

Efecto de la globalización sobre la eficiencia técnica en el contexto regional de Colombia

Effect of globalization on Technical Efficiency in the regional context of Colombia

OSVALDO U. BECERRIL TORRES¹

GABRIELA MUNGUÍA VÁZQUEZ²

Recibido: 31/01/2013 Aceptado: 02/05/2013

Resumen

La década de los años 80 del siglo XX mostró fuertes cambios y ajustes en los modelos económicos de Latinoamérica tras el agotamiento del modelo de industrialización vía sustitución de importaciones. En aquellos años la mayoría de los países de la región presentaron fuertes desequilibrios macroeconómicos que los llevaron a hacer importantes ajustes económicos. Tras el agotamiento del modelo de sustitución de importaciones, los países transitaron hacia paradigmas económicos de mayor apertura hacia la economía internacional. De manera particular, Colombia inicia este proceso en los años 90 del siglo XX, lo que hace que exista mayor interacción con otras economías de la región. Esto sin lugar a dudas ha tenido influencia en el uso de los factores de producción, por lo que en esta investigación el objetivo es mostrar la manera en que esto se ha llevado a cabo, a través de la obtención de un indicador de eficiencia técnica para Colombia y los países con los que comparte frontera geográfica. La metodología empleada es la de fronteras estocásticas. Los principales hallazgos son que aún existe una amplia posibilidad de mejorar la eficiencia técnica de los países considerados en el estudio y que la apertura económica ha contribuido a mejorar el uso de los factores productivos, incluso para Colombia.

¹ Doctor en ciencias Económico-Administrativas. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Economía, Toluca, México. Correo electrónico: obecerrilt@uaemex.mx

² Maestra en Comercio Internacional. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Economía, Toluca, México. Correo electrónico: gmunguia2000@hotmail.com

Palabras clave:

Eficiencia técnica; apertura económica; desarrollo económico; globalización; Colombia.

Clasificación JEL:

E23, C73.

Abstract

The 1980s showed strong changes and adjustments in economic models in Latin America, after the exhaustion of the import substitution industrialization model. In those years, the majority of countries in the region registered strong macroeconomic imbalances that led to important economic adjustments. After the exhaustion of this model, countries moved towards economic paradigms of international openness economy. Colombia in particular started this process in the 1990s, which led to greater interaction with other economies in the region. This undoubtedly has had influence on the use of production factors, therefore the aim of this research is to show how this has been conducted, by obtaining an indicator of technical efficiency for Colombia and the countries it shares geographical border with. The methodology used is that of stochastic frontiers. The main findings are that there is still a wide possibility of improving technical efficiency of countries considered in the study and that economic openness has contributed to improve the use of productive factors, even for Colombia.

Key words:

Technical efficiency; economic openness; economic development; globalization; Colombia.

JEL Classification:

E23, C73

Introducción

La globalización económica es un proceso histórico, resultado de la inventiva humana y el progreso tecnológico. Se refiere a la creciente integración de las economías del mundo, especialmente a través del comercio y los flujos financieros. En algunos casos este término hace referencia también al desplazamiento de personas como factor de producción y a la transferencia de conocimientos (tecnología) a través de las fronteras internacionales (IMF, 2000). En el caso de Latinoamérica, en la década de los años 80 mostró cambios y ajustes económicos en muchos países, con el propósito de alcanzar estabilidad macroeconómica que, además de estabilizar sus economías, les permitiría su incorporación al mercado internacional y tener un mejor crecimiento económico. No obstante, muchos llegaron a tener déficit en su balanza de pagos. La aplicación de medidas de política económica laxas provocó en algunos países el crecimiento de su gasto interno. Adicional a esto, aspectos

relacionados con la liberalización financiera derivaron en altas tasas de interés durante largos periodos, afectando así la formación de capital de inversión directa en algunos países.

En la década del 90 los países latinoamericanos mejoraron sus economías a consecuencia de las acciones realizadas para hacerle frente a la crisis de la década anterior. La producción de América Latina en su conjunto se incrementó 3,6% al inicio y la inversión en un 8% más, en tanto que las exportaciones tendieron a incrementarse de manera permanente. Estábamos ante un escenario de apertura económica. Así, los países considerados en este estudio presentan en esos años cambios en sus paradigmas económicos, alejándose del modelo de industrialización por sustitución de importaciones y orientando su economía hacia el exterior. Aunque cada país presentaba estructuras productivas diferenciadas, todos tenían como punto de coincidencia el interés por beneficiarse del intercambio con otros países. Así, Brasil pasó de ser una economía fundamentalmente orientada a la actividad agrícola a ser un país en el que se ha desarrollado una fuerte base industrial, cada vez más extensa y diversificada, gracias a la política de industrialización iniciada en la tercera década del siglo pasado. En cuanto a su comercio exterior, a pesar de que el proceso de apertura comercial se dio al comienzo del presente siglo, este país conserva todavía un gran potencial de crecimiento. Los datos son corroborados por un informe publicado por el Banco Mundial en 2010, donde se afirma que Brasil tiene una de las economías más cerradas del mundo. En un ranking de 183 países, en el que fueron analizadas las barreras que cada uno aplica a las importaciones, Brasil se situó en el puesto 100 (Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Brasilia, 2011).

