



Scientia Et Technica

ISSN: 0122-1701

scientia@utp.edu.co

Universidad Tecnológica de Pereira

Colombia

MONTOYA SUÁREZ, OMAR; SOTO MEJÍA, JOSÉ
ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DE LAS ECONOMÍAS DE LOS DEPARTAMENTOS
CAFETEROS DE COLOMBIA, POR EL MÉTODO DE PROGRAMACIÓN LINEAL ANÁLISIS
ENVOLVENTE DE DATOS (DEA)

Scientia Et Technica, vol. XVI, núm. 44, abril, 2010, pp. 348-353

Universidad Tecnológica de Pereira

Pereira, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917316065>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DE LAS ECONOMÍAS DE LOS DEPARTAMENTOS CAFETEROS DE COLOMBIA, POR EL MÉTODO DE PROGRAMACIÓN LINEAL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DEA).

Estimation of the technical efficiency by the method of Linear Programming Data Envelopment Analysis (DEA) for the Colombian coffee departments

RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados de la medición de la eficiencia técnica (es decir, si están o no maximizando el desempeño productivo dada la cantidad de insumos con que cuentan) de los departamentos de la Región del Eje Cafetero (Caldas Quindío y Risaralda) y de los departamentos de Antioquia, Tolima y Valle del Cauca. Para tal fin se aplica el modelo DEA Windows analysis O-V.

PALABRAS CLAVES

Eficiencia técnica, Análisis Envolvente de Datos (DEA)

ABSTRACT

This paper presents the results of the measurement of technical efficiency (is to say, if they are maximizing the productive performance given the amount of inputs that count) of the departments of the Coffee Region (Caldas, Quindío and Risaralda) and the departments of Antioquia, Tolima and Valle del Cauca. To this end the model is applied DEA Windows analysis OV.

KEYWORDS:

Technical efficiency, Data Envelopment Analysis (DEA)

OMAR MONTOYA SUÁREZ

Economista Industrial
Espec. : Gerencia de Tecnología
M.Sc. Investigación de Operaciones y Estadística.
Profesor Asociado
Universidad Tecnológica de Pereira
omarm@utp.edu.co

JOSÉ SOTO MEJÍA

Profesor Titular PhD.
Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad Tecnológica de Pereira
jomejia@utp.edu.co
Grupo de Investigación en Economía y Tecnología (GIECOTEC)
Grupo de investigación: Análisis Envolvente de Datos
Escuela de Tecnología Industrial, Facultad de Tecnología
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

1. INTRODUCCIÓN

El método Análisis Envolvente de Datos (DEA)¹ fue originalmente desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) [1] desde el punto de vista de los insumos para tecnologías con retornos constantes a escala (Modelo CCR) y extendido por Banker, Charnes y Cooper (1984) [2] para retornos variables a escala (Modelo BCC); este último es tan solo una generalización al caso de múltiples insumos y productos del ratio para un único insumo y producto planteado por Farrell (1957) [3] como medida de eficiencia.

Este método no paramétrico, a diferencia del método utilizado para estimar la frontera estocástica (método paramétrico), no impone a priori una estructura arbitraria en la especificación de la frontera de mejor práctica, pero en cambio sí supone que el ruido aleatorio (error v_i) es inexistente. La principal ventaja del método DEA radica en su flexibilidad, al adaptarse a modelos con más de un producto (multi-output) y de múltiples formulaciones (CCR, BCC, etc.). Sin embargo, no considera los errores de medida en la obtención de los datos y no permite realizar contrastes de hipótesis acerca de la estructura de la producción y de la propia eficiencia técnica.

La evaluación de la eficiencia, a través de la técnica DEA, puede realizarse mediante la aplicación de diferentes modelos. La elección del modelo más apropiado a aplicar al objeto de estudio, implica especificar el tipo de rendimientos de escala que exhibe la tecnología de producción así como la orientación del modelo (maximización de outputs o minimización de inputs).

¹ El Análisis Envolvente de Datos, nombre que viene del término inglés DEA (Data Envelopment Analysis), es una técnica de medida de la eficiencia basada en la programación lineal. Se trata de una técnica, de programación matemática, que surge con el objeto de conseguir una herramienta para medir la eficiencia, por lo tanto se trata de una técnica especializada en medir la eficiencia de unidades productivas, o unidades de toma de decisión [4]. Sus operaciones se caracterizan por tener tanto sus entradas (inputs) como sus salidas (outputs) multidimensionales.

