

ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DE LAS ECONOMÍAS DE LOS DEPARTAMENTOS CAFETEROS DE COLOMBIA APLICANDO LA FUNCIÓN COBB DOUGLAS TRANSLOGARÍTMICA CON FRONTERAS ESTOCÁSTICAS Y DATOS DE PANEL

ESTIMATION OF THE TECHNICAL EFFICIENCY OF THE ECONOMIES OF THE DEPARTMENT OF COLOMBIA COFFEE APPLYING THE ROLE COBB DOUGLAS STOCHASTICS AND TRANSLOG BORDERS WITH PANEL DATA

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 la función Cobb Douglas translogarítmica con fronteras estocásticas y datos de panel.

PALABRAS CLAVES

Eficiencia técnica, Función Cobb Douglas translogarítmica, Datos de panel

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 they take into account) of the departments of the Coffee Region (Caldas, Quindío and Risaralda) and the departments of Antioquia, Tolima and Valle del Cauca. To this end we apply the Cobb Douglas and translog stochastic frontier with panel data.

KEYWORDS:

Technical efficiency, Cobb Douglas translog, panel data

1. INTRODUCCIÓN

El método paramétrico consiste en estimar económicamente una forma funcional elegida previamente. En consecuencia esta forma funcional es una hipótesis impuesta a los datos que no puede ser contrastada, pero tiene la ventaja de que se puede realizar inferencia estadística sobre los resultados obtenidos.

Para efectos del presente trabajo se sigue el análisis de fronteras estocásticas de producción (paramétricas) usando datos de panel, cuyo tipo de variables son cuantitativas. Además, la eficiencia técnica será asumida variante en el tiempo¹.

¹ Cuando se asume que la eficiencia técnica varía entre Departamentos pero es constante a través del tiempo para cada Departamento, se denomina "Eficiencia Técnica Invariante en el Tiempo". En este trabajo se relaja este supuesto y se la considera "Variante en el Tiempo" es decir, variará entre Departamentos y a través del tiempo. Este tipo de modelo se basa principalmente en la extensión de modelos de fronteras

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, fac. I.
Industrial
Escuela de Tecnología Industrial,
Facultad de Tecnología
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
DE PEREIRA

Aigner, Lovell y Schmidt (1977) y Meeusen y van den Broeck (1977) introdujeron simultáneamente, y por primera vez, los modelos de fronteras estocásticas de producción. Luego Cornwell, Schmidt and Sickles (1990) y Kumbhakar (1990) fueron quizás los primeros en proponer un modelo de fronteras estocásticas de producción con datos de panel permitiendo estimar eficiencia técnica variante en el tiempo². Estos modelos están motivados por la idea de que las desviaciones de la frontera de producción podrían no estar completamente bajo el control de la unidad productiva (DMU) en estudio.

de sección cruzada con máxima verosimilitud hacia el contexto de datos de panel.

² Antes Schmidt y Sickles (1984) realizaron las primeras estimaciones de estos modelos con Datos de Panel. Después lo hicieron Kumbhakar, Ghosh y McGuckin (1991).

Las fronteras estocásticas niegan la naturaleza estrictamente determinística³ del proceso productivo. La existencia de un conjunto de factores que escapan al control de la unidad económica justifica el rechazo de una postura estrictamente determinística.

Dado que las fronteras estocásticas matizan las restricciones teóricas de la frontera determinística a través del reconocimiento de causas aleatorias que no constituyen ineficiencia, algunas observaciones pueden superar la frontera de producción. Dicho de otra forma, el modelo estocástico posibilita que determinadas observaciones puedan permanecer por encima o por debajo de la función de producción (frontera de producción).

En el presente trabajo se elige la función Cobb Douglas *translogarítmica* con fronteras estocásticas y datos de panel, que permite minimizar el error de especificación asociado a la elección a priori de la forma funcional. Dicha función se define como flexible ya que es una buena aproximación de segundo orden tomada en logaritmos de una forma funcional cualquiera (en nuestro caso la Cobb Douglas) a la cual se llega por el teorema de la descomposición de Taylor⁴; además, no impone supuestos de elasticidad de sustitución constante (CES), pues exhibe elasticidad de sustitución variable a lo largo de los diferentes niveles de producción y sus rendimientos no son necesariamente constantes. Es muy flexible en la aproximación de cualquier tecnología en términos de posibilidades de sustitución. Por último, permite, además, analizar la posible interacción que pueda presentarse en las variables explicativas.