Colombia, por su parte, inicia su proceso de apertura económica en los años 90 del siglo XX, por sugerencia del Banco Mundial (Banco Mundial, 1989) en el documento denominado *Colombia: Comercial Policy Survey*, donde se proponía que el tipo de cambio debía utilizarse como instrumento de regulación del intercambio comercial promoviendo las exportaciones, así como la eliminación de los subsidios a las exportaciones y que se hicieran los gravámenes arancelarios más flexibles. Estas sugerencias se protocolizaron a través del Programa de modernización de la economía colombiana, del Consejo Nacional de Política Económica y Social de Colombia (CONPES), en febrero de 1990.

En el caso de Colombia, como argumenta Garay (2004), la política industrial ha centrado su actuación en un conjunto de programas sectoriales que viene desarrollándose mediante acuerdos sectoriales de competitividad. En los años 80 Colombia presentó resultados poco significativos en su crecimiento económico, que se conjuntaron con el agotamiento del modelo de sustitución de importaciones y con la adopción de modelos de liberalización, como en otros países de la región, así como por presiones externas, en particular del Banco Mundial, los cuales fueron factores que contribuyeron a fomentar la necesidad de adoptar el nuevo modelo económico. A partir de 1991 se reemplaza la estrategia de apertura gradual por la de la aceleración de las reformas. Sin embargo, los resultados de los primeros años de liberalización reportan resultados contradictorios. Por un lado, las importaciones se elevaron a tasas superiores a las esperadas (especialmente en 1992 y 1993), mientras que el crecimiento de las exportaciones fue marginal (Garay, 2004).

Con respecto a la estructura productiva de Ecuador, el petróleo ha sido la principal fuente de ingreso de divisas para el país. Otros productos de importancia en su economía han sido el banano, el café, el cacao, el camarón, la madera y el atún, y, en los últimos años, las flores. Por su parte, el turismo ocupa el cuarto lugar en cuanto a la generación de divisas. No obstante, las riquezas naturales ecuatorianas son diversas, motivo por el cual la legislación ecuatoriana trata de fomentar el desarrollo de las industrias a través de la Ley de fomento industrial. Además de las industrias grandes como la maderera y la textilera, también hay pequeña industria y artesanía. Vale destacar que la producción artesanal del país es muy rica, sobre todo en el campo textil (Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Brasilia, 2004).

En cuanto a Panamá, su economía está basada principalmente en los servicios. El sector terciario de la economía representa entre un 70 y un 75% del valor del PIB. Ello obedece a su modelo de desarrollo, consecuencia directa de la construcción del Canal y del sistema monetario que, por auspicio de un tratado de 1904, establece el uso del dólar como moneda.

Según la Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Panamá (2011), han venido coexistiendo un sector de servicios moderno, abierto y fuertemente generador de ingresos, con unos sectores primario y secundario cerrados y distorsionados. Panamá ha mantenido durante mucho tiempo una estructura económica dual que las autoridades económicas intentan romper mediante el programa de liberalización y modernización de la economía, la adhesión a la OMC y la firma de diversos tratados comerciales bilaterales.

En el Perú, el sector agropecuario ha tenido un crecimiento importante durante los últimos años. Este país es la segunda potencia en extracción pesquera del mundo. La actividad minera es una de las principales ramas de la economía y la fuente más importante de ingresos. Su industria tiene como base a la industria de la transformación de recursos primarios. Recientemente las industrias más dinámicas se han orientado a la exportación, como algunas ramas textiles y de química básica. En lo que respecta a los servicios, este sector ha venido creciendo significativamente como consecuencia de las importantes inversiones realizadas en telecomunicaciones, empresas bancarias y de seguros, energía eléctrica, entre otras.

En Venezuela, durante las últimas décadas del siglo XX se afianzó la localización de diversos tipos de industrias en la región Centro Occidental, donde se destaca la industria pesada en Ciudad Guayana. Pero es innegable que la región central del país es la que logró alcanzar mayores valores en su producción. En este país el modelo de sustitución de importaciones se implantó a finales de los años 50, agotándose al final de los 80 del siglo pasado, cuando se inicia un nuevo ciclo de la vida política del país en el que se decide sustituir este modelo por otro que otorgaba un mayor énfasis a las políticas de apertura económica y la liberación del comercio internacional. Sin embargo, la adopción de este modelo trajo consigo serios problemas y una fuerte oposición de los partidos políticos y los sindicatos de Venezuela, así como por algunos sectores empresariales conservadores, frenando su avance; no obstante, la actividad económica ha llevado a un fuerte desarrollo de la explotación del sector minero.

