

Economía

6.



*La Calidad Académica,
un Compromiso Institucional*



Desempeño exportador del sector industrial en Colombia

*Jorge A. Restrepo M.
Juan Gabriel Vanegas*

Restrepo M. Jorge A.,
Vanegas Juan Gabriel
(2014). Desempeño
exportador del sector
industrial en Colombia:
análisis de frontera
eficiente
139-156.
ISSN 1900-0642.

DESEMPEÑO EXPORTADOR DEL SECTOR INDUSTRIAL EN COLOMBIA: ANÁLISIS DE FRONTERA EFICIENTE¹

EXPORT PERFORMANCE OF THE INDUSTRIAL SECTOR IN COLOMBIA: ANALYSIS OF EFFICIENT FRONTIER

DESEMPENHO DE EXPORTAÇÃO DO SETOR INDUSTRIAL NA COLÔMBIA: ANÁLISE DE FRONTEIRA EFICIENTE

PERFORMANCE EXPORTATRICE DU SECTEUR INDUSTRIEL EN COLOMBIE: UNE ANALYSE DE FRONTIÈRE EFICIENTE

JORGE A. RESTREPO M.²
JUAN GABRIEL VANEGAS³

Fecha de Recepción: 21 de Julio de 2014
Fecha de Aceptación: 24 de Noviembre de 2014

RESUMEN

Este trabajo realiza un análisis comparativo entre los sectores industriales exportadores que más empleo generaron en el período 2000-2011. Se utiliza una simulación dinámica y se aplica la técnica de Análisis Envolvente de Datos para obtener un índice global de eficiencia técnica. Este índice determina la presencia de recursos ociosos, información útil en el diseño de estrategias para apoyo a las exportaciones. El análisis se fundamenta en un diagnóstico por medio de simulación dinámica de Montecarlo para determinar los valores promedio del período para las variables de entrada: número de establecimientos, personal ocupado, activos y energía consumida utilizados para producir las variables de salida: producción bruta y exportaciones. Se contrasta la efectividad de los factores productivos para generar exportaciones y determinar las posibilidades de mejoramiento de los sectores ineficientes en aras de participar adecuadamente en los procesos de internacionalización.

¹ Este artículo es un producto derivado del proyecto de investigación "Métodos multicriterio aplicados a contextos empresariales: una selección de estudios de caso", perteneciente a la línea de investigación en Comercio Exterior del Grupo Research and Enterprise Development (R.E.D.) del Tecnológico de Antioquia. El proyecto fue financiado en su totalidad con recursos del CODEL.

² Ingeniero Administrador Universidad Nacional. MBA Eafit. Candidato a Doctor Universidad CEU San Pablo (España). Docente-Investigador Fundación Universitaria Autónoma de las Américas. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Grupo de Investigación GICEA, Medellín, Colombia. E-mail: jorge.restrepo@uam.edu.co, gifatdea@gmail.com.

³ Economista. Magíster en Economía, Universidad de Antioquia. Docente-investigador, Tecnológico de Antioquia, Institución Universitaria. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Grupo de Investigación Research and Enterprise Development (R.E.D.), Medellín, Colombia. jvanegas1@tdea.edu.co, jg.tecnologico@gmail.com

PALABRAS CLAVE:

DEA, eficiencia técnica, exportaciones, simulación dinámica.

CLASIFICACIÓN JEL:

C51, C61, D22, D24, F14, L67.

ABSTRACT

In this paper, a comparative analysis is carried out among the exports industrial sectors which created more employment during 2000-2011. A dynamic simulation is used and a Data Envelopment Analysis is applied in order to obtain an overall index of technical efficiency. This index determines the presence of underused resources, which is useful to design strategies to support exports. The analysis is based on a Monte Carlo simulation forecast to determine the average values of the period for the input variables: number of firms, employees, assets, and energy consumption to produce the output variables: gross production and exports. This method is used for checking the effectiveness of the factors of production to generate exports, and determine the possibility of improving inefficient sectors. The goal is to participate in the internationalization process in a proper way.

Keywords: DEA, exports, dynamic simulation, technical efficiency.

JEL classification: C51, C61, D22, D24, F14, L67.

RESUMO

O artigo faz uma análise comparativa entre os setores industriais de exportação que gerou mais empregos no período 2000-2011. Uma simulação dinâmica é usada e aplica-se a técnica de análise envolvente de dados para obter um índice global de eficiência técnica. Este índice determina a presença de recursos ociosos, informações úteis na elaboração de estratégias para apoiar as exportações. A análise baseia-se num diagnóstico utilizando simulação dinâmica de Monte Carlo para determinar os valores médios do período para as variáveis de entrada: número de estabelecimentos, pessoal empregado, bens e energia consumida, usados para produzir as variáveis de saída: produção bruta e exportações. A eficácia dos factores de produção é contrastada para gerar exportações e determinar as possibilidades de melhoria dos sectores ineficientes para participar adequadamente nos processos de internacionalização.

Palavras-chave: DEA, eficiência técnica, exportações, simulação dinâmica.

Classificação JEL: C51, C61, D22, D24, F14, L67.

RÉSUMÉ

Ce travail fait une analyse comparative entre les secteurs industriels exportateurs que plus ils ont généré d'emploi dans la période 2000-2011. Une simulation dynamique est utilisée et s'applique la technique d'analyse enveloppante de données pour obtenir un indice global d'efficacité technique. Cet indice détermine la présence de recours oisifs, d'information utile dans le dessin de stratégies pour l'appui aux exportations. L'analyse repose dans un diagnostic

au moyen d'une simulation dynamique de Montecarlo pour déterminer les valeurs moyennes de la période pour les variables d'entrée: nombre d'établissements, de personnel occupé, d'actifs et d'énergie consommé, utilisés pour produire les variables de sortie: production brute et des exportations. On résiste l'effectivité des facteurs productifs pour générer des exportations et pour déterminer les possibilités d'amélioration des secteurs inefficaces afin de participer convenablement aux processus d'internationalisation.