Estas fronteras presentan un indudable atractivo econométrico por su buen comportamiento estadístico; atractivo que se ve empañado, en cierta manera, por el problema de la descomposición de los residuos individuales en sus dos componentes: ineficiencia y ruido estadístico, lo que lleva a la estimación de una cierta

³ Son modelos determinísticos en el sentido de que todas las empresas de la muestra observada comparten una familia común de fronteras de producción, coste y beneficio, y, en consecuencia, todas las variaciones observadas en el resultado de un Departamento se atribuyen a ineficiencia con respecto a la familia común de fronteras. Las fronteras determinísticas representan fielmente el contenido teórico de una función microeconómica de producción. La imposibilidad de que las observaciones superen el máximo representado por la frontera de producción queda reflejado en estos modelos en la forma de la distribución del término de error. Este se especifica como una perturbación aleatoria de una sola cola.

⁴ La linealización generalmente consiste en una expansión en series de Taylor de la ecuación de estado (no-lineal) alrededor de un punto de operación definido naturalmente por el sistema o seleccionado arbitrariamente para satisfacer alguna necesidad de control. En su forma más general, la función translog consiste en una aproximación de segundo orden para cualquier función doblemente diferenciable. Así, es posible modelar con gran flexibilidad cualquier tipo de tecnología de producción que emplee una empresa multiproductos (como las aseguradoras) dando reconocimiento explícito a cada uno de sus productos y sin necesidad de imponer *a priori* condiciones tecnológicas.

«eficiencia media» de la muestra, en lugar de eficiencias individuales⁵.

2. LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN EMPÍRICA, DATOS Y DEFINICIÓN DE VARIABLES

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 no tradicionales	LEXNT	INPUT
9. Exportaciones tradicionales	Logaritmo de las exportaciones tradicionales	LEXT	INPUT
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.

⁵ La separación de ruido e ineficiencia se basa en fuertes supuestos sobre la distribución del término de error. Este punto se tratará a fondo más adelante.

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
2. Total activos	Logaritmo del total de activos	LTA	INPUT
3. Consumo de energía	Logaritmo del consumo de energía	LCE	INPUT
4. Consumo intermedio	Logaritmo del consumo intermedio	LCI	INPUT

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los potenciales determinantes de la ineficiencia, se plantearon las siguientes variables⁶:

Tabla 3. Variables para la función de efectos de ineficiencia

Variable	Indicador	SIGLA
1. Coeficiente de apertura exportadora.	X no trad. (sin café)/PIB	CAE
2. Participación por tipo de contratación (empleo permanente) dentro del personal ocupado total en la industria manufacturera	Empleo permanente/personal ocupado total en la industria	PEP
3. Indicador de industrias tardías como participación del PIB departamental	PIB indust. desarrollo tardío/PIB departamental	IDTA

Elaboración propia

La función empírica translogarítmica estocástica variante en el tiempo con datos de panel ejemplificada para el caso de un producto (y_{it}) y los tres (3) insumos seleccionados, es la siguiente:

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln TA + \beta_2 \ln CE + \beta_3 \ln CI + \frac{1}{2} \beta_{11} (\ln TA)^2 + \frac{1}{2} \beta_{22} (\ln CE)^2 + \frac{1}{2} \beta_{33} (\ln CI)^2 + \beta_{12} \ln TA \ln CE + \beta_{13} \ln TA \ln CI + \beta_{23} \ln CE \ln CI + v_{it} - u_{it}$$

(Modelo 1)

Su estimación (regresión), a través del programa FRONTIER 4.1⁷, arroja los valores de β_{it} (elasticidades insumos-producto), la eficiencia técnica de cada departamento por año y los errores de estimación v_{it} y u_{it} .

Las características estocásticas de este modelo, permiten que algunas observaciones se encuentren por encima de la función de producción, lo cual los hace menos vulnerables a la influencia de observaciones *outliers*,

versus el caso de modelos determinísticos para fronteras de producción eficiente.