Ante este contexto regional, surge la pregunta de ¿cómo se lleva a cabo el uso de los factores productivos y cuál de ellos ha incidido en la globalización, el aumento de la producción y sobre la convergencia en eficiencia técnica de la República de Colombia y los países con los que comparte frontera geográfica?

Para dar respuesta a este interrogante, en este artículo se expone un estudio sobre la eficiencia técnica y el proceso de convergencia para Brasil, Colombia, Ecuador, Panamá, Perú y la República Bolivariana de Venezuela, entendiendo como eficiencia técnica la maximización del nivel de *output* que puede obtenerse a partir de una combinación determinada de *inputs*, es decir, el concepto de eficiencia técnica indica el grado de éxito en la utilización de los recursos productivos. Por tanto, la ineficiencia no es más que la diferencia entre los valores observados de la producción y los valores máximos alcanzables dada la tecnología utilizada (Gumbau, 1998).

En el ámbito de la investigación empírica sobre la eficiencia técnica, son diversos los trabajos que se han realizado para países y regiones, siendo los pioneros Battese, Coelli y Colby (1989); Battese y Coelli (1988; 1992); y en Europa, Álvarez y Becerril (2005), Delgado y Álvarez (2003), Gumbau y Maudos (1996; 2002), Maudos y Serrano (1998; 1999; 2000) y Álvarez (2001). Para el caso de México, Becerril, Álvarez y Vergara (2007), y en Iberoamérica el de Schuschny (2007), el de Chortareas, Garza-García y Girardone (2007), y el de Ferro, Lentini, Emilio y Romero (2011).

En esta investigación, para llevar a cabo la estimación de los indicadores de eficiencia técnica de los países considerados, se utiliza la metodología de análisis de fronteras estocásticas, a partir del modelo propuesto por Battese y Coelli (1995) y como lo han realizado Delgado y Álvarez (2005) y Do Nascimento, Delgado y Álvarez (2008), dado que con estos es posible hacer una separación entre la ineficiencia y el componente de error. Para el análisis y estudio de la convergencia se utiliza una medición de la dispersión de la eficiencia intertemporal.

Metodología

Como se expresó anteriormente, la propuesta de Battese y Coelli (1995) con aplicaciones de Do Nascimento *et al.* (2008) y Delgado y Álvarez (2005), permite estimar la frontera de producción y la eficiencia técnica de manera simultánea, aunque también de manera separada. En el modelo propuesto se considera una función de producción en términos estocásticos para un conjunto de datos en panel, con la siguiente estructura funcional:

$$Y_{it} = \exp(x_{it}\beta + V_{it} - U_{it}), i=1,\dots,N, t=1,\dots,T, \quad (1)$$

Donde Y_{it} representa la variable de producción, i se refiere a país número i y el sub índice t es la variable que representa al tiempo. X_{it} es un vector fila de tamaño k de información de una función conocida de insumos y otras variables explicativas. β es un vector columna de tamaño k de parámetros que serán obtenidos por estimación. V_{it} son los errores aleatorios que se suponen no correlacionados y con igual distribución, *iid*, *id est*, $N(0, \sigma_v^2)$, e independientemente distribuidos de U_{it} .

$U_{it} \geq 0$ son variables aleatorias asociadas con la ineficiencia técnica, las cuales asumen el supuesto de ser independientemente distribuidas, en tanto que U_{it} es obtenida de una distribución $N(Z_{it}\delta, \sigma^2)$ truncada en cero, en donde Z_{it} es un vector fila de tamaño m de variables explicativas relacionadas con el componente de ineficiencia de los países a través del tiempo, en tanto que δ es un vector columna de tamaño m de parámetros que se obtienen por estimación.

La ecuación (1) define entonces a la frontera de producción. A su vez, la ineficiencia técnica, u_{it} , depende de un conjunto de variables explicativas, Z_{it} , y un vector de parámetros δ . Así pues, la ineficiencia técnica se expresa como:

$$u_{it} = Z_{it}\delta + W_{it} \quad (2)$$

Donde W_{it} sigue una distribución normal truncada en $Z_{it}\delta$ de tipo ruido blanco. Las ecuaciones (1)-(2) se estiman simultáneamente a través del método de Máxima Verosimilitud³, para obtener la eficiencia técnica:

$$ET_{it} = \frac{E(Y_{it}^* / u_{it}, X_{it})}{E(Y_{it}^* / u_{it} = 0, X_{it})} = \exp(-u_{it}) \quad (3)$$

