencia para las ramas de la industria de alimentos, bebidas y tabaco en el caso de Canadá fueron mejores a los ostentados por México y Estados Unidos, en el período 2000-2014. Específicamente, se puede ver que son las ramas 3112 (Molienda de granos y de semillas, y obtención de aceites y grasas), 3117 (Preparación y envasado de pescados y mariscos), 3122 (Industria del tabaco), y 3113 (Elaboración de azúcares, chocolates, dulces y similares) las más eficientes en la industria; situación opuesta a la manifestada por la 3115 (Elaboración de productos lácteos), la 3111 (Elaboración de alimentos para animales), y la 3121 (Industria de las bebidas). Eficiencias que son resultado del aprovechamiento eficiente de los recursos (personal ocupado y costos de materiales) para generar exportaciones en las ramas señaladas.

Cuadro 4
Resultados de la Eficiencia Técnica Pura de la Industria de Alimentos, Bebidas y Tabaco de Canadá, 2000-2014

DMU	2000	2005	2010	2014
3111	0.271451	0.232100	0.165432	0.198900
3112	1	1	1	1
3113	1	1	0.788083	1
3114	0.539141	0.728815	0.657722	0.727705
3115	0.137432	0.122316	0.069835	0.069014
3116	0.964351	1	0.846515	0.894150
3117	1	1	1	1
3118	0.459702	0.434972	0.523906	0.589075
3119	0.478750	0.535579	0.467196	0.478435
3121	0.517865	0.388262	0.243259	0.246511
3122	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de los cuadros de 1A a 8A; y utilizando el software MaxDeca.

Rasgos de la eficiencia en las ramas industriales de Brasil

En el año 2000 ninguna rama de la industria de alimentos, bebidas y tabaco operó en eficiencia, sin embargo, fueron la 3122 (Industria del tabaco), la 3112 (Molienda de granos y de semillas, y obtención de aceites y grasas), y la 3113 (Elaboración de azúcares, chocolates, dulces y similares) las que obtuvieron los mejores niveles de eficiencia. Este comportamiento se replicó en los siguientes años (2005, 2010 y 2014), es decir, sin ser eficientes las ramas industriales que tuvieron los mayores niveles de eficiencia fueron la 3112 (Molienda de granos y de semillas, y obtención de aceites y grasas), la 3119 (Otras industrias alimentarias), y la 3113 (Elaboración de azúcares, chocolates, dulces y similares). Por otro lado, las ramas más ineficientes durante el período 2000-2014 son la 3111 (Elaboración de alimentos para animales), la 3118 (Elaboración de productos de panadería y tortillas), y la 3115 (Elaboración de productos lácteos). El nivel de eficiencia alcanzados por estas ramas se debió a la cantidad de bienes de la industria de alimentos, bebidas y tabaco exportados, al costo de los materiales adquiridos para la producción y el número de personal ocupado.

Cuadro 5
Resultados de la Eficiencia Técnica Pura de la Industria de Alimentos, Bebidas y Tabaco de Brasil, 2000-2014

DMU	2000	2005	2010	2014
3111	0.271451	0.232100	0.165432	0.198900
3112	1	1	1	1
3113	1	1	0.788083	1
3114	0.539141	0.728815	0.657722	0.727705
3115	0.137432	0.122316	0.069835	0.069014
3116	0.964351	1	0.846515	0.894150
3117	1	1	1	1
3118	0.459702	0.434972	0.523906	0.589075
3119	0.478750	0.535579	0.467196	0.478435
3121	0.517865	0.388262	0.243259	0.246511
3122	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de los cuadros de 1A a 8A; y utilizando el software MaxDea.

Conclusiones

El sector manufacturero es uno de los sectores más importantes de la economía mexicana, esto por su importante participación en el Producto Interno Bruto nacional, además de ser el sector económico más inmerso en los mercados internacionales. La industria de alimentos, bebidas y tabaco se ubica dentro del sector manufacturero y cuenta con 11 ramas, esta industria ocupa el cuarto lugar en las exportaciones del sector manufacturero INEGI (2017). Esta industria mexicana cuenta con una gran cantidad de recursos, sin embargo, su potencial no ha sido eficientemente aprovechado, ya que su competitividad internacional podría ser más elevada (Schwab & Sala-i-Martin, 2017).

De esta forma, el objetivo de la presente investigación fue analizar qué tan eficientemente se utilizaron los recursos en la industria de alimentos, bebidas y tabaco de México, Estados Unidos, Canadá y Brasil, en el período 2000-2014.