Las economías de los departamentos cafeteros objeto del presente estudio (Caldas, Quindío, Risaralda, Antioquia, Tolima y Valle del Cauca) se caracterizan porque el grado de control de los gestores de estas economías sobre sus recursos de producción es máximo, ya que éstos vienen determinados por los mismos productores y no por niveles superiores de la administración pública en función de unos criterios preestablecidos de política económica. Por tanto, parece razonable suponer que los objetivos de los productores de los diferentes departamentos cafeteros irán orientados hacia la minimización de los recursos. No obstante, en cierta medida, los productores también ejercen control hacia la obtención de mayores niveles de producción dada, en ciertas circunstancias, el comportamiento de la demanda. Su objetivo parece, pues, ser doble: de un lado procuran la minimización de los insumos y, por el otro, la maximización de la producción. En nuestro caso parecería, pues, indiferente optar por uno u otro método. Sin embargo, para los efectos del presente estudio se selecciona un modelo DEA con orientación al output para la evaluación de la eficiencia, es decir, vamos a analizar en qué porcentaje los departamentos cafeteros, objeto de estudio, pueden maximizar su volumen de producción dados uno recursos productivos.

En cuanto a la elección del modelo DEA entre un modelo de Rendimientos constantes a escala y uno de Rendimientos variables a escala, la hipótesis del modelo DEA con rendimientos a escala constantes, a priori, solamente es conveniente cuando todos los departamentos están operando en su escala óptima. Con el fin de evitar las dificultades asociadas a la medición de la eficiencia técnica en unidades sesgadas por ineficiencias de escala y dado que se tiene un panel de datos², se emplea el modelo DEA Windows Analysis O-V, que permite el cálculo de la eficiencia técnica para varios periodos de tiempo.

Este modelo relaciona los inputs y outputs de diferentes unidades a lo largo de diferentes periodos de tiempo, llamados ventanas. La amplitud de la “ventana”, es decir, el número de periodos de tiempo que entran en comparación, depende del tipo de problemas y de las combinaciones que desee realizar el analista [5]. No hay,

hasta el momento, una teoría que sustente la justificación de la elección del tamaño de la ventana.

A través de una formulación similar a la de una media móvil, el análisis de Windows establece las tendencias en el rendimiento de la eficiencia de una DMU³ en el tiempo.

Windows Analysis permite desarrollar comparaciones de diferentes periodos a través del tiempo entre DMUs, donde una DMU en cada período es tratada como si fuera “diferente”. Específicamente, el rendimiento de una DMU en un período en particular, es comparado con su rendimiento en otros periodos incluyendo los resultados de otras DMUs.

El ordenamiento de los resultados en Windows Analysis, facilita la identificación de tendencias de resultados, muestra la estabilidad del conjunto de referencia y brinda múltiples directrices que permiten analizar distintas situaciones. Windows Analysis permite desarrollar análisis por filas o columnas [6].

Para los efectos de este artículo, se toma una sola ventana de 19 años (periodo completo de 1990-2008) que coincide, precisamente, con el tiempo total de las variables seleccionadas.

2. VARIABLES UTILIZADAS

Las variables iniciales seleccionadas: nueve variables de entrada (inputs) y una variable de salida (output) (tabla 1) son resultado tanto de la revisión bibliográfica (en función del grado de influencia que tiene en el rendimiento y en la eficiencia productiva) así como de la disponibilidad regional de la información sobre el tema tratado.

Tabla 1. Variables seleccionadas

Variable	Indicador	Sigla	Clase de variables
1. PIB de los departamentos	Logaritmo del PIB	LPIB	OUTPUT
2. Población ocupada	Logaritmo de la población ocupada	LPO	INPUT
3. Total activos	Logaritmo del total de activos	LTA	INPUT
4. Consumo de energía	Logaritmo del consumo de energía	LCE	INPUT
5. Consumo intermedio	Logaritmo del consumo intermedio	LCI	INPUT
6. Industrialización (sector Industr./PIB)	Logaritmo de la Participación de la industria en el PIB	LIND	INPUT
7. Terciarización (sector serv./PIB)	Logaritmo de la Participación del sector servicio en el PIB	LTER	INPUT
8. Exportaciones no tradicionales	Logaritmo de las exportaciones tradicionales	LEXNT	INPUT
9. Exportaciones tradicionales	Logaritmo de las exportaciones tradicionales	LEXT	INPUT

² En estadística y econometría, el término de datos de panel se refiere a datos que combinan una dimensión temporal con otra *transversal*. Un conjunto de datos que recoge observaciones de un fenómeno a lo largo del tiempo se conoce como serie temporal. Dichos conjuntos de datos están ordenados y la información relevante respecto al fenómeno estudiado es la que proporciona su evolución en el tiempo. Un conjunto transversal de datos contiene observaciones sobre múltiples fenómenos en un momento determinado. En este caso, el orden de las observaciones es irrelevante.