Donde Y_{it}^* es la variable representativa de la producción. Por tanto, la eficiencia técnica se calcula como el cociente del nivel de producción obtenido respecto del máximo alcanzable dadas las cantidades de los insumos (es decir, cuando $u_{it} = 0$). Así mismo, su valor oscila entre 0 y 1, siendo el caso extremo superior el de eficiencia total.

a. Convergencia en eficiencia

El análisis sobre los determinantes del crecimiento económico adquirió nuevamente relevancia en las últimas dos décadas del siglo XX. Destacando a economistas como Robert Barro y Xavier Sala i Martín, quienes contribuyen de manera importante a su estudio, aportando conceptos como la convergencia *beta* y la convergencia *sigma* (para mayor detalle véase Barro & Sala i Martín, 1992; Sala i Martín, 1994a; 1994b; 1996a; 1996b).

Los análisis tradicionales sobre estos tipos de convergencia se han centrado en el estudio sobre la variable renta, dado el interés por identificar cómo evoluciona la renta *per cápita* de los habitantes de una región o país, siendo esta una medida comúnmente utilizada para el análisis de crecimiento. A partir de ellos se han desarrollado refinamientos teóricos que se relacionan con variables diferentes a la renta, como la productividad (Cuadrado, *et al.*, 1999; 2008a; 2008b) o la eficiencia (Becerril, *et al.*, 2007; 2010), esta

³ Para mayor detalle de la función de verosimilitud y sus derivadas parciales respecto a los parámetros del modelo véase Battese y Coelli (1993).

última no como una medida de crecimiento, sino como un indicador del comportamiento de los factores de la producción en los procesos productivos y en la producción. Maudos, Pastor y Serrano (1998, 1999) introducen en el análisis de la producción el concepto de eficiencia en el uso de los factores, cuyo estudio se realiza a través de la metodología de fronteras estocásticas.

Para analizar si se están reduciendo las diferencias regionales entre países, se utiliza la convergencia *sigma*, que muestra la evolución a través del tiempo de la desviación estándar del indicador de eficiencia técnica:

$$\sigma_{ef} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (ef_i - \overline{ef})^2}{N}}$$

Entonces

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{\infty} (ef_t - \overline{ef})^2}{N}} = 0$$

y si $t = 1, 2, \dots, T$, entonces

$$\lim_{t \rightarrow T} \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (ef_t - \overline{ef})^2}{N}} \rightarrow 0$$

De tal forma que

$$\text{Si } \overline{ef} \rightarrow 0 \rightarrow \sigma_{ef} \rightarrow 0$$

Donde ef_t es la eficiencia técnica en el momento t , \overline{ef} es la media aritmética de la eficiencia técnica, N es el número de observaciones y σ_{ef} es la desviación típica de la eficiencia técnica.

Así, en caso de existir ésta, las mayores desigualdades relativas entre países tendrán lugar precisamente en aquellos con mayores niveles de ineficiencia.

Datos y fuentes de información

El panel de datos considerado en esta investigación contiene información anual del período 2000-2012 de los países. La variable de producción, Y_{it} , es representada por el Producto Interno Bruto (PIB) en dólares, a precios constantes de 2000; los insumos⁴ de producción,

4 Estas variables *proxi* han sido utilizadas en diversos estudios sobre eficiencia técnica y productividad, entre ellos, por Álvarez, *et al.* (2011) y Becerril, *et al.* (2012).

los x_{it} , se incorporan a través de la inversión, que corresponde a la Formación Bruta de Capital Fijo (FBCF) en dólares, a precios constantes de 2000 y el empleo, L, que hace referencia a la fuerza laboral total. La información estadística de la producción, la inversión y en empleo⁵ procede de los Indicadores de Desarrollo Mundial⁶ del Banco Mundial (2012). El índice de globalización procede de *KOF Index of Globalization*, de Dreher (2006) con la última actualización en el año 2011.

Los datos correspondientes a los años 2011-2012 han sido pronosticados utilizando la metodología de modelos univariantes propuesta por Box & Jenkins (1976) y Box, Jenkins & Reinsel (1994)⁷.

A partir de esta clasificación y de la aplicación de las ecuaciones (1), (2) y (3) se obtiene la eficiencia técnica de los países considerados en el estudio, como se presenta a continuación.