Con la finalidad de comprobar la hipótesis de que fueron pocas las ramas de la industria de alimentos, bebidas y tabaco en México, EE. UU., Canadá y Brasil, las que utilizaron eficientemente sus recursos en el período 2000-2014, se retomaron los postulados teóricos de Farrell (1957), y se desarrolló un modelo de eficiencia utilizando la metodología del Análisis de la Envolvente de Datos (DEA) (Cooper et al., 2007). El modelo se elaboró con rendimientos variables a escala y con orientación al output. Las DMUs a considerar fueron las 11 ramas de la industria de alimentos, bebidas y tabaco de los 4 países estudiados (SCIAN, 2013). Por otro lado, las variables fueron seleccionadas en función a la literatura, la disponibilidad de información y los resultados de los ensayos factoriales; quedando establecidas de la siguiente manera, como output las exportaciones y como inputs el costo de los materiales y el personal ocupado. Las fuentes consultadas, y de donde se retomó la información estadística, son INEGI (2017) para México, Census Bureau (2017) para Estados Unidos, CANSIM (2017) para Canadá, e IBGE (2017) para Brasil.

Los resultados arrojados por el modelo DEA muestran que la industria de alimentos, bebidas y tabaco de México en comparación con los demás países presenta una serie de problemas con el aprovechamiento de sus recursos para generar mayor volumen de exportaciones, lo que hace que el país en esta industria sea ineficiente y, por lo tanto, poco competitiva frente a otras economías. Siendo, las ramas 3121 (Industria de las bebidas), 3117 (Preparación y envasado de pescados y mariscos), 3122 (Industria del tabaco), y 3114 (Conservación de frutas, verduras, guisos y otros alimentos preparados) las que mayores niveles de eficiencia ostentaron en el período 2000-2014. Los problemas de las ramas de la industria en México fueron similares en todos los años analizados; su dificultad se centró en el mal aprovechamiento de los recursos y no operar en la escala óptima.

En el caso de Estados Unidos se pudo apreciar que dos ramas de la industria de alimentos, bebidas y tabaco, la 3112 (Molienda de granos y de semillas, y obtención de aceites y grasas) y la 3116 (Matanza, empaclado y procesamiento de carne de ganado, aves y otros animales comestibles), fueron eficientes en el período 2000-2014. Por otro lado, Canadá se caracterizó en el período estudiado por contar con la industria de alimentos, bebidas y tabaco más eficiente de los cuatro países estudiados. Específicamente, fueron las ramas industriales 3112 (Molienda de granos y de semillas, y obtención de aceites y grasas), 3117 (Preparación y envasado de pescados y mariscos), 3122 (Industria del tabaco), y 3113 (Elaboración de azúcares, chocolates, dulces y similares) las más eficientes. Las ramas de la industria de alimentos, bebidas y tabaco de Brasil al igual que México no fueron eficientes en el período 2000-2014. Sin embargo, fueron la 3122 (Industria del tabaco), la 3112 (Molienda

de granos y de semillas, y obtención de aceites y grasas), y la 3113 (Elaboración de azúcares, chocolates, dulces y similares) las que obtuvieron los mejores niveles de eficiencia.

Los resultados de la investigación concuerdan con los hallazgos presentados en los estudios de Castro y Salazar (2011), Coll y Blasco (2007), Esteban *et al.* (2002), Martínez y Martínez-Carrasco (2002), Molina y Castro (2015), Valderrama *et al.* (2015), y Velázquez, Gutiérrez y Félix (2013); quienes señalan la importancia del uso eficiente de los recursos para acrecentar el volumen de producción, la generación de valor agregado, las ventas y las exportaciones de los bienes industriales. De esta forma, se establece que la hipótesis de la investigación fue comprobada, ya que se demostró que fueron pocas ramas de la industria de alimentos, bebidas y tabaco de México, Estados Unidos, Canadá y Brasil eficientes en el período 2000-2014.

Dentro de las principales limitaciones de la investigación se encuentran el que no se incluyen otras variables relacionadas al factor capital, y el medio ambiente; no se posee información estadística de más años para robustecer el período de estudio; y no se determinó la evolución de la eficiencia y la productividad. Por último, las líneas de investigación a explorar en el futuro, orientadas a atender las limitaciones de la investigación, podrían ser las siguientes: a) identificar la incidencia de otro tipo variables en los niveles de eficiencia de las ramas industriales; b) ampliar el período de estudio; c) determinar la evolución de la eficiencia y la productividad; d) explorar la influencia de los factores institucionales y espaciales en el uso eficiente de los recursos; e) instrumentar modelos paramétricos que expliquen la relación existente entre el uso eficiente de los recursos y los niveles de desarrollo de las ramas y sectores industriales; y f) investigar el papel de las políticas públicas dirigidas a la utilización eficiente de los recursos en las ramas y sectores manufactureros.