Mots clés: DEA, efficacité technique, exportations, simulation dynamique.

Classification JEL: C51, C61, D22, D24, F14, L67.

1. INTRODUCCIÓN

En el escenario actual de la integración económica y liberalización del libre comercio, el análisis de la eficiencia sectorial constituye un área dinámica de investigación. La productividad es el valor del producto que se obtiene por cada unidad de trabajo o capital, la cual depende tanto de la calidad y de las características de los productos, como de la eficiencia con que se producen; así, el desempeño exportador de una firma o un sector se vincula en forma directa con el aumento de la eficiencia que conduce a mejoras en la productividad (Katsikeas, Leonidou y Morgan, 2000).

Durante el período 2000-2011 el sector industrial en Colombia representó en promedio más de 13% del producto interno bruto (PIB), 56% de las exportaciones anuales totales, y 13% de la población ocupada DANE (2012). Sin embargo, este sector ha experimentado un período de disminución de su importancia relativa en la economía y la tasa de crecimiento de las exportaciones fue menor que la tasa de las exportaciones totales, lo cual podría mostrar algunas desventajas de articulación a las condiciones actuales de exportación a nivel mundial del sector industrial. En este orden de ideas, Reina (2012) afirma que Colombia presenta un retraso en su proceso de internacionalización que ha generado dos situaciones negativas. Primero, se han desaprovechado importantes oportunidades de acceso a mayores niveles de crecimiento económico y bienestar social, y segundo, el rezago de la internacionalización de la economía colombiana es producto de políticas públicas restrictivas de la productividad del país y que han generado grandes beneficios para sectores poco competitivos, como es el caso del sector agropecuario.

Desde un punto de vista metodológico, el DEA es un modelo de análisis a través del cual las unidades de toma de decisiones homogéneas se pueden comparar con relación a sus entradas y salidas para generar una medida de la producción o eficiencia relativa. El principio básico del relacionamiento busca calcular la eficiencia técnica relativa de cada unidad por medio de un ratio que se establece como el cociente entre la suma ponderada de

las salidas (*outputs*) y la suma ponderada de las entradas (*inputs*), donde los pesos se determinan en función de criterios paretianos y donde se considera que la eficiencia de cada entidad, para la versión *inputs*, debe ser menor o igual a la unidad (Charnes *et al.*, 1981).

En este contexto, el objetivo de este estudio es comparar la eficiencia técnica de las exportaciones del sector industrial en Colombia mediante un modelo de entrada orientada DEA-CCR sugerido por Banker, Charnes y Cooper (1984). Para lograr este objetivo, el presente documento está organizado en cinco secciones: en la sección 2 se presenta una revisión de la literatura acerca del desempeño exportador y la eficiencia. La sección 3 presenta la metodología de investigación. La sección 4 contiene los datos y variables utilizadas. La sección 5 describe los principales resultados de la eficiencia productiva y exportadora del sector industrial, y en la sección 6 se muestran las principales conclusiones.

2. REVISIÓN LITERARIA

El análisis de la eficiencia vinculado al resultado de las exportaciones tiene varias formas de abordaje. Katsikeas *et al.* (2000), plantean tres niveles en particular en el ámbito del desempeño exportador: efectividad, eficiencia y adaptabilidad. El primero se refiere al grado en que los exportadores alcanzan sus objetivos de exportación. El segundo tiene que ver con la comparación de los resultados medibles en cuanto a salidas y entradas. El tercero considera la capacidad empresarial para responder a los cambios en las condiciones de mercado. La revisión de estudios relacionados aborda el enfoque del desempeño exportador y eficiencia.

Antes de presentar los trabajos aplicados en el desempeño exportador, conviene plantear someramente el concepto de eficiencia. Desde el ámbito económico el concepto considera la cantidad mínima de entradas (capital, materias primas, horas-hombre, horas-máquina, entre otros) para alcanzar un grado determinado de

salidas (utilidades, producción, valor agregado, objetivos cumplidos, etc.) Por tanto, se tiene que eficiencia implica la utilización de los recursos de la sociedad de la manera más eficaz posible para satisfacer las necesidades y los deseos de los individuos (Samuelson y Nordhaus, 2002); también significa una propiedad según la cual la sociedad aprovecha de la mejor manera posible sus recursos escasos (Mankiw, 2004). En la misma línea, también se considera como el logro de la máxima producción al menor costo posible, y como la capacidad o característica de un sistema o sujeto económico para alcanzar determinados objetivos, minimizando el empleo de recursos (Andrade, 2005).

Por su parte, en la teoría administrativa se aborda el concepto como la correcta utilización de los recursos o medios de producción disponibles y se expresa mediante la ecuación $E=P/R$, donde P son los productos resultantes y R los recursos utilizados (Chiavenato, 2004). De igual forma, se define como el logro de los objetivos con el uso de la menor cantidad de recursos (Koontz y Weihrich, 2004); en otras palabras, alcanzar los mayores resultados con la mínima inversión (Robbins y Coulter, 2005) u operar de modo que los recursos se utilicen de la manera más adecuada (Reinaldo, 2002).