Un conjunto de datos de panel recoge observaciones sobre múltiples fenómenos a lo largo de determinados periodos de tiempo. La dimensión temporal enriquece la estructura de los datos y es capaz de aportar información que no aparece en un único corte. (http://es.wikipedia.org/wiki/Datos_de_panel).

³ El término DMU hace referencia a cualquier tipo de productor o unidad de producción: empresa, industria, personas, región, país, etc.

10. Grado de apertura (Export. No trad.+ Import.)/PIB	Logaritmo del Grado de apertura	LGA	INPUT
---	---------------------------------	-----	-------

Fuente: Elaboración propia

Los datos fueron recopilados a partir de una gran diversidad de fuentes, así: DANE (Encuesta continua de hogares, Gran encuesta integrada de hogares, Informes de coyuntura, Anuarios de la industria manufacturera), DIAN, MINCOMEX, Departamento Nacional de Planeación (DNP), Cámaras de Comercio de los respectivos departamentos. El proceso de construcción de las series de datos para cada variable se realizó a partir de esta gran diversidad de fuentes dado que los departamentos cafeteros no cuentan aún con una base de datos bien organizada, completa y actualizada.

Para todas las variables se tomó una serie de tiempo de 19 años (1990-2008) y se recogió información para cada uno de los departamentos considerados.

Para la obtención de las variables definitivas con las cuales se construyó el modelo empírico se calculó la correlación de Pearson entre las nueve (9) variables (inputs) originales y los outputs (variable dependiente) de cada departamento considerado tomándose aquellas variables con mayor correlación con el PIB.

Las variables finales, con las cuales se realizó el estudio, fueron las siguientes (Tabla 2)

Tabla 2. Variables seleccionadas

Variable	Indicador	Sigla	Clase de variables
1. PIB de los departamentos	Logaritmo del PIB	LPIB	OUTPUT
3. Total activos	Logaritmo del total de activos	LTA	INPUT
4. Consumo de energía	Logaritmo del consumo de energía	LCE	INPUT
5. Consumo intermedio	Logaritmo del consumo intermedio	LCI	INPUT

Fuente: Elaboración propia

3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Las eficiencias técnicas por año y para cada uno de los departamentos después de aplicar el software DEA-Solver, modelo Windows Analysis O-V, son los siguientes:

Tabla 1. Eficiencia técnica modelo DEA Windows Analysis O-V

Años	Caldas	Quindío	Risaralda	Antioquia	Tolima	Valle del Cauca	Promedio simple por año
1990	0,87436441	1	0,71312391	1	1	0,87190154	0,909898312
1991	0,92104927	1	0,71631366	1	1	1	0,939560488
1992	1	1	0,75875941	1	1	0,86710214	0,937643593
1993	0,92527365	1	0,81621336	1	1	0,80269725	0,92403071

1994	0,93162868	1	0,6273188	1	1	0,83973723	0,899780785
1995	0,89445987	1	0,67517567	1	1	0,8277019	0,89955624
1996	0,84365095	1	0,60227998	1	1	0,8488215	0,882458737
1997	1	1	0,71433707	1	1	0,81283283	0,921194984
1998	1	1	0,68246174	1	1	0,86181708	0,924046471
1999	0,98694913	1	0,59625865	1	1	0,84691532	0,905020517
2000	0,98094363	1	0,61104744	1	1	0,83920632	0,905199564
2001	0,99898079	1	0,65922992	1	1	0,87182225	0,92167216
2002	1	1	0,68527904	1	1	0,86388398	0,924860503
2003	1	1	0,71900136	1	1	0,88036734	0,933228117
2004	1	1	0,8193894	1	1	0,9134851	0,955479082
2005	1	1	0,81495273	1	1	0,90834257	0,953882549
2006	1	1	0,81573337	1	1	0,85390585	0,94493987
2007	1	1	0,79814629	1	1	0,89074694	0,948148873
2008	1	1	0,81148405	1	1	0,90256987	0,952342319

Fuente: Elaboración propia. Software DEA Windows Analysis.