La función empírica de los Efectos de ineficiencia técnica está dada por la siguiente expresión:

$$U_{it} = \delta_0 + \delta_1(CAE)_{it} + \delta_3(PEP)_{it} + \delta_6(IDTA)_{it} + w_{it}$$

(Modelo 2)

3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Se muestra el modelo obtenido y el análisis de los resultados

3.1. El modelo obtenido

Para ajustar el modelo paramétrico (modelo translogarítmico con fronteras estocásticas), se utilizó el software FRONTIER 4.1. Se utilizaron, los siguientes datos: 6 departamentos, 19 períodos (1990-2008), y 9 variables regresoras.

Se corrieron inicialmente cinco (5) modelos⁸. Se hizo una elección del mejor modelo por prueba de hipótesis.

Los resultados del ajuste (mejor modelo) de la frontera estocástica (Modelo 1), supuesta una distribución normal del término de error v_{it} (causas aleatorias) y una distribución normal truncada del término de error u_{it} (ineficiencia técnica), aparece en la tabla 4.

Tabla 1. Estimación por máxima-verosimilitud frontera de producción estocástica translog. sin estimación de efectos de ineficiencia, μ y η estimados

Variable	Parámetro	Valor parámetro	Error estándar	Estadístico t
FRONTERA ESTOCÁSTICA				
Constante	β_0	0.92711352E+01****	0.87462456E+00	0.10600131E+02
Ln(Total activos)	β_1	-0.11702768E-06****	0.60668896E-08	-0.19289568E+02
Ln(Consumo energía)	β_2	-0.75683554E+00****	0.93138048E-01	-0.81259544E+01
Ln(Consumo)	β_3	-0.75597524E-	0.150338	-

⁸ Los modelos estimados son los siguientes; 1) Estimación por máxima-verosimilitud frontera de producción estocástica translog. con estimación de efectos de ineficiencia; 2) Estimación por máxima-verosimilitud frontera de producción estocástica translog. sin estimación de efectos de ineficiencia, μ y η estimados; 3) Estimación por máxima-verosimilitud frontera de producción estocástica translog $\eta = 0$; 4) Estimación por máxima-verosimilitud frontera de producción estocástica translog $\mu = 0$; 5) Estimación por máxima-verosimilitud frontera de producción cobb douglas con estimación de efectos de ineficiencia.

⁶ Debe señalarse que las tres variables consideradas no son las únicas que posiblemente afecten el nivel de eficiencia técnica de la economía de los departamentos, dado que es de esperar que características referidas al gerenciamiento, u origen de los insumos, etc. también pueden afectar esa performance.

⁷ El programa FRONTIER 4.1 es de distribución gratuita y se puede descargar de la siguiente dirección electrónica: <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/frontier.htm>. El programa Frontier 4.1 estima un modelo lineal, por dicha razón la función de producción se coloca en logaritmo.

intermedio)		07****	32E-07	0.5028493 4E+01
Ln(T.Activos) ²	β11	0.48477063E+0 0****	0.174605 20E+00	0.2776381 4E+01
Ln(C.Energía) ²	β22	0.40869336E- 07**	0.297069 35E-07	0.1375750 7E+01
Ln(C.Intermedio) ²	β33	0.31073682E+0 0**	0.193641 42E+00	0.1604702 2E+01
Ln(T.Activos)Ln(C.Energía)	β12	0.25358213E- 08	0.612299 41E-08	0.4141472 7E+00
Ln(T.Activos)Ln(C.Intermedio)	β13	0.26926670E- 01***	0.307374 07E-02	0.8760228 3E+01
Ln(C.Energía)Ln(C.Intermedio)	β23	0.11518181E- 06*	0.133580 32E-06	0.8622663 2E+00
Sigma-squared	σ ²	0.10200370E+0 0	0.336480 65E-01	0.3031487 7E+01
Gamma	γ	0.99999999E+0 0	0.364133 65E-06	0.2746244 4E+07
mu	μ	0.55413888E+0 0	0.178794 93E+00	0.3099298 6E+01
eta	η	-0.15848308E- 01	- 0.303296 50E-02	0.5225351 3E+01
Log. Verosimilitud		-0.83298102E+01		
LR test of the one-sided error =		0.64969956E+00		

Fuente: Elaboración propia. Software FRONTIER 4.1
 ****significativo al 1%, ***significativo al 5%; **significativo al 10%;
 *significativo al 20%