Ahora bien, en el plano del desempeño exportador se observa que en las tres últimas décadas de la economía mundial se han desatado innovadores avances científicos y tecnológicos, perturbando los esquemas de producción y comercialización en todo el mundo; desde los albores de la era de la producción hasta la fecha, el consumidor se ha transformado de receptor pasivo de una industria y un diseño que pensaban por él, a un receptor informado y dotado de un nuevo paradigma en el que crecen los niveles de interacción con la industria y con la sociedad a través del conocimiento, el diseño y la posesión; es un escenario abierto y moldeable por el consumidor que posee, tanto en el consumo como en el uso, la posibilidad de expresar sus intereses (Zampa, 2004). Este proceso se conoce como globalización, y su principal particularidad es el considerable incremento de las corrientes de comercio e inversión, y la lucha de las

empresas y los países por participar en un mayor número de mercados, lo que genera un alto grado de competencia en los mercados y una presión por adquirir mayor competitividad de las firmas y sus productos, conduciendo hacia horizontes económicos en donde las empresas requieren mayor eficiencia y capacidades en función de su naturaleza, el volumen de intercambios, la situación geográfica y su desarrollo potencial (Cubillos, 2000).

Por su parte, Dunning (1988) contribuye al desarrollo teórico de la internacionalización de la empresa articulando en un sistema los diferentes aportes de las teorías de la organización industrial, los costos de transacción y las de localización y el comercio internacional. La decisión de incursionar en mercados internacionales se realiza de una manera racional, con base en el análisis de los costos y ventajas de producir en el extranjero. En la misma línea, se afirma que la internacionalización de la empresa multinacional es el resultado de la teoría de los costos de transacción, cuya premisa es que en mercados perfectamente competitivos la amenaza de sustitución por un competidor más fuerte elimina tanto los comportamientos oportunistas como las necesidades de control, forzando a las empresas a actuar de manera eficiente (Anderson y Coughlan, 1987; Whitelock, 2002).

La salida de empresas a mercados foráneos se fundamenta en la existencia de ventajas de localización de las actividades en el exterior y en que exista una mayor eficiencia al organizar actividades, que cederlas o venderlas a empresas de un país extranjero. Esta situación plantea dos escenarios: los costos incrementales y las economías de escala; en los primeros, se compara el costo unitario de producir en el mercado nacional y exportar contra el costo de producir en el país foráneo, donde influyen aspectos como: eficiencia en el costo de los factores productivos, costos de transporte y aranceles y la intervención del gobierno (Teece, 1986; Buckley, 1990).

En cuanto a los trabajos aplicados en la medición de la eficiencia se encuentran modelos que han sido implementados no solo en la faceta exportadora

de la firma, sino también en otras dimensiones organizacionales. Así por ejemplo, Li (2008) estima que los mayores niveles de internacionalización alcanzados por multinacionales americanas están asociados al mejoramiento del desempeño medido por la eficiencia técnica. Mok, Yeung, Han y Li (2010) encuentran que la relación entre la orientación exportadora y la eficiencia técnica en China tiene una forma de U, es decir, firmas con una mayor tasa de exportaciones tienden a experimentar una mayor eficiencia. Por su parte, Zheng, Liu y Bigsten (1998) encuentran evidencia de que la estructura de propiedad y los sistemas de gestión determinan la eficiencia técnica en empresas chinas; hallazgos similares en el contexto de firmas textiles en India reportan Bhandari y Ray (2012), donde adicionalmente a estos dos factores, las características de localización afectan el desempeño de estas. Para el caso colombiano,⁴ existen varios ejercicios, entre estos, Perdomo, Hueth y Mendieta (2007) encuentran en el caso del sector cafetero eficiencias mayores mientras los caficultores tienen un tamaño económico mayor, y resultado idéntico encontró Sepúlveda (2014) para el sector floricultor. En las finanzas existe una aplicación para medir eficiencia de la productividad de los recursos actuales de las firmas del sector textil para formular planes de expansión de la capacidad instalada y solicitar crédito al sector financiero (Restrepo y Vanegas, 2009).

En síntesis, existe una conexión entre el desempeño empresarial, en particular el exportador, y la eficiencia, ubicada como un factor crítico de éxito en la determinación de los costos; así las teorías abordadas explican este desempeño yuxtaponiendo los diferentes aportes de las teorías de la organización industrial, los costos de transacción, ligados con la eficiencia, y las ventajas de localización y el comercio internacional. Por tanto, existe un vínculo natural entre los costos y la internacionalización de las empresas, cuyo primer estadio de desarrollo son las exportaciones; en este razonamiento se vincula la eficiencia y la necesidad de su medición, evaluación y control

⁴ Conviene aclarar que existen aplicaciones que miden la eficiencia desde un punto de vista paramétrico, la revisión de estudios solo contempla aquellos trabajos no paramétricos.

en aras de mejorar la competitividad de las empresas y del país.

3. METODOLOGÍA DEA

3.1. ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS – MODELOS DEA

El DEA es una herramienta para cuantificar la eficiencia. Se fundamenta en la generación de una frontera de eficiencia partiendo de un conjunto de observaciones de un evento considerado sin recurrir a la estimación de funciones de producción, es decir, no se requiere una relación funcional entre entradas y salidas. Se constituye en una excelente alternativa, no paramétrica, para obtener información de un conjunto de observaciones. Los métodos paramétricos tratan de obtener el mejor ajuste de las observaciones mediante la generación de un hiperplano, entre tanto los que no requieren formas funcionales a priori persiguen optimizar la medida de eficiencia de cada unidad de análisis y crear una frontera eficiente, que como parte de datos reales sería eficiente y factible, basada en el criterio de Pareto (Brockett, Charnes, Cooper, Huang, y Sun, 1997).

