
Eficiencia de las empresas manufactureras de Ecuador del 2007 al 2018: dos enfoques de análisis intraindustrial



Efficiency in Ecuadorian Manufacturing Firms during 2007-2018: two different approaches of intra-industry analysis

Cobos-Salvador, Ariel; Armijos-Yambay, Mary

Ariel Cobos-Salvador

acobos@espol.edu.ec

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL),
Ecuador

Mary Armijos-Yambay

marmijosy@supercias.gob.ec

Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros,
Ecuador

X-Pedientes Económicos

Superintendencia De Compañías, Valores Y Seguros, Ecuador

ISSN-e: 2602-831X

Periodicidad: Cuatrimestral
vol. 4, núm. 8, 2020

scaminom@supercias.gob.ec

Recepción: 05 Enero 2020

Aprobación: 24 Abril 2020

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/392/3921938004/index.html>

Resumen: Esta investigación analiza la eficiencia de la industria manufacturera ecuatoriana en el período 2007-2018 considerando dos diferentes clasificaciones intraindustriales. Para estudiar la eficiencia de las empresas desde dos perspectivas diferentes se utiliza la clasificación de los subsectores de la taxonomía de Pavitt (1984) y la clasificación de Díaz & Sánchez (2008). Además, se emplea el modelo Análisis Envoltante de Datos (DEA, acrónimo en inglés) no paramétrico orientado a productos con retornos variables a escala. Los datos provienen de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros (SCVS). Los resultados muestran que los subsectores relacionados con la producción de maquinaria y metales son eficientes en el período del estudio según la clasificación de Pavitt y Díaz, Sánchez. También se identifica que los subsectores dominados por los proveedores, que incluyen las empresas más tradicionales de manufactura y el subsector de proveedores especializados son los más eficientes. Mientras que el sector basado en la ciencia, que comprende la producción en conjunto con la investigación y que puede provenir de la academia, es uno de los que presenta niveles de eficiencia más bajo. Esto sugiere la necesidad de innovación a través del impulso de investigación y desarrollo en las industrias manufactureras y de establecer alianza entre la academia y el sector productivo.

Palabras clave: Eficiencia, Análisis Envoltante de Datos, industria manufacturera.

Abstract: This research article seeks to evaluate and analyze the efficiency of the Ecuadorian manufacturing industry in the period 2007-2018 considering intra-industry classifications. Pavitt Taxonomy Sub-sectors classification (1984) and Diaz's classification are used to analyze the performance of companies from two different perspectives. A non-parametric DEA model oriented to outputs with variable returns to scale is used. Data is obtained from the Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros (SCVS). The results obtained show that both Pavitt's and Diaz's classifications have efficient subsectors related to other manufacturing industries. The sub-sectors related to machinery and metal production are efficient throughout the study period according to Pavitt's and Diaz's classification. We also identify that the subsectors that are dominated by suppliers, which include the most traditional manufacturing companies and the subsector of specialized suppliers are the most efficient.

While the science-based sector that comprises the production allied with research that may come from academia, has low levels of efficiency. This suggests the need for innovation through the promotion of research and development in manufacturing industries or the cooperation of the academy with the productive sector

Keywords: Efficiency, DEA, manufacturing industry.

I.INTRODUCCIÓN

El sector manufacturero es uno de los sectores que más contribuye al PIB en las economías desarrolladas, mientras que en las economías en desarrollo se encuentra entre los tres principales sectores que más generan valor añadido, empleo y crecimiento económico (Hallward-Driemeier & Nayyar, 2017). En Ecuador, este sector contribuye en promedio en un 14% al PIB y con más del 20% al empleo, ventas y utilidad de las empresas formales del país (Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros, 2020)

La evaluación de la eficiencia permite examinar si los insumos (inputs) utilizados para producir (outputs) se utilizan sin desperdiciar recursos, logrando así los objetivos operativos y de rentabilidad. Para esto se realiza un análisis intraindustrial, es decir se segmenta en subsectores a esta industria, debido a que el sector manufacturero es muy heterogéneo. En este estudio, se usan dos clasificaciones diferentes para calcular los puntajes de eficiencia. Por un lado, se utiliza la clasificación de subsectores de la taxonomía propuesta por Pavitt (1984) y, por otro lado, la clasificación de los sectores propuesta por Díaz y Sánchez (2008). Pavitt (1984) hace un desglose intraindustrial sobre los patrones sectoriales de cambio técnico y clasifica a las empresas según un enfoque que evalúa las características del proveedor. Díaz y Sánchez (2008) hacen un desglose intraindustrial clasificado en 7 sectores de actividad económica que se centra en las características del producto que se fabrica. Estos dos enfoques permiten que una industria heterogénea pueda ser analizada desde diferentes dimensiones y así poder realizar una evaluación más amplia.

El objetivo principal de este artículo es analizar la industria manufacturera ecuatoriana en el periodo 2007- 2018 considerando dos diferentes clasificaciones intraindustriales. Este artículo propone directrices para el mejoramiento de la eficiencia del sector manufacturero. Además, este trabajo pretende presentar indicios acerca de las áreas de la industria manufacturera que aún necesitan ser más estudiadas. Para lograr este objetivo, se utilizan datos que provienen de los estados financieros de las empresas ecuatorianas que están publicados en el portal de información de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros, institución pública encargada de supervisar a las empresas. Específicamente, se usan los estados de resultado que contienen información de los ingresos, costos de ventas, gastos administrativos, utilidad de la empresa, entre otras variables.

Las principales preguntas que se busca responder en esta investigación son: ¿Qué subsectores de la industria manufacturera son más eficientes y cuáles tienen niveles bajo de eficiencia? Luego de responder esta pregunta se procede a analizar qué políticas podrían mejorar la eficiencia de los subsectores ineficientes. Este análisis es relevante debido a que las empresas son agentes fundamentales del sector económico que afectan al bienestar de la sociedad. Al ser más eficientes las empresas, estas podrían mejorar nivel económico y bienestar social. En este tipo de análisis, se suelen utilizar dos técnicas de frontera para captar la eficiencia de las empresas: el DEA y el Análisis de Frontera Estocástica (SFA, acrónimo en inglés) (Moreira & Bravo-Ureta, 2010). El método paramétrico (SFA) requiere necesariamente la especificación de la forma funcional de la frontera y las suposiciones relativas a la distribución del término de error. Por el contrario, el método no paramétrico (DEA) no requiere estas condiciones. En esta investigación se usa el método DEA, por su flexibilidad. Es decir, no necesita que se defina la forma de la frontera, evitando que los factores subyacentes causen una

reducción tanto en el cálculo como en los errores. El principal aporte de este documento es el análisis por subsectores de la industria manufacturera basado en dos diferentes enfoques de clasificación.

Se espera que las empresas manufactureras del Ecuador tengan un buen desempeño a nivel de eficiencia técnica porque tienen una alta participación en los ingresos por ventas, así como en los empleos que proporciona este sector. Los resultados obtenidos muestran que según la clasificación de los subsectores de la Taxonomía Pavitt en promedio los sectores relacionados con la producción tradicional de la industria manufacturera como papel, madera, metales y otras industrias manufactureras son los más eficientes y, durante ciertos años, los sectores relacionados con la producción de industrias químicas y farmacéuticas son los menos eficientes. Por otra parte, según la clasificación de Díaz, los sectores más eficientes son los relacionados con la producción de metal y otras industrias manufactureras y los menos eficientes pertenecen a la producción de alimentos, ropa, calzado, maquinaria de oficina y materiales eléctricos.