Tabla 2
Promedio simple por departamento (DEA Windows analysis)

	Caldas	Quindío	Risaralda	Antioquia	Tolima	Valle del Cauca
Eficiencia						
Promedio	96,62%	100,00%	71,77%	100,00%	100,00%	86,86%

Fuente: Elaboración propia. Software DEA Solver
El software arroja solamente promedios generales simples.

3.1. Evolución de la eficiencia técnica promedio global para los departamentos

El *gráfico 1* muestra la evolución de la eficiencia técnica promedio simple para la producción de los departamentos en estudio entre 1990 y 2008 (promedio aritmético simple)⁴. Se observa una leve tendencia ascendente de la eficiencia técnica promedio, la cual creció en 0,25%⁵ entre 1990 y 2008. No obstante, se observa cambios en la volatilidad de la eficiencia técnica en el periodo en estudio. En efecto, desde 1990 hasta 1999 (década del 90), la volatilidad de la eficiencia técnica, medida a través de la desviación estándar, fue baja (0,01815908 (1,82%)); por el contrario, a partir del año 2000 hasta el 2008 (década del 2000), la volatilidad de la eficiencia técnica se hizo aún más pequeña (desviación estándar del 0,01341621 (1,34%)), lo que significa la existencia de pocos sobresaltos en el comportamiento de la eficiencia, es decir, la existencia de una tendencia a la suavización de la volatilidad. Sin embargo, esta suavización es necesario mirarla con ojos críticos, pues a pesar de que la tendencia hacia la suavización de la volatilidad se presenta a partir del año 2000, la volatilidad de ambos

⁴ El software DEA Solver arroja promedios simples de eficiencia.

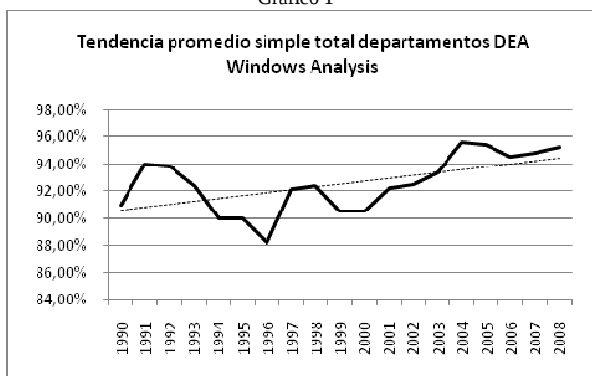
⁵ El promedio de crecimiento del periodo se calculó empleando la

$$\text{siguiente fórmula: } r = \left(\frac{V_f}{V_i} \right)^{\frac{1}{n-1}} - 1 ; \text{ donde } V_f \text{ es el valor final de}$$

la serie, V_i valor inicial y n el número de periodos.

periodos (1990-1999 y 2000-2008) es más alta que la leve tasa de crecimiento de la eficiencia, la cual fue de 0,25%. Vista de esta forma, la volatilidad de la eficiencia técnica sigue siendo preocupante.

Gráfico 1



Es preocupante el alto grado de volatilidad en la eficiencia técnica en los departamentos cafeteros en estudio, sobre todo, a partir de finales de los 90. Al parecer, la volatilidad se ha acrecentado como consecuencia de las reformas estructurales y el consiguiente aumento del grado de integración comercial y financiera de los países de la región en la economía global. Que la volatilidad constituya una fuente de preocupación en América Latina no es sorprendente. Como postula la teoría económica, el bienestar de los actores económicos no depende sólo de su nivel de vida, sino también del grado de certidumbre de éste [7]. Es necesario tener en cuenta que en tiempos volátiles las economías de los departamentos (y de las organizaciones en general) son susceptibles de enfrentar diversos niveles de riesgos, los cuales se traducen, casi siempre, en un ambiente inevitable de crisis económica.

La volatilidad agregada de los departamentos cafeteros refleja el efecto combinado de tres factores principales: perturbaciones externas reales (crisis cafetera y apertura de los mercados), inestabilidad de la política macroeconómica (nacional y regional), y debilidad de los mercados financieros domésticos. La volatilidad agregada también refleja otros factores no económicos, como cambios climáticos, desastres naturales (inundaciones, etc.) y sucesos políticos (incluidos los de orden público).