Referencias

- Arzubi, A. y Berbel, J. (2002). Determinación de índices de eficiencia DEA en explotaciones lecheras de Buenos Aires. *Investigación Agraria: Producción y Sanidad animales*, 17(1-2): 103-123.
- Athanassopoulos, A. D. y Ballantine, J. A. (1995). Ratio and frontier analysis for Assessing Corporate Performance: Evidence from the grocery industry in the UK. *The Journal of the Operational Research Society*, 46(4): 427-440.
- Banker, R. D., Charnes, A. y Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9): 1078-1092.
- Bannister, G. J. y Stolp, C. (1995). Regional concentration and efficiency in Mexican manufacturing. *European Journal of Operational Research*, 80(3): 672-690.

- Becerril-Torres, O. U., Álvarez Ayuso, I. C., Vergara González, R. y Del Moral Barrera, L. E. (2012). Frontera tecnológica y eficiencia técnica sectorial en México: Un análisis envolvente de datos. *Ciencia Económica*, 30(1): 135–146.
- Canadian Socioeconomic Database from Statistics Canada (CANSIM). (2017). Manufacturing. <https://www.ic.gc.ca/app/scr/app/cis/search-recherche?lang=eng> (23 de julio de 2017).
- Castañón, R., Solleiro, J. L. y Del Valle, M. del C. (2003). Estructura y perspectiva de la industria de alimentos en México. *Comercio Exterior*, 53(2): 114–127.
- Castro Aristizábal, G. y Salazar Girón, R. J. (2011). Eficiencia financiera del sector industrial de agroquímicos, Colombia, 2005. *Economía, Gestión y Desarrollo*, (11): 91–119.
- Census Bureau. (2017). Annual Survey of Manufactures. https://factfinder.census.gov/faces/tableservices/jsf/pages/productview.xhtml?pid=ASM_2010_31GS101&prodType=table (23 de julio de 2017).
- Charnes, A., Cooper, W. W. y Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6): 429–444.
- Coelli, T., Rahman, S. y Thirtle, C. (2002). Technical, allocative, cost and scale efficiencies in Bangladesh rice cultivation: A non-parametric approach. *Journal of Agricultural Economics*, 53(3): 607–626.
- Coll Serrano, V. y Blasco Blasco, O. M. (2007). Evaluación de la eficiencia de la industria textil española: una aplicación del DEA. *Revista de Investigación Operacional*, 28(1): 61–91.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. y Tone, K. (2007). *Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software* (2nd ed.). New York, USA: Springer Science & Business Media.
- Debreu, G. (1951). The Coefficient of Resource Utilization. *Econometrica*, 19(3): 273–292.
- Esteban Álvarez, L., Gallizo Larraz, J. L. y Hernández García, J. M. (2002). Eficiencia técnica y convergencia en la industria manufacturera de la Unión Europea. *Estudios de Economía Aplicada*, 20(2): 381–401.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3): 253–290.
- García Prieto, C. (2002). Análisis de la eficiencia técnica y asignativa a través de las fronteras estocásticas de costes: Una aplicación a los hospitales de INSALUD. Tesis doctoral en Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Valladolid, Valladolid, España, 11-15.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. y Black, W. C. (1999). *Análisis Multivariante* (1era Ed.). Madrid, España: Prentice Hall.