Estimación de la Eficiencia técnica

Siguiendo el modelo de Battese y Coelli (1995), con aplicaciones de Do Nascimento *et al.* (2005) y Delgado y Álvarez (2005) se realiza la estimación de la eficiencia técnica de los países fronterizos con Colombia. La tecnología es representada a través de una función de producción translogarítmica con la siguiente estructura:

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^2 \beta_j \ln(X_{jit}) + \sum_{j=1}^2 \sum_{h=1}^2 \beta_{jh} \ln(X_{jit}) \ln(X_{hit}) + V_{it} - U_{it} \quad (4)$$

$i=1, \dots, 6$ países
 $t=2000, 2001, \dots, 2012$

Donde Y_{it} es el PIB y X_{jit} es un vector que contiene los insumos considerados: capital y empleo. U_{it} es el error estocástico y representa a la ineficiencia. Ésta, a su vez, se define por la ecuación:

$$U_{it} = \delta_0 + \delta_1 T + \delta_2 T^2 + \sum_{i=1}^5 \lambda_i D_i + W_{it} \quad (5)$$

La ecuación de la ineficiencia incorpora una variable temporal (T), así como variables dicotómicas ficticias individuales (D_i), con el objetivo de controlar la heterogeneidad entre los países, dado que estas pueden influir en la eficiencia y, por último, el error aleatorio

5 En el Anexo Estadístico 1 se exponen los cuadros estadísticos descriptivos correspondientes a las bases de datos empleadas en el presente trabajo así como sus tasas de crecimiento.

6 Los datos correspondientes a los años 2010, 2011 y 2012 fueron calculados utilizando técnicas estadísticas de series de tiempo referidas a modelos ARIMA.

7 En la elección de los modelos univariantes ARIMA, el valor de los parámetros resultaron significativos, y se ha utilizado el criterio de considerar el error absoluto porcentual promedio mínimo, que indica cuánto se desvía la serie de tiempo original del nivel pronosticado por el modelo. Así mismo se ha verificado el cumplimiento del supuesto 'normalidad' y de 'ruido blanco' en los errores de todos los modelos.

W_{it} . La medida de la eficiencia técnica propuesta por Farrell (1957) se obtiene a través de la expresión:

$$ET_{it} = \exp(-U_{it}) = \exp[-(\delta_0 + \delta_1 T + \delta_2 T^2 + \sum_{i=1}^5 \lambda_i D_i) - W_{it}] \quad (6)$$

Esta permite calcular la eficiencia técnica, que se obtiene a partir de la expresión (3). Su valor oscilará entre 0 y 1, donde el valor unitario, en caso de obtenerse, coincidiría con el supuesto de eficiencia técnica completa como en el modelo neoclásico.

Para elegir la forma funcional más apropiada, en la Tabla 1 se muestra un conjunto de contrastes de razón de verosimilitud (λ), como se realizan en Do Nascimento *et al.* (2005) y en Delgado y Álvarez (2005), los cuales permiten identificar la mejor forma funcional. Así, en el primer contraste, se rechaza la hipótesis nula de que la forma funcional Cobb-Douglas es preferida a la translogarítmica. El siguiente análisis contrasta la existencia de ineficiencia técnica en el término de error. Dado que es rechazada la hipótesis de que el parámetro γ sea igual a cero, ello lleva a analizar si es necesario incorporar la ineficiencia técnica en la función de producción así como el hecho de que una función de producción media supone una representación inadecuada de los datos. Finalmente, los tres últimos contrastes consideran la hipótesis de que la ecuación de la ineficiencia no es función de los regresores considerados, en donde se confirma la significatividad de las variables que explican la ineficiencia técnica, incluidos los efectos individuales, dado que estas hipótesis se rechazan.

Tabla 1: Contrastes de especificación

Hipótesis nula	Log. F. Verosimilitud	Valor λ	Valor crítico	Decisión 95%
$H_0: \beta_{KL} = \beta_{L^2} = \beta_{K^2} = 0$	172.31	32.25	7.81	Rechazo
$H_0: \gamma = \delta_0 = \dots = \delta_8 = 0$	24.23	296.16	18.30	Rechazo
$H_0: \delta_1 = \delta_2 = 0$	24.23	41.12	5.99	Rechazo
$H_0: \delta_3 = \dots = \delta_8 = 0$	172.31	255.05	11.07	Rechazo
$H_0: \delta_1 = \dots = \delta_8 = 0$	169.46	290.46	15.50	Rechazo

El estadístico λ se calcula como: $\lambda = -2 [\log (f. \text{verosimilitud} (H_0)) - \log (f. \text{verosimilitud}(H_1))]$ el cual tiene una distribución chi-cuadrado con grados de libertad iguales al número de parámetros igualados a cero en H_0 .

En el contraste donde H_0 se considera $\gamma = 0$ el estadístico λ sigue una distribución chi-cuadrado mixta. Los valores críticos son obtenidos de Kodde y Palm (1986, Tabla 1, p. 1246).

Fuente: elaboración de los autores con base en estimaciones de las ecuaciones 4 y 5.

Tras realizar los contrastes de la Tabla 1, y a partir del modelo de Battese y Coelli (1995) se estiman simultáneamente por el método de máxima verosimilitud las ecuaciones (4)-(5) y los resultados son presentados en la Tabla 2.