Ahora bien, el parámetro γ (tabla4) representa la proporción de la varianza de la ineficiencia en términos de la varianza total tomando valores entre (0;1). Un valor igual a 1 para esta variable sugiere la existencia de una frontera determinística, es decir, indica que los efectos asociados a la ineficiencia son más importantes que el ruido estadístico en el análisis de los niveles de producción de los diferentes departamentos en estudio; un valor cercano a cero, por el contrario, significa que las variables aleatorias estocásticas tienen mucha

$$\ln Y_{it} = 0.92711352E+01 - 0.11702768E-06 \ln(TA_{it}) - 0.75683554E+00 \ln(CE_{it}) - 0.75597524E-07 \ln(CI_{it}) + 0.48477063E+00 (\ln TA_{it})^2 + 0.40869336E-07 (\ln CE_{it})^2 + 0.31073682E+00 (\ln CI_{it})^2 + 0.25358213E-08 \ln(TA_{it}) \ln(CE_{it}) + 0.26926670E-01 \ln(TA_{it}) \ln(CI_{it}) + 0.11518181E-06 \ln(CE_{it}) \ln(CI_{it})$$

importancia en la explicación de las ineficiencias.

El valor del parámetro $\gamma = 0.99999999$ (función estocástica translog sin estimación de efectos de ineficiencia, tabla 4), con una desviación típica estimada de 0.36413365E-06, implica que la ineficiencia técnica u_{it} (ineficiencia debida a factores controlables por los productores) es muy representativa en el análisis de la producción de los departamentos del eje cafetero y los demás departamentos de mayor producción de cosecha de café. Este valor próximo a 1⁹, tiene como consecuencia que la componente debida a factores aleatorios v_{it} no controlables es poco significativa en el caso que nos ocupa (0,000000001), lo que significa que

⁹ Podemos ver que el parámetro γ es menor que 1, lo que nos permite concluir que, si bien existe ineficiencia técnica, las desviaciones de la frontera no se deben solamente a ella, sino que también existen efectos aleatorios.

la ineficiencia, en los departamentos, es debida, fundamentalmente, a factores de ineficiencia técnica (99,99%), es decir, factores controlables por los productores. O mejor, la variación de la producción observada (output) con respecto a la frontera es debida a la ineficiencia. Dicho de otra forma, el término de error compuesto prácticamente todo es ineficiencia técnica.

Por otra parte, también es importante recordar las transformaciones en los parámetros introducidas por Battese y Corra. Estos autores plantearon que:

$$\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2 \quad \text{y} \quad \gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}$$

Por lo tanto, se pueden obtener los parámetros faltantes, así:

$$\sigma_u^2 = \gamma \sigma^2, \text{ entonces:}$$

$$\sigma_u^2 = (0,99999999)(0.10200370) = 0,102003699$$

y

$$\sigma_v^2 = \sigma^2 - \sigma_u^2 = 0.10200370 - 0.102003699 = 1E - 09$$

Ello implica que la mayor parte del ruido aleatorio viene explicado por la varianza en la ineficiencia técnica del proceso productivo de los departamentos. En otras palabras, es de destacar que el hecho que el parámetro estimado γ sea cercano a uno implica que el error estadístico compuesto es básicamente explicado por la ineficiencia técnica.

Finalmente, se puede concluir que en el modelo seleccionado (función estocástica translogarítmica sin estimación de efectos de ineficiencia), el término de ineficiencia tiene una distribución normal truncada, y la presencia de ineficiencia técnica es altamente significativa y variable en el tiempo.

La frontera de mejor práctica obtenida para la producción de los departamentos fue la siguiente:

3.2. Evolución de la eficiencia técnica

Con base en los resultados arrojados por el programa FRONTIER 4.1 para el modelo frontera estocástica translog sin efectos de ineficiencia, a continuación se presenta la evolución de la eficiencia técnica de los departamentos para el periodo comprendido entre 1990 y 2008¹⁰.