- Hassan, M. K., Isik, I. y Mamun, A. (2010). Trade liberalization and industry performance in Bangladesh. *Journal of Policy Modeling*, 32(3): 399–417.
- Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE). (2017). Pesquisa Industrial Anual. <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/paic/quadros/brasil/2015> (23 de julio de 2017).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). Sector Manufacturero. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserPadre=116012900200#D116012900200> (23 de julio de 2017).
- Iyer, K. G., Rambaldi, A. N. y Tang, K. K. (2008). Efficiency externalities of trade and alternative forms of foreign investment in OECD countries. *Journal of Applied Econometrics*, 23(6): 749–766.
- Jajri, I. y Ismail, R. (2006). Technical efficiency, technological change and total factor productivity growth in Malaysian manufacturing sector (MPRA No. 1956). Malasia: University of Mala-ya. <http://mpr.ub.uni-muenchen.de/1956/> (23 de julio de 2017).
- Kim, C. S. (1997). Los efectos de la apertura comercial y de la inversión extranjera directa en la productividad del sector manufacturero mexicano. *El Trimestre Económico*, 64(255): 365–390.
- Koopmans, T. (1951). Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities. En *Activity Analysis of Production and Allocation*, editado por T. C. Koopmans, 33–97. New York, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Lall, P., Featherstone, A. M. y Norman, D. W. (2000). Productive efficiency and growth policies for the Caribbean. *Applied Economics*, 32(11): 1483–1493.
- Lo, F., Chien, C. y Lin, J. T. (2001). A DEA Study to Evaluate the Relative Efficiency and Investigate the District Reorganization of the Taiwan Power Company. *IEEE Transactions on Power Systems*, 16(1): 170–178.
- López-Roldán, P. y Fachelli, S. (2015). Metodología de la investigación social cuantitativa (1era Ed.). Bellaterra, Barcelona, España: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Martínez Paz, J. M. y Martínez-Carrasco Pleite, F. (2002). Las empresas de comercialización hortícola de Almería: Análisis no paramétrico de eficiencia técnica. *Estudios Agrosociales y Pesqueros*, (197): 105–128.
- Medina Viruel, M. J. (2014). Análisis de la gestión de las tecnologías de la información y comunicación en el sector del aceite de oliva ecológico. Tesis doctoral en ciencias sociales y jurídicas, Universidad de Jaen, 228-233.
- Milner, C. y Weyman-Jones, T. (2003). Relative national efficiency and country size: Evidence for Developing Countries. *Review of Development Economics*, 7(1): 1–14.
- Mok, V., Yeung, G., Han, Z. y Li, Z. (2010). Export orientation and technical efficiency: Clothing firms in China. *Managerial and Decision Economics*, 31(7): 453–463.

- Molina Romero, A. M. y Castro Aristizábal, G. (2015). Análisis de eficiencia del sector industrial manufacturero en cinco países suramericanos, 1995-2008. *Civilizar. Ciencias Sociales y Humanas*, 15(29): 93–112.
- Navarro Chávez, J. C. L. (2005). *La Eficiencia del Sector Eléctrico en México*. Morelia, Michoacán, México: ININEE- UMSNH.
- Navarro-Chávez, J. C., Ayvar-Campos F. J. y Giménez-García V. M. (2016). Generación de bienestar social en México: un estudio DEA a partir del IDH. *Economía, sociedad y territorio*. 16(52): 591-621.
- Perdomo, C., Andrés, J. y Carlos, J. (2007). Factores que afectan la eficiencia técnica y asignativa en el sector cafetero colombiano: Una aplicación con análisis envolvente de datos. *Desarrollo y Sociedad*, (60): 1–45.
- Portugal-Perez, A. y Wilson, J. S. (2012). Export performance and trade facilitation reform: Hard and soft infrastructure. *World Development*, 40(7): 1295–1307.
- Restrepo M, J. A. y Vanegas, J. G. (2014). Desempeño exportador del sector industrial en Colombia: Análisis de frontera eficiente. *Criterio Libre*, 12(21): 139–156.
- Schuschny, A. R. (2007). El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO₂ en América Latina y el Caribe. *Estudios Estadísticos y Prospectivos* No. 46. Santiago de Chile. http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4752/S0700014_es.pdf;jsessionid=20B552EC01B8B1AFD56E300A43E8B643?sequence=1 (23 de julio de 2017).
- Schwab, K. y Sala-i-Martin, X. (2017). *The Global Competitiveness Report*. Geneva, Switzerland. http://www3.weforum.org/docs/GCR2016-2017/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2016-2017_FINAL.pdf (23 de julio de 2017).
- Sistema de Clasificación de América del Norte (SCIAN). (2013). *Estructura del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte*. Aguascalientes, México. http://naics-scian.inegi.org.mx/default_e.aspx (23 de julio de 2017).
- Seijas Díaz, A. y Erias Rey, A. (2002). Estimación de la función de producción educativa: Una aplicación a los centros públicos de educación secundaria. IX Encuentro de Economía Pública. Hacienda y Medio Ambiente, 1-17. Vigo, España: Universidad de Vigo. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3132071> (23 de julio de 2017).
- Sourdin, P. y Pomfret, R. (2012). Measuring international trade costs. *The World Economy*, 35(6): 740–756.
- Tansini, R. y Triunfo, P. (1998). *Eficiencia técnica y apertura externa del sector manufacturero uruguayo*. Montevideo, Uruguay. <http://decon.edu.uy/publica/Doc498.pdf> (23 de julio de 2017).
- Tybout, J. (1991). The effects of trade reforms on scale and technical efficiency. *Journal of International Economics*, 31(3–4), 231–250.