El procedimiento consiste en construir la frontera de producción empírica y luego evaluar la eficiencia de cada unidad observada que no esté circunscrita a la frontera de eficiencia. Desde esta óptica, es un método paramétrico porque no supone la existencia de una relación funcional de *inputs/outputs* y tampoco es estadístico porque no asume que la eficiencia se ajuste a algún tipo de distribución probabilística, como lo hacen las pruebas de consistencia de *inputs* y *outputs* observados con la frontera de producción implementados por Hanoch y Rothschild (1972)⁵ y Sengupta (1987). El criterio de evaluación parte de la hipótesis expuesta por Charnes *et al.* (1981), en donde

Por tanto, existe un vínculo natural entre los costos y la internacionalización de las empresas, cuyo primer estadio de desarrollo son las exportaciones; en este razonamiento se vincula la eficiencia y la necesidad de su medición, evaluación y control en aras de mejorar la competitividad de las empresas y del país.

⁵ Estrictamente los tests mencionados tenían como finalidad comprobar la validez de determinadas hipótesis acerca de la función de producción, tales como cuasi-concavidad, monotonidad y homotecidad, a partir de las observaciones sobre *inputs* y datos evitando cualquier tipo de parametrización de la función de producción (Hanoch y Rothschild, 1972, p. 256).

una unidad productiva pertenece a la frontera de producción, es decir, es eficiente, cuando comparativamente con las demás unidades utiliza menos de algún *input*, y no más del resto, generando los mismos *outputs* o productos. La evaluación de las unidades no eficientes se lleva a cabo mediante comparación con las eficientes –que pertenecen a la frontera–, y bajo el supuesto de homogeneidad que implica que las unidades utilizan *inputs* similares –en nuestro caso, número de establecimientos, empleados, activos y energía consumida–, producen los mismos *outputs*: exportaciones y producción bruta.

En la comparación, es posible que la unidad eficiente y homogénea técnicamente no sea real sino la combinación lineal de otras unidades reales. Esta característica es coherente con el planteamiento de Farrell (1957) y presenta dos supuestos: i) la posibilidad de que se utilicen insumos de modo continuo, y ii) que la frontera de eficiencia es convexa. Estos supuestos garantizan, primero, que los *inputs* sean divisibles, y segundo, que la combinación lineal de dos o más unidades que pertenezcan al conjunto factible también lo cumplan.

Para desarrollar estrategias de mejoramiento de las unidades ineficientes, la técnica DEA permite generar una unidad eficiente ficticia mediante la combinación de un conjunto de unidades reales eficientes. La unidad ficticia se considera un referente para aplicar estrategias de mejoramiento de las unidades ineficientes al permitir su comparación con grados de eficiencia alcanzados en la realidad. En este caso, existen dos alternativas para medir eficiencia: la primera se denomina *input* orientado y se basa en comprobar la cantidad de *inputs* consumidos para obtener las mismas salidas o *outputs*; la segunda, el *output* orientado pretende lograr el máximo de *outputs* con los mismos *inputs* (Charnes *et al.*, 1981). La elección del método depende de las características particulares del problema que se va a analizar.

3.2. FORMULACIÓN EMPÍRICA

Se utilizó la metodología del DEA, la cual permite obtener un indicador concreto de una unidad económica (empresa o sector) con relación a los

mejores resultados obtenidos por las restantes unidades del conjunto de observaciones. Fijar la norma de comparación con los mejores resultados garantiza que estos se puedan obtener con la aplicación de mejoras al proceso y la gestión de la empresa, aunado a que en el DEA las unidades de medida son independientes de las variables utilizadas.

Con el propósito de hacer la técnica más operativa y adecuarla mejor a la realidad del problema abordado, se siguió la versión sugerida por Banker *et al.* (1984), que se conoce como la versión DEA-CCR *input* orientado. La siguiente es la formulación matemática del modelo DEA-CCR para lograr determinar conjuntamente el índice de eficiencia técnica de cada sector y las ponderaciones asignadas a los diferentes *inputs* y *outputs*:

$$\text{Min}_{\theta, \gamma, \delta^+, \delta^-} -Z_0 = \theta - \varepsilon (\mathbf{1}\delta^+ + \mathbf{1}\delta^-)$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} \gamma &= Y_0 + \delta^+ \\ \gamma &= \theta \mathbf{o} - \delta^- \\ \mathbf{1}\gamma &= 1 \\ \gamma, \delta^+, \delta^- &\geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

El sector industrial se representa por el subíndice 0; X e Y representan, respectivamente, las cantidades de *input* i y de *output* r del sector j ; λ refleja las ponderaciones (desconocidas) atribuidas al *input* i y al *output* r correspondientes al sector que se trata de evaluar; finalmente, θ representa la tasa de eficiencia de la unidad muestral evaluada.

Así, aplicando este tipo de modelación a los sectores industriales exportadores que más empleo generan en Colombia, se construye la frontera de eficiencia relativa productiva. El resultado es un indicador de productividad total de los factores, el cual se construye a partir del cociente entre la ponderación de los *outputs* y la ponderación de los *inputs*. Esta técnica no paramétrica presenta la particularidad de determinar las ponderaciones

Es posible que la unidad eficiente y homogénea técnicamente no sea real sino la combinación lineal de otras unidades reales. Esta característica es coherente con el planteamiento de Farrell (1957) y presenta dos supuestos: i) la posibilidad de que se utilicen insumos de modo continuo, y ii) que la frontera de eficiencia es convexa. Estos supuestos garantizan, primero, que los inputs sean divisibles, y segundo, que la combinación lineal de dos o más unidades que pertenezcan al conjunto factible también lo cumplan.

utilizadas de manera exógena, es decir, la propia técnica de medición la asigna sin necesidad de asumir algún tipo de forma funcional. Para el estudio, dichas ponderaciones se determinan mediante la resolución de un modelo de programación matemática que presenta en su formulación el carácter relativo de la medida obtenida.