3.2. Comportamiento de la eficiencia técnica por departamento

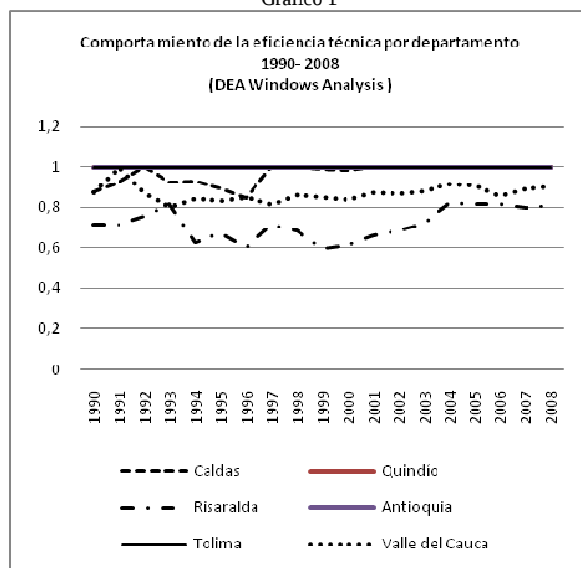
Los departamentos de Quindío, Antioquia y Tolima poseen eficiencia del 100%, constituyéndose en la frontera eficiente del modelo Windows Analysis, los demás departamentos se encuentran con niveles más bajos de eficiencia: Risaralda ocupa el último lugar en cuanto a nivel de eficiencia (gráfico 2).

El hecho de que los departamentos de Quindío, Antioquia y Tolima posean eficiencia del 100% no significa que hayan llegado al máximo de eficiencia en la vida productiva real y que, por lo tanto, no tengan problema en cuanto a eficiencia técnica. El 100% de eficiencia indica únicamente que son más eficientes que los departamentos con los cuales se compara en el estudio, pero es posible que frente a otros departamentos la eficiencia cambie. Esto significa que la política económica de producción y eficiencia debe orientarse hacia todos los departamentos involucrados en el estudio.

Ahora bien, si se parte del supuesto de que los diferentes departamentos controlan las dotaciones de factores, la productividad de los mismos puede diferir por al menos dos razones. La primera es que una de ellas podría tener acceso a una tecnología más avanzada, lo que le permitiría extraer un mayor *output* de un volumen dado de recursos. La segunda es que, incluso teniendo acceso a la misma tecnología, las dos economías podrían diferir en la eficacia de sus procesos productivos o en la calidad de la gestión de sus empresas (esto es, en sus niveles de eficiencia *X*). Parece razonable pensar que ambos tipos de diferencias pueden presentarse en la práctica [8].

El diseño de la política económica para los departamentos de menor eficiencia técnica (y aún para los que presenta una eficiencia mayor), debe partir de las anteriores consideraciones.

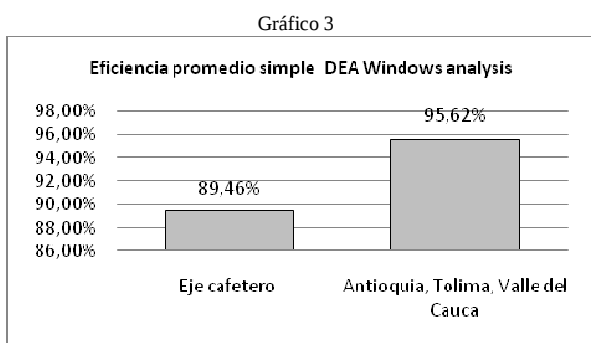
Gráfico 1



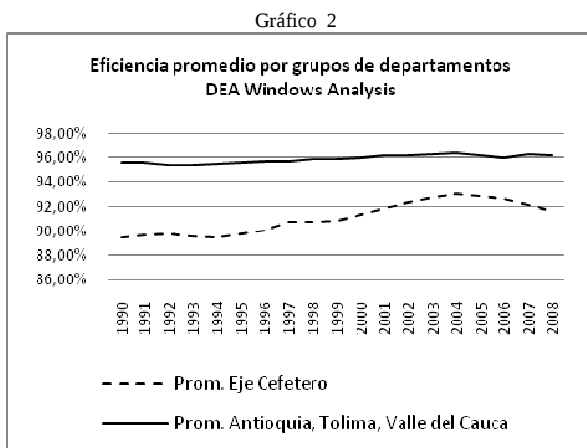
3.3. Eficiencia por grupos de departamentos