- United Nations International Trade Statistics Database (COMTRADE). (2017). Trade Statistics. <https://comtrade.un.org/data/> (23 de julio de 2017).
- Valderrama Santibáñez, A. L., Neme Castillo, O. y Ríos Bolívar, H. (2015). Eficiencia técnica en la industria manufacturera en México. *Investigación Económica*, (294): 73–100.
- Varian, H. R. (1998). *Microeconomía intermedia: Un enfoque actual*. (4ta Ed.). Barcelona, España: Bosch, Antoni.
- Velázquez Villalpando, M. A., Gutiérrez Flores, L. y Félix Verduzco, G. (2013). Eficiencia técnica en México: un análisis regional y sectorial con envoltura de datos 2003-2008. *Smart Regions for Smarter Growth Strategy*. Oviedo, España: AER, 13. <http://old.reunionesdeestudiosregionales.org/Oviedo2013/htdocs/pdf/p866.pdf> (23 de julio de 2017).
- Wu, H.-L. (2005). A DEA approach to understanding the performance of Taiwan's Steel industries 1970-1996. *Asia Pacific Management Review*, 10(6): 349–356.

Anexos

Cuadro 1A
Indicadores Económicos de la Industria de Alimentos,
Bebidas y Tabaco de México (Outputs)

DMU	2000				2005				2010				2014			
	V	P	X	VA												
3111	1,666	1,698	28	255	2,976	3,138	40	394	4,026	4,102	77	753	5,311	4,937	83	856
3112	1,770	1,814	180	401	5,703	5,813	93	1,124	8,511	8,731	253	1,752	10,905	11,127	351	2,255
3113	2,901	2,885	465	913	4,967	5,018	319	1,907	6,698	7,050	528	2,651	6,421	6,784	885	2,507
3114	2,244	1,613	367	890	2,808	2,895	589	1,035	4,019	4,216	893	1,628	4,766	5,049	1,053	2,024
3115	5,211	5,354	82	1,657	7,332	7,436	119	2,297	8,048	8,196	72	2,295	9,119	9,343	295	2,788
3116	2,505	2,584	85	712	3,844	3,908	198	726	4,913	5,327	273	1,387	7,084	7,770	455	2,185
3117	276	279	34	59	544	590	47	126	727	731	115	180	812	831	119	171
3118	2,563	2,723	81	1,278	4,056	4,090	206	1,843	10,041	10,158	385	4,562	11,154	11,311	398	4,990
3119	4,087	5,214	37	2,578	5,547	5,605	523	3,065	7,440	7,544	956	3,834	10,188	10,337	1,222	5,478
3121	11,053	11,822	1,143	5,304	14,195	14,840	1,934	6,102	17,752	18,423	2,604	8,233	20,371	21,171	3,563	9,630
3122	1,587	1,625	43	1,118	2,252	2,282	14	1,822	3,015	3,196	36	2,624	3,033	3,143	47	2,613
Total	35,863	37,610	2,545	15,164	54,224	55,616	4,082	20,442	75,190	77,674	6,191	29,899	89,164	91,803	8,471	35,495

Nota: Ventas (V), Producción (P), Exportaciones (X), y Valor Agregado (VA). Las unidades están expresadas en millones de dólares americanos a precios corrientes.

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2017).

Cuadro 2A
Indicadores Económicos de la Industria de Alimentos, Bebidas y Tabaco
de México (Inputs)

DMU	2000			2005			2010			2014		
	CM	PO	RPO	CM	PO	RPO	CM	PO	RPO	CM	PO	RPO
3111	1,018	8	70	2,744	12	61	3,349	11	39	4,081	11	52
3112	1,413	12	6,463	4,689	24	271	6,980	28	284	8,872	29	295
3113	1,972	38	431	3,111	52	616	4,399	60	634	4,277	64	819
3114	1,411	33	248	1,860	33	288	2,588	40	281	3,026	42	315
3115	3,697	34	312	5,139	40	449	5,902	42	364	6,555	40	367
3116	1,871	30	263	3,182	49	325	3,940	54	349	5,585	62	461
3117	220	6	29	465	9	33	551	8	22	660	8	21
3118	1,445	47	552	2,246	50	638	5,596	329	1,229	6,321	315	1,325
3119	2,637	31	463	2,539	34	404	3,710	33	199	4,859	35	251
3121	6,519	110	1,162	8,738	94	1,191	10,189	117	912	11,541	110	939
3122	506	7	96	460	3	69	572	3	28	530	2	26
Total	22,709	358	10,089	35,174	399	4,346	47,775	724	4,341	56,308	718	4,869

Nota: Costo de Materiales (CM), Personal Ocupado (PO), y Remuneraciones (RPO). Las unidades de CM y RPO están expresadas en millones de dólares americanos a precios corrientes; y las de PO en personas.

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2017).