La solución del modelo matemático así definido permitió determinar los valores de las variables γ , y en consecuencia, la tasa de productividad θ asignada al sector evaluado. El proceso se vuelve reiterativo para cada uno de los j sectores y arroja una medida de productividad para todos ellos. Es importante destacar que el sector cuya productividad se trata de calcular aparece tanto en la función objetivo como en las restricciones, lo que garantiza que siempre existe una solución al problema.

Se observa que en las restricciones impuestas se encuentran las de no negatividad, que son universales, es decir, cada empresa puede usar el mismo conjunto de pesos para evaluar su eficiencia exportadora y el valor máximo de esta obtenido por cualquier empresa será 1.

4. DATOS Y VARIABLES

En la construcción del índice propuesto se trata de establecer una relación entre los *inputs*: número de establecimientos, el personal ocupado, los activos y la energía consumida; y los *outputs*: exportaciones y producción bruta de los sectores industriales para el período 2000-2011. Las variables utilizadas se describen a continuación:

- Número de establecimientos (NE): se trata del número de empresas registradas en el país por cada sector industrial.
- Personal ocupado (PO): son los empleados reportados por las empresas de cada sector en la encuesta anual manufacturera.
- Activos (AT): representan los activos del sector industrial en miles de millones de pesos.
- Energía consumida (EC): es la energía consumida en kWh por los sectores industriales reportada en la EAM.

- Exportaciones (EX): el monto de las exportaciones del sector, en millones de dólares.
- Producción bruta (PB): se trata del monto de la producción de cada sector industrial en miles de millones de pesos.

Para llevar a cabo la comparación entre los sectores industriales en Colombia se necesita información desagregada por sector (ver la Tabla 1). La información del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, (2012), soluciona esta necesidad con los estudios en el ámbito de agregación de empresas. Los datos para elaborar el DEA fueron obtenidos del informe de exportaciones por sector y de la encuesta anual manufacturera de los años comprendidos entre 2000 y 2011. Los valores estuvieron indexados

en pesos colombianos y las exportaciones en dólares (ver la Tabla 2).

5. PRINCIPALES RESULTADOS

La aplicación del análisis envolvente de datos implica la definición de una función de utilidad, que para este caso se compone de la descripción de dos outputs y cuatro inputs. Si bien se determinó la eficiencia dinámica para el período 2000-2011, que para efectos de ilustración se presentan los resultados en la Tabla 3; el análisis siguiente se realiza con base en datos del año 2011 y solo para el CIIU17; los demás sectores se analizan en forma similar.

Tabla 1. Sectores con mayor personal ocupado.

Sector	Descripción del sector
CIIU15	Elaboración de productos alimenticios y bebidas
CIIU24	Fabricación de sustancias y productos químicos
CIIU17	Fabricación de productos textiles
CIIU25	Fabricación de productos de caucho y plástico
CIIU26	Fabricación de otros productos minerales no metálicos
CIIU36	Fabricación de muebles; industrias manufactureras
CIIU28	Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo
CIIU29	Fabricación de maquinaria y equipo
CIIU22	Actividades de edición e impresión y de reproducción de grabaciones
CIIU21	Fabricación de papel y de productos de papel

Fuente: Dane (2012).

Tabla 2. Datos de *inputs* y *outputs* por sector industrial para el período 2011.

Sector	Inputs				Outputs	
	NE	PO	AT	EC	EX	PB
<i>Sectores analizados con personal ocupado superior a 20,000</i>						
CIIU15	1.771	152.675	27.407	3.102	4.768	53.715
CIIU24	827	75.554	13.496	1.769	3.053	23.390
CIIU18	1.021	60.705	1.672	130	540	5.197
CIIU25	775	53.208	6.557	1.198	751	8.099
CIIU17	419	45.972	4.635	897	564	4.873
CIIU26	499	38.502	12.022	1.716	470	9.687
CIIU28	740	37.162	2.066	241	278	4.339
CIIU36	698	33.976	1.610	195	375	3.231
CIIU22	683	33.115	2.859	181	186	4.322
CIIU29	585	31.246	1.928	148	409	3.652
CIIU19	410	21.146	602	94	260	1.574
<i>Sectores con ocupación inferior a 20,000 - No se analizan</i>						
CIIU21	184	17.767	6.453	1.515	550	6.045
CIIU31	181	16.816	1.641	152	318	3.186
CIIU34	208	16.229	1.322	126	416	5.751
CIIU27	186	15.576	7.741	2.787	4.404	9.764
CIIU20	202	6.502	616	79	29	788
CIIU35	58	6.487	422	30	41	2.267
CIIU23	114	6.213	14.388	906	5.152	40.911
CIIU33	90	4.095	214	19	77	353
CIIU16	4	1.071	511	15	7	678
CIIU32	18	577	23	3	55	44
TD	9.683	674.920	108.191	15.304	22.272	191.966

Fuente: Dane (2012).

De acuerdo con la Tabla 2, que contiene información de los *inputs* y *outputs* por sector para el año 2011, se desprende que el sector CIIU17 cuenta con los siguientes *inputs*: 419 establecimientos; 45.972 personas ocupadas; un volumen de activos de 4.635 mil millones y una energía consumida de 897 kWh. Los anteriores *inputs* en forma combinada generan unas exportaciones de 564 mil millones de dólares y una producción bruta de 4.873 miles de millones de pesos.