El documento está organizado de la siguiente manera: en la sección II se incluye una revisión literaria de estudios pasados sobre eficiencia, qué enfoques econométricos son básicos en este tipo de análisis y qué resultados se han encontrado. En la sección III se describe la estrategia empírica utilizada para obtener los resultados que se exponen en la sección IV. Finalmente, en la sección V se presentan los resultados y las principales conclusiones.

II. REVISIÓN LITERARIA

Es muy importante medir la eficiencia de una empresa porque brinda información relevante para la toma de decisiones. La eficiencia es uno de los criterios que determinan si una empresa puede permanecer o no en el mercado, cuando una empresa es ineficiente no puede competir con otras (Mujaddad, Nawaz & Anwar, 2018). Existen diferentes medidas de eficiencia, como la maximización de la producción, minimización de los costos o la maximización de los beneficios (Thanassoulis, 2001). Además, se considera que una empresa es técnicamente eficiente (TE) cuando es capaz de obtener el máximo output dado una cantidad determinada de inputs o de minimizar los inputs utilizados en la producción para generar una cantidad determinada de outputs (Tahir & Memon, 2011). Por esta razón, uno de los principales objetivos empresariales es mejorar el rendimiento de las empresas (Mohamad & Said, 2010).

Según Mayes, Harris & Lansbury (1994) el concepto de eficiencia indica si una empresa puede producir utilizando los recursos o insumos mínimos como capital y mano de obra, y es capaz de seguir siendo competitiva durante un largo tiempo. Además, según Duzakın & Duzakın (2007) la evaluación del rendimiento de las empresas tiene dos características básicas: i) muestra los efectos de las decisiones pasadas, y ii) muestra la formación de la estructura financiera de cualquier empresa o industria. La medición de la eficiencia ha sido la principal motivación para el estudio de la forma funcional de la frontera. La frontera se utiliza para medir la eficiencia de las unidades de producción comparando los resultados potenciales y observados. La literatura sobre la estimación de las funciones de frontera para medir la eficiencia económica de las empresas se ha desarrollado en diferentes direcciones. Los diferentes enfoques de las fronteras de la producción, los costos y los beneficios se utilizan para estimar los componentes de la eficiencia económica. El primero es una medida de la posible reducción de los insumos para producir un determinado nivel de producto, o, alternativamente, el aumento potencial del producto para un determinado nivel de insumos y tecnología, mientras que el segundo es una medida de la posible reducción del costo de utilizar las proporciones correctas de los insumos para producir un determinado nivel de producto (Heshmati, 2003).

Los estudios acerca de las fronteras y la medición de la eficiencia comenzaron formalmente con el trabajo seminal de Farrell (1957) que proporcionó definiciones y un marco computacional tanto para el análisis de eficiencia para el método paramétrico y no paramétrico. Estos métodos son los dos enfoques alternativos más importantes y han sido ampliamente estudiados como metodologías por derecho propio y aplicados ubicuamente a diferentes contextos (Cullinane, Wang, Song, & Ji, 2006). Según Greene (2008) el enfoque

econométrico acerca del análisis de eficiencia se refiere a la producción de la frontera caracterizada por una función de producción o función de transformación suave, continua y diferenciable y cuasi cóncava. La medición empírica de la eficiencia técnica requiere la definición de la función de transformación. Para la mayoría de análisis se usa la función de producción con un solo output, que puede ser hecha en base al estilo de Farrell, la cual es la medida convencional de la productividad total de los factores. El marco econométrico incluye la interpretación de Farrell y la definición de la función de producción. El modelo de producción es usualmente lineal en los logaritmos de las variables.

El análisis econométrico formal de este tipo de modelos como funciones de producción fronteriza comienza con los trabajos de Aigner & Chu (1968) con una reformulación de la función de producción de Cobb-Douglas. A diferencia de la mayoría de los enfoques econométricos tradicionales, el método DEA no requiere muchas restricciones en la frontera de producción subyacente, o una especificación exógena de la forma paramétrica de la función de producción. El enfoque no paramétrico para la medición de la eficiencia produce subproductos útiles para la gestión de las DMUs. Además de desarrollar clasificaciones de eficiencia relativa para las DMU (unidades de toma de decisiones), los modelos de eficiencia proporcionan información sobre la medida en que cada input utilizado por una DMU ineficiente podría reducirse sin reducir ninguno de sus productos, aunque manteniendo las relaciones de mezcla de inputs aproximadamente sin cambios. Los encargados de la DMU a menudo deben ocuparse de algunos insumos que no controlan, en tales casos, la información sobre la medida en que una variable de entrada exógenamente fija puede reducirse no es significativa para el encargado de la DMU (Banker & Morey, 1986).

Charnes, Cooper & Rhodes (1978) presentaron un método, llamado DEA CCR, para medir la eficiencia relativa de los DMU que tienen las mismas entradas y salidas múltiples. La característica esencial de este método es la reducción de la DMU con múltiples outputs e inputs a la de outputs e inputs virtuales únicas. Esto motivó a Charnes, Cooper, Seiford & Stutz (1982) a desarrollar un modelo multiplicativo para el análisis de la eficiencia que es más simple en ciertos aspectos, lo que puede resultar ventajoso en las aplicaciones, interpretaciones y extensiones de otras teorías. Sin embargo, hay varios métodos de análisis de la eficiencia; por ejemplo, para el enfoque de frontera no paramétrica se tiene el Análisis Envolvente de Datos (DEA), Cobertura de Disposición Libre (FDH, por su acrónimo en inglés), técnicas de Bootstrap, métodos de dos etapas y métodos de tres etapas para el caso del DEA que pueden incluir estimaciones robustas. Entre las aplicaciones incluyen la corrección de sesgo e intervalos de confianza para las puntuaciones de eficiencia, por ejemplo, las aplicaciones a los índices de Malmquist y sus diversas descomposiciones de Simar & Wilson (1999), procedimientos de prueba para evaluar los rendimientos a escala de Simar & Wilson (2002), procedimientos estadísticos para comparar los promedios de varios grupos de producción se pueden encontrar en Simar & Zelenyuk (2003), economías de escala y alcance, efectos de la edad, escala y concentración de las firmas en un sistema de investigación pública, los efectos de la permanencia de los gerentes, la edad de fondo y su interacción se encuentra en el estudio de Daraio & Simar (2007).

El DEA optimiza cada observación individual y calcula la eficiencia relativa a cada DMU. También identifica, para el caso de una DMU ineficiente, las fuentes y el nivel de ineficiencia de cada una de los inputs y outputs. El nivel de ineficiencia se determina mediante la comparación de una DMU de referencia única o una combinación convexa de otras DMU. Estas DMU de referencia están situadas en la frontera de la eficiencia, y utilizan el mismo nivel de inputs y producen niveles similares de outputs. Además, aunque los enfoques paramétricos asumen una forma funcional explícita para la frontera (y frecuentemente para la distribución) de los términos de eficiencia, DEA no requiere ninguna suposición sobre la forma funcional según Charnes, Cooper, Lewin, & Seiford, (1994); Golany & Roll (1989); Seiford & Thrall (1990). Las primeras aplicaciones fueron hechas principalmente en organizaciones públicas pero también se han aplicado en el sector privado y al análisis del rendimiento regional en Ali & Lerme (1990); Ali, Lerme & Nakosteen (1993); Chang, Hwang & Cheng (1995); Charnes, Cooper & Li (1989). A continuación, en la Tabla 1,

se muestra una amplia descripción de estudios de manufactura que incluyen la técnica (método), variables inputs y outputs, país, y período en análisis.