Cuadro 3A
Indicadores Económicos de la Industria de Alimentos, Bebidas y Tabaco
de Estados Unidos (Outputs)

DMU	2000				2005				2010				2014			
	V	P	X	VA												
3111	18,186	24,235	1,357	7,905	33,234	33,339	1,546	13,986	46,884	31,058	2,375	17,464	59,809	54,687	2,965	17,493
3112	19,611	44,831	5,803	17,758	57,526	59,480	6,438	20,996	82,999	63,187	12,775	28,675	97,082	91,387	14,870	23,665
3113	25,107	25,691	1,127	13,702	28,489	28,641	1,390	15,679	28,963	95,167	2,169	14,321	33,516	33,174	3,092	15,323
3114	45,282	50,332	2,752	25,888	54,863	54,961	3,096	27,136	64,331	175,497	4,930	29,332	72,067	70,168	6,609	32,276
3115	48,389	60,780	1,082	20,073	76,941	76,926	1,819	25,387	94,102	10,110	3,881	30,772	124,180	116,993	7,320	30,889
3116	105,952	119,365	9,186	35,601	149,820	150,437	9,469	53,878	175,589	59,062	16,958	57,558	222,181	219,137	23,654	61,422
3117	8,784	8,511	336	2,991	10,138	10,145	418	3,937	10,681	84,310	381	4,519	12,280	11,803	378	5,042
3118	44,725	47,981	664	31,048	53,663	53,666	919	34,998	58,888	91,689	1,529	36,015	68,396	64,648	2,187	38,842
3119	48,688	53,502	3,508	30,006	67,729	67,293	4,568	38,666	84,015	38,861	6,892	47,263	100,998	99,559	9,602	50,005
3121	65,615	63,183	1,700	30,009	81,382	80,922	2,207	43,891	92,860	91,689	5,269	47,083	108,199	106,934	8,292	57,910
3122	45,168	48,509	1,962	41,438	42,703	42,714	1,341	217	38,985	14	496	32,912	37,293	35,857	668	29,763
Total	475,508	546,922	29,477	256,420	656,488	658,524	33,209	278,770	778,297	740,645	57,654	345,914	936,000	904,347	79,637	362,630

Nota: Ventas (V), Producción (P), Exportaciones (X), y Valor Agregado (VA). Las unidades están expresadas en millones de dólares americanos a precios corrientes.

Fuente: Elaboración propia con base en Census Bureau (2017).

Cuadro 4A

Indicadores Económicos de la Industria de Alimentos, Bebidas y Tabaco de Estados Unidos (Inputs)

DMU	2000			2005			2010			2014		
	CM	PO	RPO									
3111	16,409	49	1,670	19,300	44	1,833	29,430	44	2,081	42,383	44	2,342
3112	27,234	57	2,388	36,567	53	2,612	54,774	50	2,837	73,040	52	3,066
3113	12,079	84	2,676	12,706	68	2,695	14,940	62	2,718	18,083	68	3,192
3114	24,402	181	5,131	27,583	167	5,607	34,987	165	6,391	39,758	163	6,779
3115	40,825	132	4,578	51,778	128	5,334	63,503	132	6,253	93,468	132	6,824
3116	83,978	486	11,502	96,379	493	13,404	118,736	480	15,126	161,033	477	16,370
3117	5,539	42	983	6,195	39	1,171	6,138	29	1,081	7,250	32	1,284
3118	16,932	319	8,925	18,800	275	8,786	22,880	248	9,142	29,533	239	9,579
3119	24,172	155	4,805	29,089	174	6,389	37,226	155	6,788	51,546	167	8,134
3121	33,794	146	5,495	37,980	124	5,802	45,597	119	6,049	50,868	134	7,496
3122	7,078	28	1,550	5,435	21	1,278	6,056	14	934	7,518	13	804
Total	292,441	1,680	49,702	341,812	1,585	54,910	434,264	1,497	59,399	574,479	1,521	65,872

Nota: Costo de Materiales (CM), Personal Ocupado (PO), y Remuneraciones (RPO). Las unidades de CM y RPO están expresadas en millones de dólares americanos a precios corrientes; y las de PO en personas. Fuente: Elaboración propia con base en Census Bureau (2017).