Los resultados de la modelación realizada, que se muestran en la Tabla 3, evidencian que el sector CIIU17 –resaltado en negrita– para llegar a la frontera eficiente industrial requiere ajustar

los *inputs* en la siguiente forma: el *input* número de establecimientos (NE) debe rebajar a una cifra de 236, eliminando 183 establecimientos que representan una reducción de 43,73% de la base actual; el personal ocupado (PO) pasaría a 18.688, representando una reducción de 59,35% equivalente a 27.283 empleados cesantes para el sector; los activos totales pasan de \$4.635 millones a \$2.208, con una disminución de 52,36%, representado por \$2.027 mil millones de pesos menos en activos; y la energía consumida (EC) pasaría de 897 a 321 kWh, con una reducción de 62,52%, que implica 576 kWh de disminución en consumo. Los demás sectores se analizan de modo similar con la información de la Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4.

Tabla 3. Resultados DEA-Input orientado para el año 2011.

Sector	NE	PO	AT	EC	EX	PB
CIIU15	1.771,00	152.675,00	27.407,37	3.102,46	4.767,82	53.715,18
CIIU24	827,00	75.554,00	13.495,92	1.768,66	3.053,18	23.389,80
CIIU18	1.021,00	60.705,00	1.671,57	130,45	539,55	5.197,12
CIIU25	434,74	32.191,90	3.967,32	441,74	751,22	8.099,34
CIIU17	235,78	18.688,91	2.608,45	321,52	564,27	4.872,76
CIIU26	319,40	27.534,75	4.942,89	559,53	859,87	9.687,47
CIIU28	510,57	32.201,47	1.790,06	177,21	419,00	4.339,23
CIIU36	462,00	28.790,53	1.364,62	142,34	375,20	3.312,50
CIIU22	510,25	32.166,16	1.781,22	176,20	417,53	4.322,43
CIIU29	585,00	31.246,00	1.927,67	148,17	409,16	3.652,15
<i>Porcentajes de mejora por sector</i>						
CIIU15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CIIU24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CIIU18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CIIU25	43,91	39,50	39,50	63,12	0,00	0,00
CIIU17	43,73	59,35	43,73	64,17	0,00	0,00
CIIU26	35,99	28,48	58,89	67,39	83,13	0,00
CIIU28	31,00	13,35	13,35	26,41	50,77	0,00
CIIU36	33,81	15,26	15,26	27,16	0,00	2,52
CIIU22	25,29	2,87	37,70	2,87	124,03	0,00
CIIU29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia con datos del Dane (2012) y modelados en Risk Simulator.

Tabla 4. Reducción de los *inputs* en cantidades para alcanzar la frontera eficiente.

Sector	NE	PO	AT	EC	EX	PB
CIIU15	0	0	0	0	0	0
CIIU24	0	0	0	0	0	0
CIIU18	0	0	0	0	0	0
CIIU25	340	21.016	2.590	756	0	0
CIIU17	183	27.283	2.027	576	0	0
CIIU26	180	10.967	7.079	1.156	390	0
CIIU28	229	4.961	276	64	141	0
CIIU36	236	5.185	246	53	0	81
CIIU22	173	949	1.078	5	231	0
CIIU29	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia con datos del Dane (2012) y modelados en Risk Simulator.

Ahora bien, desde un punto de vista dinámico los sectores CIIU15, CIIU18 y CIIU24 se han ubicado en la frontera de producción; por su lado, los sectores CIIU17, CIIU25, CIIU26, CIIU36 y CIIU28 han sido ineficientes en el período 2000-2011 (Tabla 5). Se destaca cómo

el sector CIIU22, que fue eficiente en casi todos los períodos, en el año 2011 se situó por fuera de la frontera eficiente, y la mejora en eficiencia del sector CIIU36 que en el último lustro se ha acercado a niveles superiores a 80%.

Tabla 5. Resultados Modelo DEA-CCR *Input* orientado.

Sector	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
CIIU15	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CIIU18	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CIIU24	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
CIIU17	0,560	0,579	0,541	0,530	0,553	0,550	0,621	0,812	0,844	0,636	0,566	0,563
CIIU25	0,592	0,633	0,632	0,609	0,626	0,755	0,744	0,705	0,731	0,634	0,681	0,605
CIIU26	0,670	0,724	0,734	0,740	0,727	0,690	0,718	0,750	0,710	0,670	0,681	0,715
CIIU36	0,669	0,613	0,663	0,663	0,634	0,687	0,957	0,733	0,934	0,898	0,901	0,847
CIIU22	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,971
CIIU28	0,746	0,794	0,832	0,832	0,858	0,936	0,971	1,000	0,988	0,889	0,901	0,867

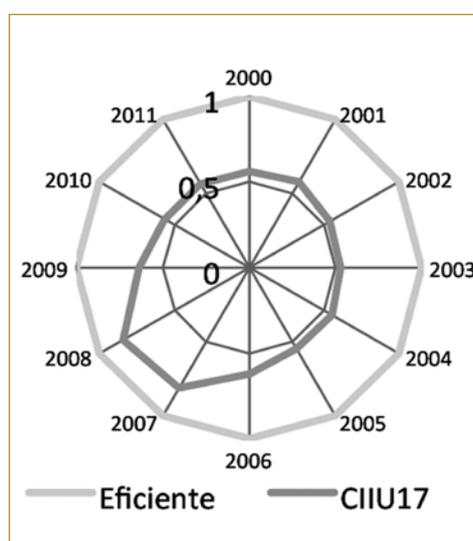
Fuente: Elaboración propia con datos del Dane (2012) y modelados en Risk Simulator.