TABLA 1
Identificación de variables inputs y outputs de varios estudios sobre la industria manufacturera.

Autores	País/Periodo	Inputs	Outputs	Técnica
Al-Shammari (1999)	Jordania/1995	Número de empleados	Valor del mercado	DEA basado en holguras (SBM)
	1996	Capital pagado Activo fijo	Ventas netas Utilidad neta	
Duzakin & Duzakin (2007)	Turquía/2003	Número de empleados Activo neto Acciones comunes	Ganancias	Super modelo basado en holguras
Liu & Wang (2009)	Taiwán/2005	Número de empleados Costo operativo Costo de (I+D)	Ingreso operativo Ventas Volumen de producto	Modelo de dos etapas DEA
Keramidou, Mimis & Pappa (2011)	Grecia/1994-2007	Costo de capital Materi prima Número de empleados	Venta total	DEA Bootstrap doble
Tahir & Memon (2011)	Pakistán/2006-	Gasto total	Ventas	DEA Charnes, Cooper & Rhodes (CCR) DEA Bankers, Cooper & Charnes (BCC)
	2010	Activo total	Ganancia antes de impuesto	

Elaboración: Los autores

TABLA 1

Identificación de variables inputs y outputs de varios estudios sobre la industria manufacturera.

Haron & Arul (2012)	Kenia/ 2009-2011	Materia prima Gasto de personal Plant & machinery	Ventas netas Utilidad neta	DEA CCR
Herrera, Mendoza & Cadavid (2015)	Barranquilla / 2010	Inventario Propiedad, planta y equipo Activo corriente Pasivo	Utilidad operativa	DEA CCR
Mujaddad & Ahmad (2016)	Pakistán/ 1995-1996 2000-2001 2005-2006	Capital Mano de obra Costo industrial Costo no industrial	PIB	DEA doble arranque
Li & Lin (2016)	China/2006 -2010	Capital social Fuerza laboral Consumo de energía	Producción industrial bruta Emisiones de CO ₂	Modelo de tres etapas DEA
Bwana & Ally (2019)	Tanzania/2010- 2014	Materia prima Gasto de personal Propiedad, planta y equipo	Ventas netas Utilidad neta	DEA CCR DEA BCC

Elaboración: Los autores

En la Tabla 1, se encuentra el trabajo de Liu & Wang (2009) que analizó la eficiencia de 17 empresas manufactureras que contribuyen a la placa de circuito impreso (PCB) en Taiwán aplicando el modelo DEA de dos etapas en el período de 2005. Los autores incluyeron tres variables inputs: costo de investigación y desarrollo, número de empleados y costo de operación, e incluyeron tres variables de salida: ingresos de operación, ventas y volumen de producción. También, evaluaron dos subprocesos: la adquisición de la producción y la obtención de beneficios y comprobaron que ninguna de las empresas manufactureras se desempeñaba eficientemente tanto en la etapa de adquisición de la producción como en la de obtención de beneficios. Además, el bajo puntaje de eficiencia de todo el proceso de producción se debe principalmente al bajo puntaje de eficiencia del proceso de generación de ganancias.

Bwana & Ally (2019) examinaron el rendimiento de las empresas manufactureras que cotizan en bolsa en Tanzania aplicando el DEA de Charnes, Cooper & Rhodes (CCR) y el DEA de Banker, Charnes, Cooper (BCC) durante el período 2010 a 2014³. Los autores utilizaron la orientación a los insumos y la correlación de Pearson para probar la correlación positiva entre las variables inputs y outputs. En el estudio, se utilizan tres variables inputs como materias primas, propiedad, planta y equipo y gastos de personal y dos variables de productos como ventas netas y ganancias después de impuestos (utilidad neta). Entre las conclusiones, los autores descubrieron que Tanzania Cigarette Company tenía un rendimiento relativamente mejor en términos de eficiencia técnica pura (PTE, acrónimo en inglés) y eficiencia de escala (SE, acrónimo en inglés), con una puntuación media de eficiencia del 98% y 99 % respectivamente. En cambio, la empresa Tanzania Oxygen Limited experimentó dificultades en cuanto a la PTE y la Eficiencia en Escala, con una puntuación media de eficiencia del 72% y el 45% respectivamente. Por otra parte, los resultados a la escala muestran que no hubo ninguna empresa que experimentara sistemáticamente un aumento constante a escala.

Por su parte, Keramidou, Mimis & Pappa (2011) calcularon la eficiencia técnica para la industria de salchicha en Grecia durante el período 1994-2007, utilizaron el análisis envoltante de datos de doble arranque (double bootstrap). Los autores utilizaron el costo del capital, el costo de la materia prima, el

número de empleados como inputs y total de venta como productos. En el estudio, comprobaron que el tamaño de la empresa y la flexibilidad productiva contribuyen negativamente a la eficiencia. Además, encontraron que el nivel de consumo nacional de embutidos, la integración de la empresa en un grupo, los conocimientos y aptitudes de los empleados, así como la expansión internacional de las empresas son determinantes importantes para mejorar el rendimiento. Keramidou, Mimis & Pappa (2011) mencionan que la integración de Grecia en la Unión Económica y Monetaria de la unión europea y la edad de la empresa, así como varias prácticas de gestión relacionadas con la integración vertical, las actividades de innovación de la empresa y la intensidad de capital no tienen un impacto estadístico significativo en el rendimiento.

Por otra parte, Haron & Arul (2012) evaluaron la eficiencia de 30 empresas manufactureras en Kenia durante el período 2009-2011 con el enfoque orientado a los insumos del modelo DEA-CCR. Los autores utilizan tres variables de inputs como materias primas, gastos de personal y propiedad, planta y quipo, dos variables outputs como venta neta y ganancias después de impuestos (utilidad neta). Además, en el estudio se constata que una empresa de gran tamaño, 2 empresas medianas y 3 empresas de pequeño tamaño operan con el tamaño de escala más productivo a lo largo del período de tres años.

En general, se han realizado estudios sobre la eficiencia del sector manufacturero tanto en los países en desarrollo como países desarrollados, y muchos de ellos han hecho sus análisis basándose en el tamaño de las empresas, análisis individual de las empresas y sectores industriales. Esta investigación busca aportar a la literatura del análisis de eficiencia, a través del enfoque de diferentes clasificaciones intraindustriales que permiten analizar la eficiencia desde diferentes dimensiones.