Los departamentos del eje cafetero, como era de esperarse, presentan un porcentaje promedio de eficiencia menor que el porcentaje promedio de eficiencia del grupo de los departamentos de Antioquia, Tolima y Valle del Cauca. El eje cafetero (grupo 1) muestra una eficiencia

promedio simple de 89,46% inferior a la eficiencia promedio del grupo 2 (Antioquia, Tolima y Valle del Cauca), la cual es de 95,62% (gráfico 3). En promedio, la economía de los departamentos del Eje Cafetero genera el 89,46% de su producción potencial, es decir, de aquella que pudiera generar si emplea al máximo sus recursos, mientras que las economías del grupo 2 generan el 95,62%. Esto indica que el grupo 1 de departamentos podría incrementar los niveles de producción en un 11,54% mediante la mejora de la eficiencia en el uso de los inputs productivos, mientras que el grupo 2 podría mejorar dicha eficiencia en un 4,62%.

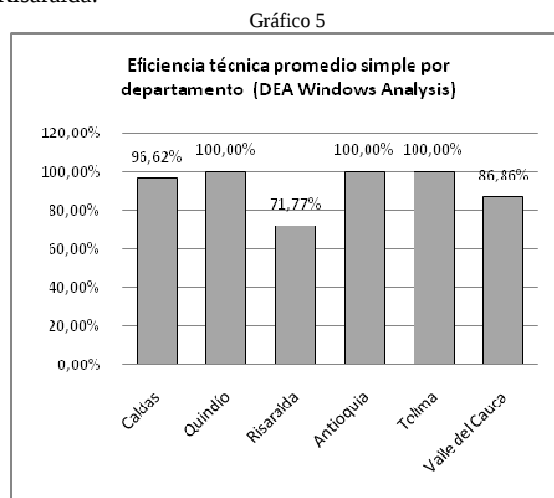


En el gráfico 4 se observa la tendencia de la eficiencia en el tiempo por grupos de departamentos: la eficiencia técnica tanto, de los departamentos del eje cafetero como de los departamentos de Antioquia, Tolima y Valle del Cauca, presenta una tendencia a aumentar. La tendencia a crecer de la eficiencia de los departamentos del Eje cafetero es más fuerte (crecimiento del 0,49%) que la tendencia a aumentar de la eficiencia de los departamentos de Antioquia, Tolima y Valle del Cauca (crecimiento del 0,087%). No obstante, resulta preocupante estas ínfimas tasas de crecimiento para un periodo de 19 años.



3.4. Eficiencia técnica promedio simple estimada para cada uno de los departamentos seleccionados

Si se considera la eficiencia técnica promedio por departamento, se obtienen los resultados presentados en el gráfico 5. En éste caso, los departamentos más eficientes son, en su orden, Antioquia, Quindío y Tolima. Se observa que los menos eficientes son los departamentos Caldas, Valle del Cauca y, por último, Risaralda.



La eficiencia en producción es una medida de la habilidad de la economía de los departamentos para producir, dados los insumos.

Un departamento es eficiente técnicamente si ésta maximiza su producción por unidad de insumo utilizado. La eficiencia técnica es la eficiencia de producción y se calcula independientemente de los precios y costos. Es decir la ineficiencia técnica proviene del fallo de alcanzar los objetivos de producción o servicio

Un departamento ineficiente es tal que, comparando su desempeño con el alcanzado por otro departamento, éste debe alcanzar sus niveles actuales de producción con menos insumos o generar mayor nivel con los insumos actuales. Un insumo se entiende como cualquier recurso utilizado por un departamento para producir. Se pueden incluir recursos que no son productos sino atributos de su ambiente operativo, los cuales pueden ser controlados o no controlados. [9]

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se realizó un estudio de la eficiencia técnica de la economía de los departamentos cafeteros de Colombia (Caldas, Quindío, Risaralda, Antioquia, Tolima y Valle del Cauca), departamentos heterogéneos pero que arrastran una estructura industrial tradicional y donde, por lo tanto, presentan problemáticas muy similares. La técnica utilizada ha sido el Análisis Envolvente de Datos (DEA), modelo Windows Analysis O-V (output orientado), por haberse trabajado con datos de panel.