Al comparar sectorialmente estas brechas, se observa que los sectores eficientes comparados entre sí presentan un valor unitario (1,0) cuando se cruzan; situación contraria ocurre con los sectores ineficientes comparados con los eficientes en donde se muestran las brechas de ineficiencia que se requiere sortear para llegar a la frontera (Tabla 6). Así, por ejemplo, el sector CIIU 17 en conjunto debería implementar las prácticas administrativas

del sector CIIU24 para acercarse a la frontera de producción ya que está en 28,65% del sector CIIU24. Igualmente se infiere cómo el sector CIIU17 en el período 2000-2011 ha estado por debajo de la frontera eficiente; con valores superiores a 80% en el año 2008 y para 2011 decayó a los niveles históricos con un porcentaje de 56,27%. Las gráficas para todos los sectores ineficientes se muestran en el anexo.

Tabla 6. Comparación de sectores y pesos.

	CIIU15	CIIU24	CIIU28	CIIU29
CIIU15	1,0000			
CIIU24		1,0000		
CIIU17		0,2865		
CIIU25		0,3615	0,1576	
CIIU26		0,4312		
CIIU36	0,0590	0,0369	0,5817	
CIIU28			1,0000	
CIIU29				1,0000
CIIU22	0,0131	0,0029		0,8278
CIIU21		0,2932		



Fuente: Elaboración propia con datos del Dane (2012) y modelados en Risk Simulator.

A pesar de la importancia que el sector industrial tiene en el desarrollo interno del país, el análisis arroja debilidades en la eficiencia técnica que minan el desempeño exportador e incrementan la vulnerabilidad frente a los nuevos retos de globalización impuestos por la dinámica mundial, en contravía de los hallazgos de Li (2008), quien elabora un estudio empírico y demuestra cómo los altos niveles de internacionalización están asociados con un mejoramiento de la eficiencia técnica de las empresas manufactureras en Estados Unidos.

Los resultados obtenidos están en la misma línea de las conclusiones de Reina (2012), quien asegura que no obstante el dinamismo de las exportaciones en el último lustro, la economía colombiana no tiene

una apertura exportadora significativa comparada con otros países medianos y grandes de América Latina. La situación se torna más compleja si se considera que a los problemas de eficiencia técnica aunamos que la oferta exportable colombiana se concentra cada vez más en productos primarios y las exportaciones no tradicionales se orientan a pocos mercados marcados por la inestabilidad.

Por último, los resultados de la eficiencia técnica también muestran que el tamaño sectorial tiene una relación directa con esta, es decir, los sectores con mayor número de empleados y activos se situaron en la frontera eficiente de producción, en la misma dirección de los hallazgos de Perdomo *et al.* (2007) y Sepúlveda (2014).

A pesar de la importancia que el sector industrial tiene en el desarrollo interno del país, el análisis arroja debilidades en la eficiencia técnica que minan el desempeño exportador e incrementan la vulnerabilidad frente a los nuevos retos de globalización impuestos por la dinámica mundial, en contravía de los hallazgos de Li (2008), quien elabora un estudio empírico y demuestra cómo los altos niveles de internacionalización están asociados con un mejoramiento de la eficiencia técnica de las empresas manufactureras en Estados Unidos.

6. CONCLUSIONES

Este trabajo desarrolló un análisis comparativo entre los sectores industriales en Colombia que generaron más empleo entre 2000-2011. Para ello, se ha utilizado una simulación dinámica y se aplicó un análisis envolvente de datos (DEA) para obtener un índice general de eficiencia técnica en el uso de los recursos. La mirada a los resultados, tomando como lectura el sector CIIU17, indica que para que un sector alcance la frontera eficiente de producción, obligatoriamente debe aumentar las salidas y/o reducir los insumos utilizados en su proceso de producción.

Se enfatiza que un lector desprevenido del modelo podría sugerir reducir los *inputs*, pero para mantener el desempeño exportador las empresas deben conocer y trabajar sobre las altas expectativas de los consumidores en términos de calidad y opciones de producto, direccionadas por sus capacidades tecnológicas, lo que está ligado con el mejoramiento de la eficiencia de los *inputs* y no en su recorte, esta evidencia muestra que el camino apropiado es desarrollar estrategias para incrementar los *outputs* y planes de mejoramiento para actuar sobre los *inputs*. En el caso concreto de análisis, se sugiere actuar para disminuir el consumo de energía e incrementar la eficiencia de los activos. Por su parte, los *inputs* asociados con el número de establecimientos y personal ocupado, para un lector desprevenido, podría sugerir su disminución mediante el cierre de establecimientos y el despido de personal, cuyo resultado a corto plazo mejora la capacidad para lograr los fines deseados pero a largo plazo podría acarrear un efecto *boomerang* por los costos asociados con la selección, reclutamiento y entrenamiento del personal, adicional al costo social del cierre de establecimientos y despido de personal, razón por la cual se sugiere prestar especial atención a estas variables. Los datos presentados son clave a la hora de formular planes de expansión de la capacidad instalada y solicitar crédito al sector financiero. Es imperativo revisar cuáles recursos son ociosos y el impacto que tienen sobre la generación de valor.

A la luz de los conceptos de la generación de valor, se resalta el hecho de que todos los sectores ineficientes, sin excepción, están destruyendo valor para la economía colombiana. Es importante considerar que si bien un indicador financiero tradicional como el EBITDA tiene amplia aceptación por el gremio empresarial como medida para evaluar la generación de valor de una empresa, surgen problemas cuando la única medida del desempeño de la organización es esta, entre otras explicaciones, porque no tiene en cuenta la relación entre entradas y salidas. En este orden de ideas, el rendimiento financiero de una empresa se debe complementar con medidas de riesgo y productividad, que con el uso de una metodología no paramétrica para medir la eficiencia, como la presentada en este artículo, robustecen el análisis con la introducción de técnicas para cuantificar el riesgo y obtener mediante la combinación de las técnicas una aproximación más real a la generación o destrucción de valor de una empresa o sector industrial.