III. DISEÑO Y ESTRATEGIA EMPÍRICA

Datos

Los datos contienen información anual del estado de resultados de las empresas ecuatorianas del 2007 al 2018⁴. Esta información financiera fue obtenida a través del portal de información de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros (2020), ente encargado de supervisar la actividad económica de todas las empresas ecuatorianas. La muestra está formada en total por un número que fluctúa entre 50000 y 65000 empresas debido a la entrada y salida del mercado de algunas compañías. Debido a que se realizaron dos clasificaciones, la de los subsectores de la taxonomía de Pavitt (1984) y también la clasificación sectorial de Díaz & Sánchez (2008), se cuenta con dos bases de datos. Cada una está compuesta por las variables inputs y outputs, variable año, variables binarias correspondiente a cada clasificación. Fue necesario generar dos bases separadas debido a que se calculó la mediana por subsector de las variables a usar en el DEA, y para eso se dejó solo una observación por subsector. En el caso de la clasificación de Pavitt solo quedaron 4 observaciones por año. En el caso de la clasificación de Díaz & Sánchez quedaron 7 observaciones por año. Para este estudio, se seleccionaron como variables inputs activo total, capital y variables outputs ventas netas y ganancias (utilidad neta).

Métodos para calcular la eficiencia

Varios estudios se han realizado para analizar la eficiencia de las empresas utilizando métodos convencionales como coeficientes de ratios financieros, métodos paramétricos conocido como Análisis de Frontera Estocástica (SFA) y métodos no paramétricos como el Análisis Envoltente de Datos (DEA). La técnica de análisis de ratios financieros se aplica como la observación de una relación entre la variable input y output durante un determinado periodo (Duzakın & Duzakın, 2007). Por otra parte, DEA utiliza múltiples inputs y outputs que podrían utilizarse en la estimación de las funciones de producción y se han empleado extensivamente para estimar medidas de eficiencia técnica en diversas industrias (Constantin, Martin, Rivera, & De, 2009), (Khoshroo, Mulwa, Emrouznejad, & Arabi, 2013). SFA requiere necesariamente la especificación de la forma funcional y supuestos relativos a la distribución del término error. Por el contrario, DEA no requiere estas condiciones. Este método no paramétrico asume que las unidades de tomas de

decisiones (DMUs) son producidas por los agentes económicos (Mujaddad & Ahmad, 2016). Las entidades que se evalúan con la técnica DEA se llaman DMUs, término con el que se puede referir a un conjunto de unidades que pueden ser secciones de empresas, organizaciones, entidades territoriales e incluso países (Restrepo & Villegas, 2007).

Variables inputs y Outputs

Para las variables inputs y outputs se analizó los trabajos descritos en la sección de la revisión literaria. La tabla 2 resume las variables usadas y los autores que los han utilizado en sus estudios.

TABLA 2
Variables de referencia usadas en el estudio

Tipo	Variables	Referencias
Input	Activo Total	(Tahir & Memon, 2011)
Input	Capital	(Mujaddad & Ahmad, 2016)
Output	Ventas netas	(Al-Shammari, 1999) (Haron & Arul, 2012) (Bwana & Ally, 2019)
Output	Utilidad neta	(Al-Shammari, 1999) (Haron & Arul, 2012) (Bwana & Ally, 2019)

Elaboración: Los autores

La tabla 3 presenta el cuadro resumen de las estadísticas descriptivas de las principales variables del estudio.
Estadísticas descriptivas de las variables de Estudio

TABLA 3
Estadísticas descriptivas de las variables input y outputs utilizados

Variabes	Promedio	Dev. Estd	Mínimo	Máximo
Activo total	3649530	21154503	0	698878592
Capital	1559209	10750820	0	439915968
Ventas netas	4326852	26167919	0	988081728
Utilidad neta	318231	3339347	0	253602752

Elaboración: Los autores

El modelo DEA

El modelo DEA es un programa lineal fraccionario cuyo objetivo es evaluar la eficiencia comparativa de los DMUs donde hay múltiples inputs y outputs posiblemente inconmensurables. El modelo DEA CCR fue desarrollado por Charnes, Cooper & Rhodes (1978) como una generalización del enfoque de Farrell

(1957) sobre la medición de la eficiencia productiva que asume retornos constantes a escala. Posteriormente un estudio propuesto por Banker, Charnes & Cooper (1984) analizó un nuevo escenario DEA BCC en el que asumió retornos variables a escala. El análisis DEA tiene una gran ventaja y es la posibilidad de comparar cada una de las unidades que no son eficientes con aquellas que lo son con inputs y outputs similares (Arzubi & Berbel, 2002). Otras de las ventajas que tiene el uso de este método no paramétrico es el hecho que no necesita previamente parámetros estimados, por lo que evita que factores subyacentes causen una reducción tanto en el cálculo como el error. Por estos motivos, en el presente estudio se usa esta técnica.

Es así como, en este estudio se emplea el método no paramétrico (DEA) orientado a productos con retornos variables a escala (BCC), cuyo objetivo de la unidad de toma de decisiones es maximizar los outputs dado el nivel disponible de inputs. En otras palabras, se busca maximizar los resultados utilizando sólo la cantidad observada de cualquier input. Además, un análisis de correlación entre dichas variables es necesario para el correcto uso de estas. Para obtener los resultados, se usa la metodología y comandos de Stata desarrollados por Ji & Lee (2010). El uso de retornos variables a escala es la mejor opción para el cálculo de la eficiencia ya que el supuesto de retornos constantes a escala sólo es apropiado cuando todos los DMUs están operando a escala óptima. Es decir, cuando no todos los DMUs están operando a escala óptima podría ocasionar que la eficiencia técnica se confunda o se mezcle con las eficiencias de escala. El uso del modelo BCC permitirá el cálculo de eficiencia excluyendo estos efectos de escala, para realizar el análisis de eficiencia con el modelo DEA se comienza evaluando la eficiencia relativa a la frontera.

$$\begin{aligned}
 & \max_{v,u} z = uy_j \\
 & \text{s. t:} \\
 & vx_j = 1 \\
 & -vX + uY \leq 0 \\
 & v \geq 0 \\
 & u \geq 0
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Donde u_j es de signo libre, un set de DMUs observadas $\{DMU_j; j = 1, \dots, n\}; x_j, y_j$ son vectores de insumos (activo total y capital) y productos (utilidad neta y ventas netas); vector fila u, v multiplicadores de insumos y productos; X y Y son matrices de insumos y productos respectivamente. En la práctica, muchos programas de programación lineal fraccionaria utilizan forman duales como las expresadas en la ecuación (2) que disminuye la dificultad de los cálculos y que virtualmente es la misma que la ecuación (1)

$$\begin{aligned}
& \min_{\theta, \lambda} \theta \\
& \text{s. t:} \\
& \theta x_j - X\lambda \geq 0 \\
& Y\lambda \geq y_j \\
& \lambda \geq 0
\end{aligned} \tag{2}$$

Donde λ es un vector semi-positivo en R^k y θ es una variable real. El procedimiento computacional para la ecuación (2) puede ser expresado como en la ecuación (3) y (4).

$$\begin{aligned}
& \min_{\theta} \theta \\
& \min_{\lambda, s^+, s^-} \sum -s^+ - s^- \\
& \text{s. t:} \\
& \theta x_j - X\lambda - s^- = 0 \\
& Y\lambda + s^+ = y_j \\
& \lambda \geq 0
\end{aligned} \tag{4}$$

Donde s^+ , s^- y λ son vectores semi-positivo en R^k y θ es una variable real. El modelo DEA de una etapa empleado resuelve la ecuación (3), mientras que el modelo DEA de dos etapas resuelve la ecuación (3) y consecutivamente (4). Este estudio se enfoca en el uso del modelo DEA de una etapa. Adicionalmente, θx_j es el nivel eficiencia de los outputs, θ es un escalar y λ es un vector no negativo de la constante que define las ponderaciones óptimas de los outputs para los inputs, este valor obtenido de θ es la estimación de la eficiencia técnica orientada a productos para la i th firma. Para el caso de un DEA orientado a productos, dichos productos deben aumentarse para obtener la mayor eficiencia técnica, donde $\theta = 1$ significa que la empresa se considera completamente eficiente, mientras que $\theta < 1$ significa que la empresa es ineficiente y necesita aumentar los outputs para reducir las ineficiencias. De hecho, durante el proceso, algunas compañías logran alcanzar el 100% de eficiencia y se conocen como unidades técnicamente eficientes, mientras que unidades inferiores al 100% son conocidas como ineficientes. (Herrera, Mendoza, & Cadavid, 2015).