3.2.1. Tendencia global de la eficiencia técnica en la economía de los departamentos durante el periodo de estudio

El gráfico 1 muestra la evolución de la eficiencia técnica promedio (simple)¹¹ para la producción de los

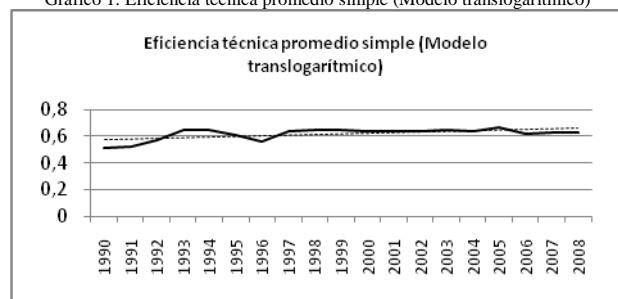
¹⁰ La eficiencia productiva se calcula como el ratio entre la producción media y la máxima posible alcanzable utilizando los inputs eficientemente.

¹¹ El programa FRONTIER 4.1 calcula promedios simples de eficiencia.

departamentos en estudio entre 1990 y 2008. Se observa una tendencia ascendente de la eficiencia técnica promedio, la cual aumentó en 0,11%¹² entre 1990 y 2008 (aumento leve para un periodo de 19 años). Las causas de este leve incremento tienen que ver con factores controlables 100% por los productores). Los factores aleatorios no controlables no tienen incidencia en la ineficiencia y eficiencias de los departamentos. Además, se observa una disminución en la volatilidad de la serie: desde 1990 a 1999 la volatilidad fue del 0,054141298 (5,4%), mientras que del año 2000 al 2008 dicha volatilidad fue del 0,01505037 (1,5%). Una de las causas de este fenómeno es que el incremento de la eficiencia ha sido casi constante durante el periodo en estudio.

Los factores controlables tienen que ver con aquellos que impactan la competitividad y la innovación, así: infraestructura física, debilidad de los mercados financieros domésticos, sucesos políticos y de orden público, poca capacidad de reconversión industrial y bajo nivel de innovación tecnológica en todos los sectores productivos y en la infraestructura de los departamentos y de Colombia.

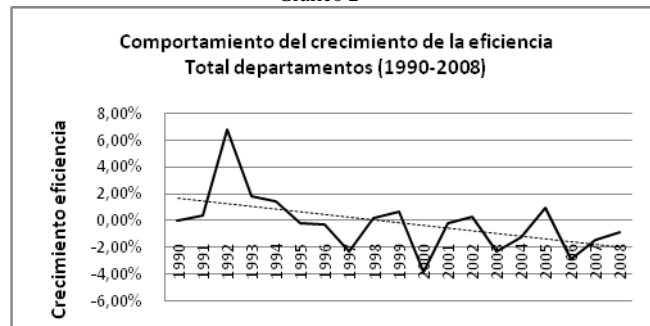
Gráfico 1. Eficiencia técnica promedio simple (Modelo translogarítmico)



Fuente: elaboración propia

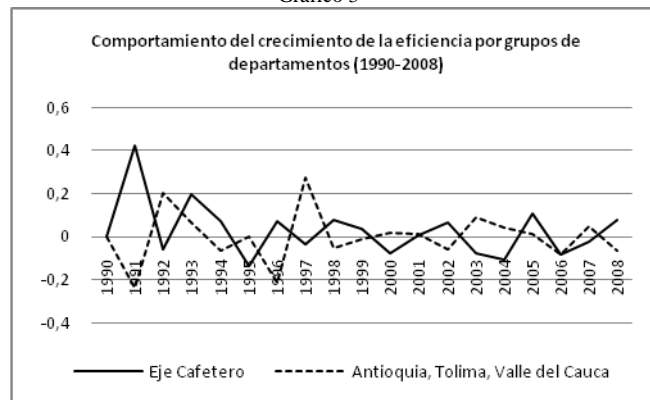
Si miramos el comportamiento de la tasa de crecimiento de la eficiencia durante los 19 años (gráfico 2), notamos una tendencia descendente de la misma (la eficiencia crece pero cada vez menos), lo que significa que los departamentos en estudio han venido perdiendo, año tras año, fortaleza en su eficiencia. Sin embargo, la caída de la tasa de crecimiento de la eficiencia muestra dos tendencias importantes: la primera desde 1990 a 1997 donde dicha tasa cae rápidamente y la segunda en donde la tasa de crecimiento permanece más o menos constante, aunque con una volatilidad del 3,29%. Estas dos tendencias se evidencian, igualmente, si tomamos los departamentos por grupos (gráfico 3), aunque más marcada para los departamentos del eje cafetero

Gráfico 2



Fuente: elaboración propia

Gráfico 3



Fuente: elaboración propia

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

En la tabla 5 se presenta la eficiencia técnica promedio simple estimada para cada uno de los departamentos estudiados. Los departamentos de Antioquia y Quindío son los de mayor eficiencia técnica. Los departamentos de Tolima, Caldas, y Valle del Cauca presentan una eficiencia técnica muy similar. Risaralda es el departamento con menor eficiencia técnica. Esto implica que su desaprovechamiento de los recursos productivos se presenta con mayor fuerza que en los demás departamentos.