Cuadro 5A

Indicadores Económicos de la Industria de Alimentos, Bebidas y Tabaco de Canadá (Outputs)

DMU	2000				2005				2010				2014			
	V	P	X	VA	V	P	X	VA	V	P	X	VA	V	P	X	VA
3111	3,422	4,549	353	1,010	4,712	4,920	379	928	6,226	6,682	6,488	995	8,080	8,509	814	1,598
3112	3,733	4,775	1,111	1,214	5,323	5,431	1,712	1,408	8,281	8,578	8,328	1,999	10,374	10,791	5,350	2,378
3113	1,979	1,897	692	996	3,289	3,472	1,360	1,441	4,306	4,729	4,592	1,444	3,725	3,994	2,010	1,505
3114	4,015	4,357	916	1,650	5,311	6,308	1,607	1,824	6,782	8,071	7,836	2,445	6,362	7,429	2,366	2,735
3115	7,011	9,561	250	1,850	10,850	12,277	321	1,974	14,064	15,790	15,330	3,411	12,786	13,663	381	3,494
3116	12,541	18,421	2,936	2,943	18,007	18,375	4,607	4,865	23,012	23,473	22,789	5,747	23,801	24,698	6,182	5,714
3117	2,847	3,906	1,987	816	3,554	4,137	2,586	939	3,918	4,460	4,330	1,177	4,200	4,579	3,141	1,106
3118	3,293	2,937	654	1,697	5,322	5,504	1,132	2,414	8,006	8,005	7,772	3,763	8,320	8,409	2,089	3,898
3119	3,305	3,279	700	1,565	5,238	5,069	1,119	2,222	7,163	7,261	7,049	2,915	8,797	9,134	1,816	3,719
3121	6,211	4,818	958	3,641	8,592	7,996	900	5,216	10,571	10,149	9,853	6,060	10,703	10,854	917	6,217
3122	2,086	1,223	87	1,458	2,262	1,889	121	1,652	1,377	1,323	1,284	1,030	1,468	1,811	105	1,133
Total	50,442	59,723	10,644	18,840	72,459	75,376	15,844	24,884	93,706	98,520	95,651	30,986	98,617	103,872	25,170	33,498

Nota: Ventas (V), Producción (P), Exportaciones (X), y Valor Agregado (VA). Las unidades están expresadas en millones de dólares americanos a precios corrientes. Fuente: Elaboración propia con base en CANSIM (2017).

Cuadro 6A

Indicadores Económicos de la Industria de Alimentos, Bebidas y Tabaco de Canadá (Inputs)

DMU	2000			2005			2010			2014		
	CM	PO	RPO									
3111	2,203	13	291	2,955	9	339	4,383	8	380	5,301	10	478
3112	2,349	8	225	3,442	7	282	5,670	7	389	7,362	8	404
3113	951	11	289	1,769	13	468	2,614	10	457	2,045	11	434
3114	2,049	24	467	2,705	21	620	3,424	22	801	3,225	19	708
3115	4,480	20	485	7,363	21	744	9,201	23	1,018	8,382	22	110
3116	8,924	65	1,230	12,201	68	1,965	16,052	70	2,661	16,792	57	2,374
3117	1,908	32	387	2,367	31	454	2,495	30	555	2,915	21	566
3118	1,420	34	651	2,444	37	1,018	3,508	39	1,463	3,732	44	1,412
3119	1,588	23	461	2,426	21	690	3,371	24	994	4,232	30	1,015
3121	2,344	27	778	2,968	23	882	3,812	25	1,139	4,082	30	1,436
3122	605	3	117	459	2	140	261	1	129	278	3	188
Total	28,819	261	5,381	41,099	252	7,604	54,791	259	9,985	58,346	254	9,123

Nota: Ventas (V), Producción (P), Exportaciones (X), y Valor Agregado (VA). Las unidades están expresadas en millones de dólares americanos a precios corrientes. Fuente: Elaboración propia con base en CANSIM (2017).

Cuadro 7A
Indicadores Económicos de la Industria de Alimentos, Bebidas y Tabaco de Brasil (Outputs)

DMU	2000				2005				2010				2014			
	V	P	X	VA	V	P	X	VA	V	P	X	VA	V	P	X	VA
3111	1,349	1,757	12	501	3,460	4,225	25	1,474	4,113	13,158	79	2,854	6,202	13,749	102	2,923
3112	10,959	10,244	1,215	2,540	19,979	19,538	2,243	5,932	44,363	39,658	6,377	11,286	43,028	38,845	10,035	11,348
3113	7,159	7,854	796	3,097	11,736	11,868	1,847	5,531	30,902	33,078	7,596	16,385	29,430	31,179	4,236	15,674
3114	2,371	2,383	620	829	342	3,286	513	999	7,525	7,289	1,133	2,967	6,022	6,814	961	2,719
3115	6,744	5,754	14	2,140	6,292	7,427	74	2,312	15,312	19,918	170	7,557	13,336	18,419	225	6,833
3116	10,416	10,721	165	2,798	19,340	18,743	368	6,016	42,674	435,368	806	13,263	41,487	403,874	632	13,090
3117	10,991	11,325	19	3,029	970	677	12	330	1,091	1,336	27	564	3,508	3,530	18	702
3118	2,817	2,825	29	1,407	341	3,671	49	1,856	9,074	8,190	94	4,403	7,256	7,583	89	4,086
3119	1,869	2,632	1,231	670	3,764	4,351	1,353	1,819	8,329	7,928	3,706	3,304	8,166	7,662	3,264	3,383
3121	8,157	7,890	58	4,410	10,997	10,476	343	5,580	28,903	27,061	631	15,044	26,889	25,125	455	13,873
3122	1,962	1,903	460	1,095	3,571	3,239	702	1,363	6,173	6,130	1,569	2,820	6,067	5,939	1,065	2,592
Total	64,794	65,287	4,619	22,517	80,793	87,502	7,530	33,211	198,459	599,115	22,187	80,446	191,391	562,720	21,079	77,223