IV. RESULTADOS

El análisis de la eficiencia es importante porque es un componente de la productividad y, desde el punto de vista del enfoque estructural, la productividad es un determinante a largo plazo de la competitividad. Por tanto, existe un vínculo entre la eficiencia y la competitividad. En primer lugar, se determinó la correlación que existe entre cada una de las variables consideradas para determinar la eficiencia de los sectores intraindustriales estudiados, que se muestra en la tabla 4. Para realizar la selección de las variables se tomó como referencia los trabajos previamente analizados, detallados en la tabla 2, y posteriormente se realizó un análisis de correlación y los resultados muestran una alta correlación entre las variables inputs y outputs, este resultado es coherente con otros métodos de selección de variables propuestos por autores como Norman & Stoker(1991). Por lo tanto, las variables seleccionadas son apropiadas para el desarrollo del análisis de envolvente de datos.

TABLA 4
Matriz de correlación entre las variables de estudio

	Activo total	Capital	Ventas netas	Utilidad neta
Activo total	1			
Capital	0.94	1		
Ventas netas	0.89	0.80	1	
Utilidad neta	0.74	0.69	0.68	1

Elaboración: Los autores

Los resultados de eficiencia por año para el caso de la clasificación de los subsectores de la taxonomía de Pavitt se presentan en la tabla 5.

TABLA 5
Puntaje DEA – Clasificación de los subsectores de la taxonomía de Pavitt

Año	Industria a escala intensiva	Industria basada en la ciencia	Industria proveedores especializados	Industria dominada por los proveedores
2007	1	0.99	1	1
2008	1	1	1	1
2009	1	0.91	1	1
2010	0.93	0.84	1	1
2011	0.99	0.83	1	1
2012	0.88	0.90	1	1
2013	0.91	0.88	1	1
2014	1	1	1	1
2015	0.83	0.74	1	1
2016	0.91	1	1	1
2017	0.89	1	1	1
2018	0.91	1	1	1

Elaboración: Los autores

En la tabla 5 se puede observar que para el año 2008 y 2014 los 4 subsectores son eficientes, también se muestra que los subsectores Industria de proveedores especializados e Industria dominada por los proveedores pertenecientes a la producción de maquinaria, papel, madera, plástico, caucho y otras industrias manufactureras son eficientes durante todo el período de estudio. Además, en el período comprendido del año 2010 al 2013, los subsectores que han obtenido bajos niveles de eficiencia son la industria a

escala intensiva pertenecientes a refinado de petróleo, productos minerales no metálicos, producción automovilística y la industria basada en la ciencia, es decir, la que elabora productos farmacéuticos, químicos, entre otros.

La figura 1 muestra cómo se distribuye en promedio la puntuación de eficiencia para cada año en el caso de la clasificación de los subsectores de la taxonomía de Pavitt. El año con el valor mínimo de eficiencia más bajo es 2015; como se mencionó anteriormente, en este año el país experimentó shocks macroeconómicos que pudieron haber afectado el desempeño de las empresas (caída del precio del crudo y la apreciación del dólar). El punto amarillo en los diagramas de cajas de la figura 1 representa la puntuación media de eficiencia, donde en 2008 y 2014 se puede observar que la puntuación de eficiencia es igual a la media y que en 2012 y 2013 la eficiencia presenta un valor medio casi igual a la mediana y en los otros años la mediana es superior a la media y por lo tanto la distribución está sesgada a la izquierda. En otras palabras, hay más puntuaciones de eficiencia por debajo de la mediana.

El sector de la industria basada en la ciencia tiene como base la investigación que se puede realizar en universidades o dentro de la misma empresa. Sus niveles bajos de eficiencia durante varios años indica el bajo nivel de inversión en investigación y desarrollo que tienen las empresas manufactureras ecuatorianas. Sin embargo, en los últimos tres años del período de estudio, este sector mejoró sus niveles de eficiencia. Esto se pudo haber alcanzado por la reciente promoción de las alianzas entre instituciones de educación superior y el sector productivo. El otro sector que presenta bajos niveles de eficiencia es el de industria a escala intensiva que se refiere a la producción de bienes como los automóviles. Se puede observar en la tabla 5 que al inicio del período presenta niveles altos de eficiencia que luego fueron disminuyendo. Entre las principales razones de esta disminución en la eficiencia pueden estar la reforma a los aranceles que encareció el precio de las importaciones. Otra razón podría ser la afectación de la producción de refinado de petróleo por el daño de las refinerías y las fluctuaciones en el precio del petróleo.

La figura 1 muestra cómo se distribuye en promedio la puntuación de eficiencia para cada año en el caso de la clasificación de los subsectores de la taxonomía de Pavitt. El año con el valor mínimo de eficiencia más bajo es 2015; como se mencionó anteriormente, en este año el país experimentó shocks macroeconómicos que pudieron haber afectado el desempeño de las empresas (caída del precio del crudo y la apreciación del dólar). El punto amarillo en los diagramas de cajas de la figura 1 representa la puntuación media de eficiencia, donde en 2008 y 2014 se puede observar que la puntuación de eficiencia es igual a la media y que en 2012 y 2013 la eficiencia presenta un valor medio casi igual a la mediana y en los otros años la mediana es superior a la media y por lo tanto la distribución está sesgada a la izquierda. En otras palabras, hay más puntuaciones de eficiencia por debajo de la mediana.

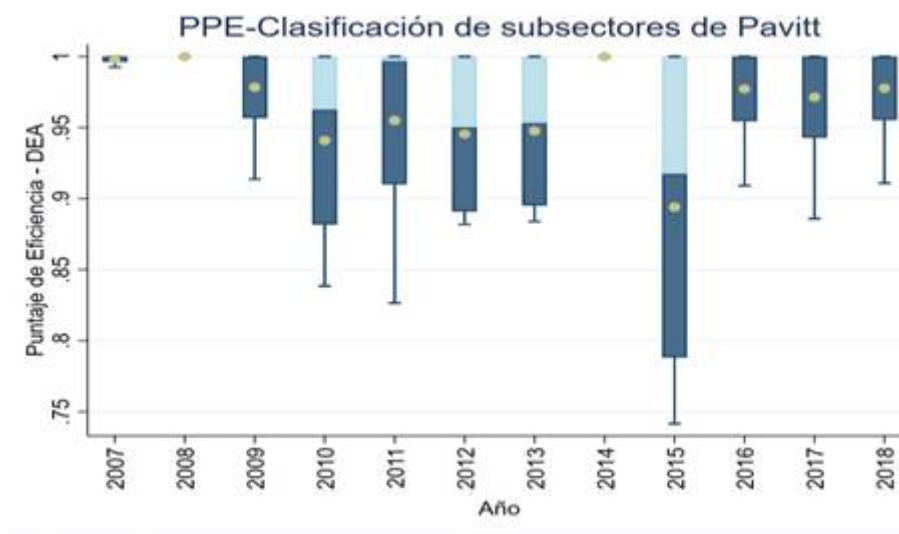


FIGURA 1

Nota: PPE: Puntaje promedio de eficiencia

Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros. Elaboración: Los autores