Tabla 2: Función de producción translogarítmica (Battese & Coelli, 1995)

VARIABLE	PARÁMETRO	COEFICIENTE	T-ESTADÍSTICO
Frontera Estocástica			
Constante (C)	β_0	20.17	4.62*
Inversión (K)	β_k	-0.48	-1.07**
Empleo (L)	β_l	1.31	1.61**
lnK*lnL	β_{kl}	4.63	1.26**
(lnK) ²	β_k^2	-13.55	-7.22*
(lnL) ²	β_l^2	-7.53	-2.08*
Modelo de ineficiencia con efectos fijos			
Constante	δ_0	1.97	19.70*
Tendencia (T)	δ_1	0.021	-4.34*
T ²	δ_2	0.026	-0.78
Parámetros de la	σ_s^2	0.77E-02	5.64*
varianza	γ	0.99	0.77E- +05*
Logaritmo de la función de Verosimilitud		172.31	

*Parámetro significativo al 95%. **Parámetro significativo al 90%.

Fuente: elaboración de los autores con base a estimaciones de las ecuaciones 4 y 5.

Siguiendo la aplicación de Do Nascimento *et al.* (2005) y Delgado y Álvarez (2005), a partir del modelo de Battese y Coelli (1995) y dado que no hubo evidencia suficiente para aceptar las hipótesis nulas, se estimó el modelo de frontera mediante una función de producción translogarítmica y la ecuación de ineficiencia sugeridas. La varianza de los parámetros, como se indicó, es $\gamma = \frac{\sigma^2}{\sigma^2 + \sigma_v^2}$ y $\sigma_s^2 = \sigma_v^2 + \sigma^2$ siendo σ_v^2 y σ^2 las varianzas en las distribuciones de V_{it} y U_{it} , respectivamente. Así, el valor del parámetro γ reporta que

la proporción de la varianza de U_{it} sobre el error compuesto total es de 0,99% y refleja el error cometido al utilizar las funciones de producción promedio en las que no se toman en consideración las diferencias en eficiencia. Por último, las estimaciones de la eficiencia técnica para los países fronterizos con Colombia para cada año del período 2000-2012 que se obtienen a partir del modelo considerado, se reportan en el Anexo estadístico A-1a. En el siguiente apartado se analiza su evolución temporal.

Estimación de la eficiencia técnica incluyendo un índice de globalización

Siguiendo con el modelo de Battese y Coelli (1995), que se ha presentado previamente, y que ahora incluye al indicador de apertura económica en la ecuación de ineficiencia, se estima la eficiencia técnica. La tecnología considerada es una función de producción translogarítmica:

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^2 \beta_j \ln(X_{jit}) + \sum_{j=1}^2 \sum_{h=1}^2 \beta_{jh} \ln(X_{jit}) \ln(X_{hit}) + V_{it} - U_{it} \quad (4')$$

$i=1, \dots, 6$ países
 $t=2000, 2001, \dots, 2012$

Donde Y_{it} es el PIB y X_{it} hace referencia al empleo y al capital, V_{it} al error aleatorio y U_{it} al término de ineficiencia (como en Do Nascimento *et al.*, (2005) y Delgado y Álvarez (2005)).

$$U_{it} = \delta_0 + \delta_1 T + \delta_2 T^2 + \delta_3 ig + \sum_{i=1}^5 \lambda_i D_i + W_{it} \quad (5')$$

La ecuación de la ineficiencia incorpora una variable temporal (T), un índice de globalización (ig) así como dummies individuales (D_i), con el objetivo de controlar las diferencias inobservadas entre los países, dado que estos componentes también pueden influir en la eficiencia y, por último, el error aleatorio W_{it} . La medida de la eficiencia técnica de Farrell (1957) se estima a partir de la expresión:

$$ET_{it} = \exp(-U_{it}) = \exp[-(\delta_0 + \delta_1 T + \delta_2 T^2 + \delta_3 ig + \sum_{i=1}^5 \lambda_i D_i) - W_{it}] \quad (6')$$

La expresión (6') permite calcular la eficiencia técnica.

Para ser consistente con la función de producción translogarítmica obtenida en los contrastes previos, sin incluir la variable de apertura, y con base en el modelo de Battese y Coelli (1995), se estima por el método de Máxima Verosimilitud de las ecuaciones (4')-(5'). Los resultados son reportados en la Tabla 3.