RECOMENDACIONES

Este estudio le aporta al empresario elementos de juicio para comprender la relevancia de gestionar la eficiencia técnica, y su interpretación mediante indicadores relacionados que den cuenta de la productividad de los recursos actuales consumidos por los sectores en su proceso de generar valor. Como se evidencia en la tabla 6, un amplio porcentaje de los sectores deben aumentar sus *outputs* (exportaciones y producción bruta), sin cambiar y/o disminuir la combinación de *inputs* (NE, PO, AT, EC), para alcanzar la frontera eficiente de producción.

REFERENCIAS

- Anderson, E. & Coughlan, A. (1987). International market entry and expansion via independent or integrated channels of distribution. *The Journal of Marketing*, 51(1), 71-82.
- Andrade, S. (2005). *Diccionario de Economía* (tercera ed.) México: Editorial Andrade.
- Banker, R.; Charnes, A. & Cooper, W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), 14.
- Bhandari, A. & Ray, S. (2012). Technical Efficiency in the Indian Textiles Industry: A Non Parametric Analysis of Firm Level Data. *Bulletin of Economic Research*, 64(1), 109-124.
- Brockett, P.; Charnes, A.; Cooper, W.; Huang, Z., & Sun, D. (1997). Data transformations in DEA cone ratio envelopment approaches for monitoring bank performances. *European Journal of Operational Research*, 98(2), 250-268.
- Buckley, P. (1990). Problems and developments in the core theory of international business. *Journal of International Business Studies*, 21(4), 657-665.
- Charnes, A.; Cooper, W., & Rhodes, E. (1981). Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to program follow through. *Management Science*, 27(6), 668-697.
- Cubillos, M. y Navas, V. (2000). Inversión extranjera directa en Colombia: características y tendencias. *Boletines de Divulgación Económica*, (4).
- Chiavenato, I. (2004). *Introducción a la teoría general de la administración* (séptima ed.) México: McGraw-Hill Interamericana.
- DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2012). Encuesta Anual Manufacturera (EAM). Años 2001 a 2011. Bogotá.
- Dunning, J. (1988). The eclectic paradigm of international production: a restatement and some possible extensions. *Journal of International Business Studies*, 19(1), 1-31.

- Farrell, M. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253-290.
- Hanoch, G., & Rothschild, M. (1972). Testing the Assumptions of Production Theory. *Journal of Political Economy* (80), 256-275.
- Katsikeas, C.; Leonidou, L. & Morgan, N. (2000). Firm-level export performance assessment: review, evaluation, and development. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 28(4), 493-511.
- Koontz, H., y Wehrich, H. (2004). *Administración - una perspectiva global*. (12º. ed.) España: McGraw-Hill Interamericana.
- Li, L. (2008). Multinationality and technical efficiency: a neglected perspective. *Management International Review*, 48(1), 39-63.
- Mankiw, G. (2004). *Economía* (3a. ed.) España: McGraw-Hill Interamericana.
- Mok, V.; Yeung, G.; Han, Z., & Li, Z. (2010). Export orientation and technical efficiency: clothing firms in China. *Managerial and Decision Economics*, 31(7), 453-463.
- Perdomo, J.; Hueth, D., y Mendieta, J. (2007). Factores que afectan la eficiencia técnica en el sector cafetero colombiano: una aplicación con análisis envolvente de datos. *Ensayos sobre Economía Cafetera*, 22, 121-140.
- Reina, M. (2012). *Internacionalización de la economía colombiana: comercio e inversión*. Fedesarrollo, Corporación Andina de Fomento.
- Reinaldo, O. (2002). *Teorías de la administración*. México: International Thomson Editores S.A. de C.V.
- Restrepo, J. y Vanegas J. (2009). Análisis del perfil financiero de las pymes del Valle de Aburrá y su acceso al crédito: una aplicación empírica. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, No. 3, pp. 43-54.
- Robbins, S., y Coulter, M. (2005). *Administración* (8º. ed.) México: Pearson Educación.
- Samuelson, P., y Nordhaus, W. (2002). *Economía* (17º. ed.) España: McGraw- Hill Interamericana.
- Sengupta, J. (1987). Production Frontier Estimation to Measure Efficiency: A Critical Evaluation in Light of Data Envelopment Analysis. *Managerial and Decision Economics*, 8, 93-99.
- Sepúlveda, M. (2014). Análisis de eficiencia técnica y estudio de casos en los cultivos de flores de la Sabana de Bogotá (Colombia). *Revista Científica Pensamiento y Gestión*, 36, 291-326.
- Teece, D. J. (1986). Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research policy*, 15(6), 285-305.
- Whitelock, J. (2002). Theories of internationalisation and their impact on market entry. *International Marketing Review*, 19(4), 342-347.
- Zampa, D. (2004). De la producción a la personalización: una reflexión sobre la industria, el diseño y las personas. *Temas de Disseny*, (21), 43-53.
- Zheng, J.; Liu, X., & Bigsten, A. (1998). Ownership structure and determinants of technical efficiency: an application of data envelopment analysis to Chinese enterprises (1986–1990). *Journal of Comparative Economics*, 26(3), 465-484.

ANEXO

RESUMEN DE LAS BRECHAS DE INEFICIENCIAS SECTORIALES