Los resultados de eficiencia por año para la clasificación de los subsectores de Díaz & Sanchez (2008) se muestran en la tabla 6.⁵ De esta tabla se observa que para todos los años de estudio los sectores pertenecientes a la fabricación de metales, equipos industriales y otras industrias manufactureras, (SEC4) y (SEC7) respectivamente son eficientes. Además, en los años 2011 y 2014, la mayoría de los sectores son eficientes con la excepción de los sectores pertenecientes a la producción de alimentos, textiles, ropa y calzado (SEC1). Así mismo de 2008 a 2010, hay varios sectores eficientes con la excepción de la fabricación de madera, papel y equipo de oficina, materiales eléctricos (SEC2) y (SEC5); en cambio en los años 2015 y 2016, los sectores menos eficientes son el SEC1 y SEC5. En promedio, los sectores con niveles de eficiencia más bajos son los pertenecientes a la producción de alimentos, ropa, calzado (SEC1) y la producción de materiales eléctricos (SEC5).

A pesar de que se usan dos clasificaciones con diferentes enfoques, se puede observar que coinciden en que la producción del sector automovilístico es uno de los menos eficientes al igual que el de productos eléctricos.

TABLA 6

Puntaje DEA – Clasificación de los sectores de Díaz

Año	SEC1	SEC2	SEC3	SEC4	SEC5	SEC6	SEC7
2007	0.94	1	1	1	0.98	0.89	1
2008	1	0.93	1	1	0.78	1	1
2009	1	0.92	1	1	0.72	1	1
2010	1	0.97	1	1	0.97	1	1
2011	0.92	1	1	1	1	1	1
2012	0.86	1	1	1	1	0.83	1
2013	0.88	1	1	1	0.97	0.88	1
2014	0.95	1	1	1	1	1	1
2015	0.82	1	1	1	0.89	1	1
2016	0.75	1	1	1	0.89	1	1
2017	0.78	0.91	0.99	1	0.93	1	1
2018	0.89	0.88	0.90	1	1	1	1

Elaboración: Los autores

La figura 2 muestra cómo se distribuye en promedio el puntaje de eficiencia para cada año en el caso de la clasificación de los subsectores de Díaz & Sánchez (2008). A diferencia de la figura 1, este gráfico presenta

valores atípicos para los años 2008, 2009, 2011 y 2014. Esto podría explicarse porque en estos años hay una gran dispersión entre los datos de los sectores. Los años con los valores mínimos de eficiencia más bajos son 2016 y 2017; esto puede deberse a que, en 2016, Ecuador sufrió un desastre natural (terremoto). En 2010, 2011 y 2014, la mediana es casi igual al puntaje de eficiencia. Al igual que en la figura 1, la mediana es superior a la media y por lo tanto la distribución está sesgada hacia la izquierda. En decir, hay más puntuaciones de eficiencia por debajo de la mediana.

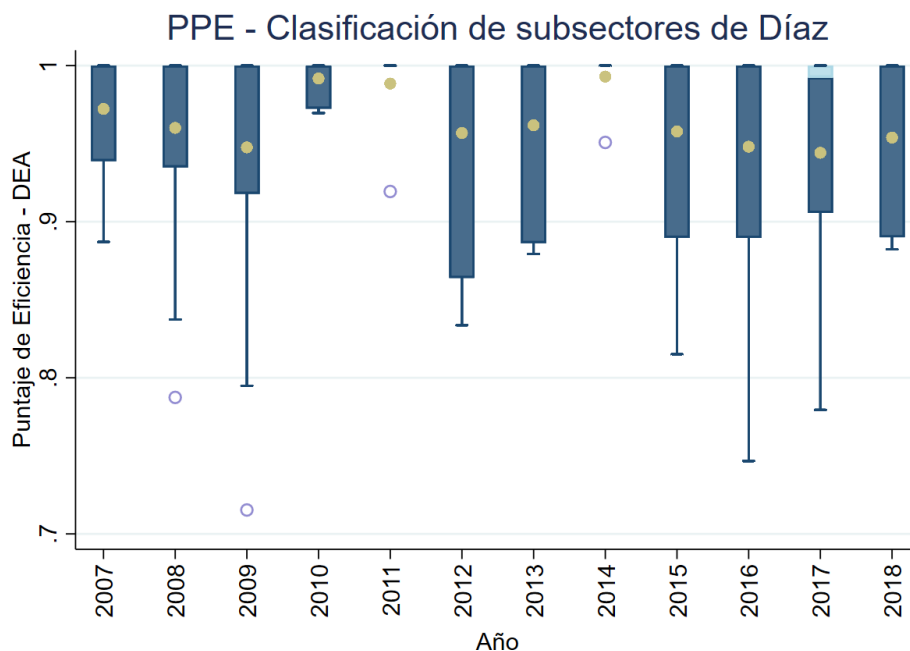


FIGURA 2

Nota: PPE= Puntaje promedio de eficiencia

Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros. Elaboración: Los autores

V. CONCLUSIONES

La industria manufacturera representa una porción considerable de la producción en la economía ecuatoriana. En términos de ventas y sueldos y salarios, las empresas de este sector representan más del 20% del sector societario. La mencionada industria es una fuente de la generación de empleo ya que la mano de obra es indispensable para su funcionamiento. Su desempeño y contribución a la economía ecuatoriana son las principales razones por las que es relevante hacer un análisis más exhaustivo de este sector.

En este trabajo se evaluó la eficiencia de las empresas manufactureras en el Ecuador con dos diferentes clasificaciones a nivel intraindustrial con la técnica no paramétrica (DEA). Para ello, se analizó qué tan eficientes son estos subsectores cuando se consideran como variables inputs Activo total y Capital y como variables outputs ventas y utilidad netas. Para la selección de las variables de estudio se consideraron estudios previos sobre este tema y se analizó la correlación de las variables para la correcta elección de estas.

En el caso de la clasificación de Pavitt, los subsectores Industria de proveedores especializados e Industria dominada por los proveedores pertenecientes a la producción de maquinaria, papel, y las empresas más tradicionales de manufactura son eficientes en todos los años. Por otra parte, el subsector Industria a escala intensiva perteneciente a la producción automovilística, de productos minerales no metálicos, refinado de petróleo, eléctricos presenta niveles bajos de eficiencia debido al aumento de los precios en las importaciones de materiales para la producción en estos sectores, las fallas en las refinerías y también por la caída del precio del petróleo en el año 2015. Sin embargo, el puntaje de eficiencia más bajo se obtiene de la Industria basada en la ciencia perteneciente a la industria química, productos farmacéuticos, máquinas industriales en el año

2015 con un puntaje de eficiencia de 0,74. La eficiencia promedio entre los 4 subsectores es de 0,97 y una desviación estándar de 0,06.