Tabla 3: Función de producción translogarítmica (Battese & Coelli, 1995)

VARIABLE	PARÁMETRO	COEFICIENTE	T-ESTADÍSTICO
Frontera Estocástica			
Constante (C)	β_0	48.00	10.33*
Inversión (K)	β_K	-1.68	-2.81*
Empleo (L)	β_L	-0.53	-0.56
lnK*lnL	β_{KL}	-0.81	-1.38**
(lnK) ²	β_K^2	0.69	2.26*
(lnL) ²	β_L^2	0.074	2.22*
Modelo de ineficiencia con efectos fijos			
Constante	δ_0	1.34	11.76*
Tendencia (T)	δ_1	-0.02	-2.45*
T ²	δ_2	-0.11E-03	-0.20
IG	δ_3	0.63E-03	0.46
Parámetros de la	σ_s^2	0.13E-03	3.86*
varianza	γ	0.99	303.41*
Logaritmo de la función de Verosimilitud		161.89	

*Parámetro significativo al 95%, **Parámetro significativo al 95%.

Fuente: elaboración de los autores con base en estimaciones de las ecuaciones 4 y 5.

A partir de este modelo se estima el modelo de frontera estocástica especificando la función de producción translogarítmica y la ecuación de ineficiencia propuestas. La varianza de los parámetros, como antes, se obtiene a través de $\gamma = \frac{\sigma^2}{\sigma^2 + \sigma_v^2}$ y $\sigma_s^2 = \sigma_v^2 + \sigma^2$ donde

σ_v^2 y σ^2 son las varianzas en las distribuciones de V_{it} y U_{it} . Así, el valor del parámetro γ indica que la proporción de la varianza de U_{it} sobre el error compuesto total es de 0,99% y muestra el error cometido al utilizar las funciones de producción medias en las que se ignora las diferencias en eficiencia. Finalmente, los indicadores de la eficiencia técnica obtenidos a partir del modelo de frontera, a través de aplicar la expresión (6'), se reportan en el Anexo estadístico A-1b. En el siguiente apartado se analiza su evolución temporal.

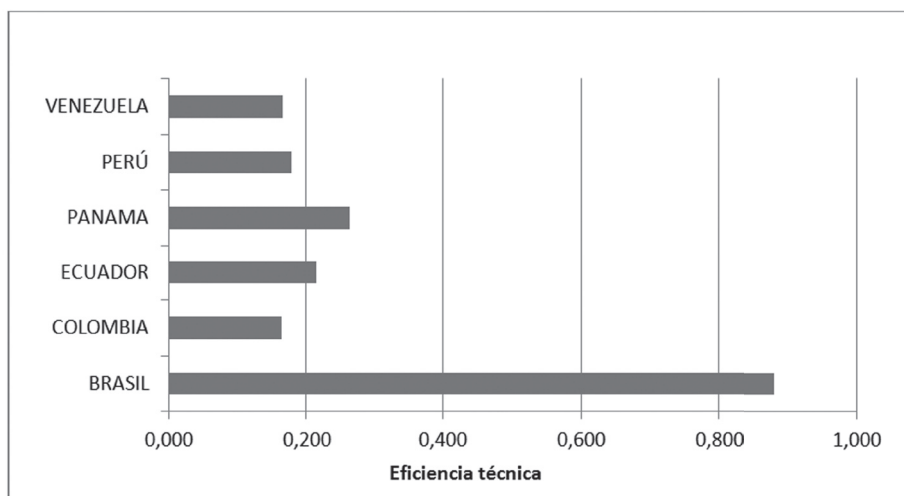
En la Tabla 3 se observa que el coeficiente del parámetro δ_3 no es significativo, lo que lleva a pensar que en la ecuación de ineficiencia el índice de globalización no es relevante para explicar

la mejora en eficiencia; ello puede manifestar entonces que a pesar de que los países han cambiado su paradigma económico, transitando a uno orientado hacia la apertura económica, éste no se ha consolidado, en parte, por no existir estructuras productivas desarrolladas orientadas al sector exportador que permitan tener un efecto significativo sobre su índice de globalización y este, a su vez, sobre la eficiencia técnica de ellos. Aun así, la apertura de estos países aporta un efecto marginal para explicar la reducción de la ineficiencia.

Resultados

Esta investigación sobre Colombia y los países con los que comparte frontera geográfica permite identificar la posición relativa que éstos tienen con respecto a su eficiencia técnica. El interés se centra en que estos poseen contigüidad geográfica, lo que permite identificar la manera en que están llevando a cabo el uso de sus factores productivos. Sin embargo, parecen existir disparidades en la forma en que cada uno de ellos está utilizando sus factores productivos, y no solo eso, sino que en su conjunto también se observa que existen posibilidades de mejorar en su utilización, ya que la eficiencia media de los países en el periodo de estudio considerado es de 31,08%. A pesar de ello, Brasil muestra un mejor uso de sus factores de producción, logrando indicadores superiores al 80%⁸. Para observar las diferencias en eficiencia técnica entre los países de la región se ha elaborado la Figura 1, el cual muestra la evolución de la eficiencia técnica promedio durante la década de estudio. En él se puede identificar la posición que ocupa cada país, siendo Brasil el más eficiente.