Nota: Ventas (V), Producción (P), Exportaciones (X), y Valor Agregado (VA). Las unidades están expresadas en millones de dólares americanos a precios corrientes.

Fuente: Elaboración propia con base en IBGE (2017).

Cuadro 8A
Indicadores Económicos de la Industria de Alimentos, Bebidas y Tabaco de Brasil (Inputs)

DMU	2000			2005			2010			2014		
	CM	PO	RPO	CM	PO	RPO	CM	PO	RPO	CM	PO	RPO
3111	1,710	14	83	3,748	25	168	11,026	30	413	6,303	8	403
3112	10,470	62	436	5,869	80	624	41,369	97	1,437	35,615	48	1,350
3113	7,824	153	669	11,291	280	1,204	30,532	383	4,034	28,640	66	3,846
3114	2,446	44	155	3,611	62	317	7,268	69	690	6,879	36	678
3115	5,560	60	368	7,517	71	476	17,743	87	932	16,526	48	863
3116	10,401	196	765	17,932	323	1,291	42,012	407	3,386	40,397	119	3,235
3117	11,002	9	36	567	13	51	1,222	15	110	3,530	7	103
3118	2,707	86	366	3,410	96	438	7,432	119	1,086	6,845	71	993
3119	1,964	47	263	4,112	51	329	7,512	59	697	7,490	41	641
3121	7,318	88	643	9,142	97	725	24,265	135	1,762	22,336	64	1,594
3122	1,585	14	147	3,242	22	218	5,183	17	477	5,206	15	451
Total	62,987	773	3,930	70,441	1,119	5,841	195,564	1,419	15,025	179,767	522	14,157

Nota: Costo de Materiales (CM), Personal Ocupado (PO), y Remuneraciones (RPO). Las unidades de CM y RPO están expresadas en millones de dólares americanos a precios corrientes; y las de PO en personas.

Fuente: Elaboración propia con base en IBGE (2017).

Cuadro 9A
Matriz de correlaciones de los inputs

		CM	PO	RPO
Costo de materiales	Correlación de Pearson	1	.703*	.795**
	Sig. (bilateral)		0.016	0.003
	N	11	11	11
Personal Ocupado	Correlación de Pearson	.703*	1	.971**
	Sig. (bilateral)	0.016		0
	N	11	11	11
Remuneraciones P.O.	Correlación de Pearson	.795**	.971**	1
	Sig. (bilateral)	0.003	0	
	N	11	11	11

Nota: Costo de Materiales (CM), Personal Ocupado (PO), y Remuneraciones (RPO).

Fuente: Elaboración propia con base en los cuadros 1A a 8A del Anexo; y utilizando el software SPSS.

Cuadro 10A
Test KMO y prueba de Bartlett para los inputs

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		0.693
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	5.783
	gl	1
	Sig.	0.016

Fuente: Elaboración propia con base en los cuadros 1A a 8A del Anexo; y utilizando el software SPSS.

Cuadro 11A
Varianza total explicada de los inputs

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	1.703	85.126	85.126	1.703	85.126	85.126
2	0.297	14.874	100			

Fuente: Elaboración propia con base en los cuadros 1A a 8A del Anexo; y utilizando el software SPSS.

Cuadro 12A
Comunalidades de los inputs

	Inicial	Extracción
Costo de materiales	1	0.851
Personal Ocupado	1	0.851

Fuente: Elaboración propia con base en los cuadros 1A a 8A del Anexo; y utilizando el software SPSS.

Cuadro 13A
Matriz de componentes de los inputs

	Componente
	1
Costo de materiales	0.923
Personal Ocupado	0.923

Fuente: Elaboración propia con base en los cuadros 1A a 8A del Anexo; y utilizando el software SPSS.