En el caso de la clasificación de Díaz & Sánchez, sólo los sectores pertenecientes a la fabricación de metales (SEC4) y otros productos de manufactura (SEC7) son eficientes durante todos los años. La producción de materiales eléctricos y de maquinaria de oficina (SEC5) presenta niveles bajos de eficiencia. La eficiencia promedio entre los 7 sectores es de 0,96 y una desviación estándar de 0,07.

Se comprueba que en promedio el sector manufacturero tiene un buen desempeño a nivel de eficiencia técnica. El subsector de la industria manufacturera más tradicional es el que presenta niveles más altos de eficiencia. Aunque en la clasificación de Díaz & Sánchez, que es más desglosada, se evidencia que las industrias textiles (SEC1) presentan valores de eficiencia bajos comparado con los otros subsectores, el subsector de otros productos manufactureros básicos (SEC7) presentan niveles altos de eficiencia. Lo expuesto indica que probablemente la industria dominada por el proveedor, según la clasificación de Pavitt, es eficiente por el subsector de otros productos manufactureros básicos (SEC7), y que es menos eficientes en el proceso de producción en las industrias textiles y en los de producción de papel y madera. Por otro lado, ambos coinciden en que hay niveles bajos de eficiencia en las empresas que producen alimentos, y las que están relacionadas con la producción automovilística.

Una las principales conclusiones es que a la industria manufacturera le falta desarrollar el campo de investigación y desarrollo. Esta industria ha captado la innovación externa pero aún le falta impulsar la innovación interna que se logra a través del impulso de la investigación. Para los hacedores de políticas, los resultados ayudarían a plantear formas de incrementar la eficiencia de las empresas por un lado promoviendo la inversión en investigación y desarrollo a través de otorgar facilidades en los créditos a aquellas empresas pertenecientes a los subsectores menos eficientes. Por otro lado, se pueden promover políticas que no tengan de por medio un desembolso de dinero. Es decir, políticas de alianzas público-privadas entre instituciones de educación superior y las empresas para fomentar proyectos de investigación de grado y postgrado que puedan solucionar las problemáticas de la empresa ecuatoriana. De esta forma la investigación realizada en universidades tiene un resultado práctico con el que las empresas se pueden ver beneficiadas.

Este artículo pretende además promover la investigación sobre la innovación de las industrias manufactureras. En futuras investigaciones se puede analizar qué procesos de innovación son los que más se han implementado y han aportado significativamente a la eficiencia de las industrias. Consecuentemente, se pueden crear planes estratégicos de innovación dentro de esta industria que es uno de los pilares de la economía ecuatoriana.

REFERENCIAS

- Aigner, D. J., & Chu, S. F. (1968). On estimating the industry production function. *The American Economic Review*, 58(4), 826-839.
- Al-Shammari, M. (1999). Optimization modeling for estimating and enhancing relative efficiency with application to industrial companies. *European Journal of Operational Research*, 115(3), 488-496.
- Ali, A. I., & Lerme, C. S. (1990). Determination of comparative advantage for the economy of states in the US. *The University of Massachusetts, (Mimeograph)*
- Ali, A. I., Lerme, C. S., & Nakosteen, R. A. (1993). Assessment of intergovernmental revenue transfers. *Socio-economic planning sciences*, 27(2), 109-118.
- Arzubi, A., & Berbel, J. (2002). Determinación de índices de eficiencia mediante DEA en explotaciones lecheras de Buenos Aires. *Investigaciones Agrarias: Producción y Sanidad Animales*, 17(1-2), 103-123.
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 30(9), 1078-1092.

- Banker, R. D., & Morey, R. C. (1986). Efficiency analysis for exogenously fixed inputs and outputs. *Operations research*, 34(4), 513-521.
- Bwana, K., & Ally, O. J. (2019). Efficiency of listed manufacturing firms in dar es salaam stock exchange: data envelopment analysis model. *Business Education Journal*, 1(2).
- Chang, P. L., Hwang, S. N., & Cheng, W. Y. (1995). Using data envelopment analysis to measure the achievement and change of regional development in Taiwan. *Journal of Environmental Management*, 43(1), 49-66.
- Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y., & Seiford, L. M. (1994). Data Envelopment Analysis: Theory. *Method, and*
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Li, S. (1989). Using data envelopment analysis to evaluate efficiency in the economic performance of Chinese cities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 23(6), 325-344.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W. W., Seiford, L., & Stutz, J. (1982). A multiplicative model for efficiency analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, 16(5), 223-224.
- Chen, C. F., & Soo, K. T. (2009). Some university students are more equal than others: Evidence from England. *Economics Bulletin* 30(4):2697-2708
- Chen, Y. Q., Lu, H., Lu, W., & Zhang, N. (2010). Analysis of project delivery systems in Chinese construction industry with data envelopment analysis (DEA). *Engineering, Construction and Architectural Management*, 17(6), 598-614.
- Constantin, P. D., Martin, D. L., Rivera, R. Y., & De, E. B. B. (2009). Cobb-Douglas, translog stochastic production function and data envelopment analysis in total factor productivity in Brazilian agribusiness. *Journal of Operations and Supply Chain Management (JOSCM)*, 2(2), 20-33.
- Cullinane, K., Wang, T.F., Song, D.W., & Ji, P. (2006). The technical efficiency of container ports: Comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(4):354-374.
- Daraio, C., & Simar, L. (2007). *Advanced robust and nonparametric methods in efficiency analysis: Methodology and applications*. Springer Science & Business Media.
- Diaz, M. A., & Sánchez, R. (2008). Firm size and productivity in Spain: a stochastic frontier analysis. *Small Business Economics*, 30(3), 315-323.
- Düzakın, E., & Düzakın, H. (2007). Measuring the performance of manufacturing firms with super slacks- based model of data envelopment analysis: An application of 500 major industrial enterprises in Turkey. *European journal of operational research*, 182(3), 1412-1432.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253-281.
- Golany, B., & Roll, Y. (1989). An application procedure for DEA. *Omega*, 17(3), 237-250.
- Greene, W. H. (2008). The econometric approach to efficiency analysis. *The measurement of productive efficiency and productivity growth*, 1(1), 92-250.
- Hallward-Driemeier, M., & Nayyar, G. (2017). *Trouble in the Making?: The Future of Manufacturing-led Development*. World Bank Publications.
- Haron, M., & ARUL, C. J. (2012). Efficiency performance of manufacturing companies in Kenya: Evaluation and policies. *International Journal of Management and Business Research*
- Herrera, T. F., Mendoza, A. M., & Cadavid, D. V. (2015). Análisis comparativo de eficiencia financiera: Estudio de un caso sectorial en Barranquilla. *Prospectiva*, 13(2), 16-24.
- Heshmati, A. (2003). Productivity growth, efficiency and outsourcing in manufacturing and service industries. *Journal of economic surveys*, 17(1), 79-112.
- Ji, Y. B., & Lee, C. (2010). Data envelopment analysis. *The Stata Journal*, 10(2), 267-280.
- Keramidou, I., Mimis, A., & Pappa, E. (2011). Identifying efficiency drivers in the Greek sausage industry: a double bootstrap DEA approach. *Economics Bulletin*, 31(1), 442-452.