Tabla 5. Eficiencia técnica promedio (simple) estimada para cada uno de los departamentos seleccionados

DEPARTAMENTOS	EFICIENCIA TÉCNICA PROMEDIO ESTIMADA
Antioquia	0,90334098
Quindío	0,66914572
Tolima	0,60866644
Caldas	0,58148272
Valle del Cauca	0,54688664
Risaralda	0,41028604

Fuente: Elaboración propia

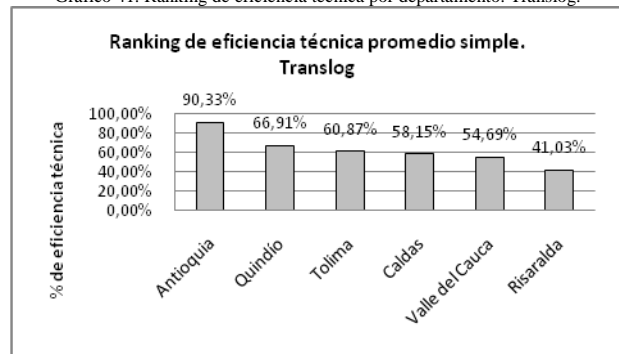
En el análisis de la eficiencia merece la pena detenerse, igualmente, en el ranking de acuerdo a la eficiencia técnica. En este sentido, en el gráfico 4 se recoge el orden de los departamentos en cuanto a su mayor o menor eficiencia en el uso de los factores productivos. Antioquia es el departamento más eficiente de todos los estudiados y Risaralda es el último en este ranking.

¹² El promedio de crecimiento del periodo se calculó empleando la siguiente fórmula:

$$r = \left(\frac{V_f}{V_i} \right)^{\frac{1}{n-1}} - 1$$

donde V_f es el valor final de la serie, V_i valor inicial y n el número de periodos.

Gráfico 41. Ranking de eficiencia técnica por departamento. Translog.



Fuente: elaboración propia

Un resultado de interés que se comprueba al analizar los rankings en cada año por departamento es que éstos se alteran, es decir, los departamentos experimentan cambio en la posición obtenida a lo largo del periodo en estudio.

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 la función Cobb Douglas translogarítmica con fronteras estocásticas y 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 poco altos existiendo un departamentos (Antioquia) 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 62,00%, 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 38,00% 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 departamentos del Eje Cafetero, pues los primeros tienen una eficiencia promedio simple del 68,63% mientras que el Eje cafetero apenas alcanza una eficiencia técnica promedio de 55,36%. 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] Aigner, D. J., C.A.K. Lovell, and P. Schmidt (1977) "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models," En: *Journal of Econometrics* 6:1 (Julio), 21-37.
- [2] Cornwell, C., P. Schmidt, and R.C. Sickles (1990) "Production Frontiers with Cross-Sectional and Time-Series Variation in Efficiency Levels," En: *Journal of Econometrics* 46:1/2 (October/November), 185-200.
- [3] Meeusen, W., and J. Van den Broeck (1977) "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error," En: *International Economic Review* 18:2 (Junio), 435-444.
- [4] Kumbhakar, S.C. (1990) "Production Frontiers, Panel Data, and Time-Varying Technical Inefficiency," En: *Journal of Econometrics* 46:1/2 (October/November), 201-212.
- [5] Schmidt, P., and R.C. Sickles (1984) "Production Frontiers and Panel Data," En: *Journal of Business and Economic Statistics* 2:4 (October), 367-74.
- [6] Kumbhakar, S.C., S. Ghosh, and J.T. McGuckin (1991) "A Generalized Production Frontier Analysis Approach for Estimating Determinants of Inefficiency in US Dairy Farms," *Journal of Business and Economic Statistics* 0:3 (July), 279-286.