La eficiencia técnica es uno de los principales factores que determina la competitividad de los departamentos en estudio, debido a que las mejoras en eficiencia se traducirán en incrementos de la productividad de los insumos utilizados en el proceso productivo, lo que, a su vez, se reflejará en una disminución en los costos de producción. En este sentido, la eficiencia es un concepto meramente técnico, puesto que contempla únicamente la relación entre las cantidades de insumos y productos y no sus valores. En definitiva, bajo el concepto de eficiencia técnica, la proporción de factores de una asignación eficiente puede variar si se modifica la técnica de producción, pero no si cambian los precios o se modifican las productividades marginales.

La eficiencia técnica en su versión dinámica, como se considera en este trabajo, necesita del empleo urgente de nuevos métodos de producción así como del máximo posible incremento y dispersión del output.

Los resultados muestran cómo los departamentos presentan niveles de eficiencia relativamente altos existiendo un grupo de departamentos (Antioquia, Quindío y Valle del Cauca) altamente eficientes en comparación con los más reducidos niveles de eficiencia técnica del resto.

Es de destacar, también, que los departamentos (tomados en conjunto) que hicieron parte del estudio, operan, en promedio (promedio simple), con un nivel de eficiencia del 93,68%, lo que significa que generan un porcentaje inferior en comparación con la producción máxima que alcanzarían si hacen el mejor uso posible de los insumos de que disponen. Por tanto, se puede concluir que existen razones para plantear actuaciones que ayuden a generar el 6,32% en que se podría mejorar la producción usando los mismos factores de producción.

No obstante, cabe destacar que los departamentos de Antioquia, Tolima y Valle del Cauca son más eficientes que los de departamentos del Eje Cafetero, pues los primeros tienen una eficiencia promedio simple del 95,62% mientras que el Eje cafetero apenas alcanza una eficiencia técnica promedio de 89,46%. Esto significa que el esfuerzo de estos últimos departamentos debe ser mayor si desean alcanzar mayores niveles de eficiencia productiva.

Estas conclusiones ayudan a orientar la acción de estímulo público de los departamentos identificando los más débiles y la necesidad de impulsar la eficiencia y competitividad de los mismos pero con distintos procedimientos según los casos.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Charnes, A., Cooper, W. y Rhodes, E. (1978): Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2 (6), 429-444.
- [2] Bankers, R; Charnes, A. ; Cooper, W.W (1984). "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", **Management Science**, 30, 9, (September 1984), pp. 1078-1092.
- [3] Farrell, M. J. (1957) "The Measurement of Productive Efficiency", En: *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General*, 120, Part 3, 253-281.
- [4] Díez Martín, Francisco de Asís (2008). Análisis de eficiencia de los departamentos universitarios. El caso de la Universidad de Sevilla.
<http://vlex.com/vid/analisis-envolvente-datos-41323268>
Id. vLex: VLEX-41323268
- [5] Boscá, J. E.; Liern, V.; Martínez, A. y Sala, R. Eficiencia temporal con modelos DEA no radiales. *Universitat de Valencia*.
http://www.uv.es/asepuma/XIII/comunica/comunica_06.pdf. (Consultado Enero del 2010).
- [6] Mendoza Arregocés, Lisandro y Palacios Gómez, Fernando (2000). Eficiencia y productividad del sector bancario colombiano: una aproximación con Data Envelopment Analysis. Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes.
http://guaica.uniandes.edu.co:5050/dspace/bitstream/1992/395/1/mi_780.pdf
- [7] Perry, Guillerme y Servén, Luis. La volatilidad macroeconómica en América Latina: causas y soluciones. http://www.revistasice.com/cmsrevistasICE/pdfs/ICE_790_75-91_529FD6249A4406D6977528042C524C5F.pdf (Consultado Enero del 2010).
- [8] Maudos, Pastor y Serrano Ángel de la Fuente. Fronteras de producción eficiente y convergencia regional: un comentario al trabajo de Revista Española de Economía, Vol. 15, nº 2, 1998. 265-271.
<http://ddd.uab.cat/pub/ree/02101025v15n2p265.pdf>
- [9] Hernández Arce, Jesús (2007). Enfoques alternativos para la estimación de eficiencias en la industria bancaria mexicana. Universidad Autónoma de Chihuahua.
<http://www.eumed.net/libros/2007a/241/indice.htm>