- Khoshroo, A., Mulwa, R., Emrouznejad, A., & Arabi, B. (2013). A non-parametric Data Envelopment Analysis approach for improving energy efficiency of grape production. *Energy*, 63, 189-194.
- Li, K., & Lin, B. (2016). Impact of energy conservation policies on the green productivity in China's manufacturing sector: Evidence from a three-stage DEA model. *Applied energy*, 168, 351-363.
- Liu, S. T., & Wang, R. T. (2009). Efficiency measures of PCB manufacturing firms using relational two-stage data envelopment analysis. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 4935-4939.
- Mayes, D. G., Harris, C. M., & Lansbury, M. (1994). *Inefficiency in industry*. Harvester Wheatsheaf.
- Mohamad, N. H., & Said, F. (2010). Measuring the performance of 100 largest listed companies in Malaysia. *African Journal of Business Management*, 4(14), 3178.
- Moreira, V. H., & Bravo-Ureta, B. E. (2010). Technical efficiency and metatechnology ratios for dairy farms in three southern cone countries: a stochastic meta-frontier model. *Journal of Productivity Analysis*, 33(1), 33-45.
- Mujaddad, H. G., & Ahmad, H. K. (2016). MEASURING EFFICIENCY OF MANUFACTURING INDUSTRIES IN PAKISTAN. *Pakistan Economic and Social Review*, 54(2), 363-384.
- Mujaddad, H. G., Nawaz, S. N., & Anwar, M. (2018). Small and Medium Enterprises: Pivotal to Inclusive Growth in Punjab. *Papers and Proceedings*, 81-95
- Norman, M., & Stoker, B. (1991). *Data envelopment analysis: the assessment of performance*. John Wiley & Sons, Inc.
- Pavitt, K. (1984). Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Technology, Management and Systems of Innovation*, 15-45.
- Restrepo, M. I., & Villegas, J. G. (2007). Clasificación de grupos de investigación colombianos aplicando análisis envolvente de datos. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (42), 105-119.
- Seiford, L. M., & Thrall, R. M. (1990). Recent developments in DEA: the mathematical programming approach to frontier analysis. *Journal of econometrics*, 46(1-2), 7-38.
- Simar, L., & Wilson, P. W. (1999). Estimating and bootstrapping Malmquist indices. *European journal of operational research*, 115(3), 459-471.
- Simar, L., & Wilson, P. W. (2002). Non-parametric tests of returns to scale. *European Journal of Operational Research*, 139(1), 115-132.
- Simar, L., & Zelenyuk, V. (2003). Statistical inference for aggregates of Farrell-type efficiencies. *Discussion Papers*, 324.
- Superintendencia de Compañías Valores y Seguros. (2020). *Portal de Información*. Guayaquil.
- Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros. (2020). *La eficiencia de las empresas manufactureras en el Ecuador 2013-2018*. Estudios Sectoriales, Dirección Nacional de Investigación y Estudios, Guayaquil.
- Tahir, I. M., & Memon, M. A. (2011). Applying DEA in analyzing the efficiency of top manufacturing companies in Pakistan. *Journal of Public Administration and Governance*, 1(2), 225-239.
- Thanassoulis, E. (2001). *Introduction to the theory and application of data envelopment analysis*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

ANEXOS

TABLA 1
Clasificación de los subsectores de la taxonomía de Pavitt según CIU ecuatoriano

Industria	Subsector	Códigos CIU
Industria de escala intensiva	Alimentos, bebidas y tabaco	C10+C11+C12
	Edición e impresión	C18
	Fabricación de coque y refinado de petróleo	C19
	Fabricación de otros productos mineral no metálicos	C23
	Productos de base mineral	C24
	Productos metálicos	C25
	Motor de vehículos	C29
Industria basada en la ciencia	Industria química y productos farmacéuticos	C20+C21
	Maquinaria agrícola e industriales	C28
	Otros materiales de transporte	C30
Industria de proveedores especializados	Fabricación de productos de computación, electrónicos y ópticos	C26
	Maquinaria y equipo eléctrico	C27
	Reparación e instalación de maquinaria y equipo	C33
Industria Dominada por los proveedores	Textiles y ropa	C13+C14+C15
	Productos de madera	C16
	Fabricación de papel	C17
	Fabricación de productos de caucho y plástico	C22
	Muebles y otras industrias manufactureras	C31+C32

Pavitt (1984). Elaboración: Los autores

TABLA 2
Estadísticas descriptivas del puntaje de eficiencia según la taxonomía de Pavitt

Año	Promedio	Dev. Estd	Mínimo	Máximo
2007	0.998	0.004	0.992	1
2008	1	0	1	1
2009	0.978	0.043	0.914	1
2010	0.941	0.077	0.838	1
2011	0.955	0.086	0.827	1
2012	0.946	0.063	0.882	1
2013	0.948	0.061	0.884	1
2014	1	0	1	1
2015	0.894	0.128	0.741	1
2016	0.977	0.046	0.909	1
2017	0.971	0.057	0.886	1
2018	0.978	0.045	0.911	1
Total	0.97	0.06	0.74	1

Elaboración: Los autores

TABLA 3
Clasificación de los sectores de Díaz según CIU ecuatoriano

Industria	Subsector	Código CIU
SEC1	Carne y fabricación de carne	C10
	Industria de comida, bebidas y tabaco	C11+C12
	Textiles	C13
	Ropa y zapatos	C14
	Zapatos y derivados	C15
SEC2	Madera y derivados	C16+C31
	Papel y derivados	C17
SEC3	Productos químicos	C19+C20+C21
	Corcho y plástico	C22
	Productos minerales no metálicos	C23
SEC4	Productos de metal básico	C24
	Productos metálicos manufactureros	C25
	Equipo industrial	C33
SEC5	Maquinaria de oficina y otros	C26
	Material eléctrico	C27+C28
SEC6	Carros y motores	C29
	Otros materiales de transporte	C30
SEC7	Otros productos manufactureros	C18+C32

Díaz (2008) Elaboración: Los autores

TABLA 4
Estadísticas descriptivas del puntaje de eficiencia según la clasificación de Díaz

Año	Promedio	Dev. Estd	Mínimo	Máximo
2007	0.972	0.044	0.887	1
2008	0.960	0.080	0.787	1
2009	0.948	0.107	0.715	1
2010	0.992	0.014	0.970	1
2011	0.988	0.035	0.919	1
2012	0.957	0.074	0.834	1
2013	0.962	0.055	0.879	1
2014	0.993	0.019	0.951	1
2015	0.958	0.075	0.815	1
2016	0.948	0.098	0.747	1
2017	0.944	0.082	0.780	1
2018	0.954	0.058	0.882	1
Total	0.96	0.07	0.72	1

Tabla 4: Estadísticas descriptivas del puntaje de eficiencia según la clasificación de Díaz

Elaboración: Los autores

Elaboración: Los autores

NOTAS

1 Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil – Ecuador, acobos@espol.edu.ec

- 2 Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros, Guayaquil – Ecuador, marmijosy@supercias.gob.ec
- 3 El modelo DEA CCR es una generalización del enfoque de Farrell (1957) sobre la medición de la eficiencia productiva que asume retornos constantes a escala. Posteriormente se propuso el DEA BCC en el que se asumió retornos variables a escala.
- 4 El formato de los estados de resultados ha cambiado durante los años del período de estudio por lo que se ha realizado una homologación de las cuentas para poder obtener una base de datos homogénea.
- 5 La descripción de estos sectores está en la tabla 3 de los anexos.