Figura 1. Eficiencia técnica promedio de cada país, 2000-2012

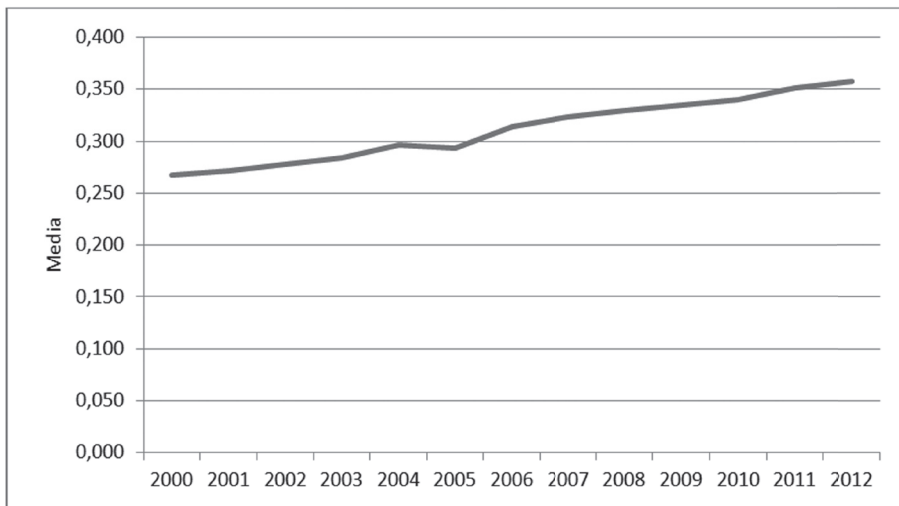


Fuente: elaboración de los autores con base en los datos del anexo estadístico A-1a.

⁸ Téngase en cuenta que el valor más próximo a la unidad muestra un comportamiento eficiente, y, cercanos a cero, niveles altos de ineficiencia, de acuerdo con la ecuación 3.

En lo que se refiere a la eficiencia promedio del grupo de países en el período de análisis, se observa que tiene una tendencia creciente hasta alcanzar niveles de aproximadamente 36%. Esto puede explicarse por los cambios de políticas económicas implementadas en la mayoría de los países, y por la reducción en el crecimiento del PIB de los líderes.

Figura 2. Eficiencia promedio del grupo de países, 2000-2012

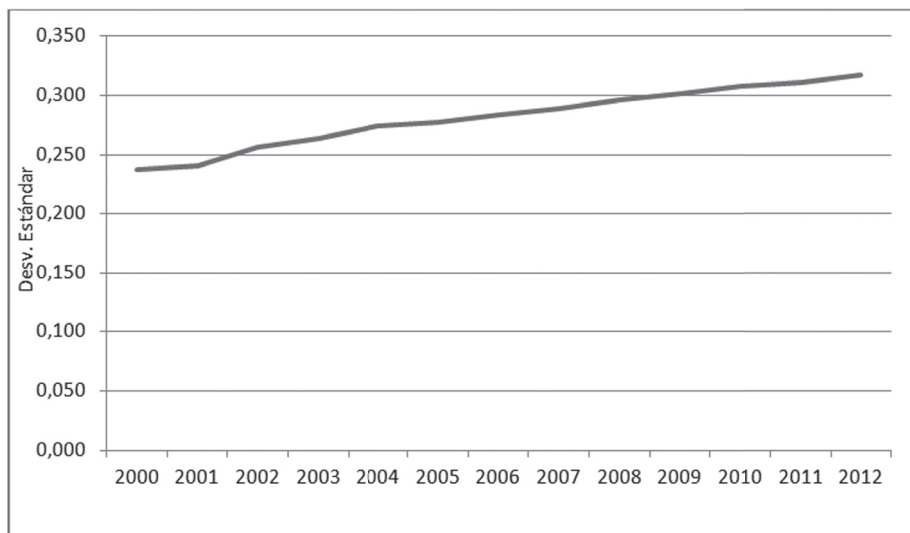


Fuente: elaboración de los autores con base en los datos del anexo estadístico A-1a.

El análisis de las disparidades en el uso de los factores se presenta a continuación, derivado de la evolución temporal de la desviación típica del indicador de eficiencia. Si ésta tiende a reducirse a través del tiempo, será indicativo de que se están reduciendo las disparidades regionales en el uso de los factores productivos *capital* y *empleo*. De no ser así, será un indicativo de divergencia. De ello, la Figura 3 permite observar la evolución temporal de la desviación típica de la eficiencia técnica y donde se muestra que existe un proceso de divergencia en el uso de los factores. Al final del período, no se observa el efecto de la crisis originada en el sector inmobiliario en las economías desarrolladas.

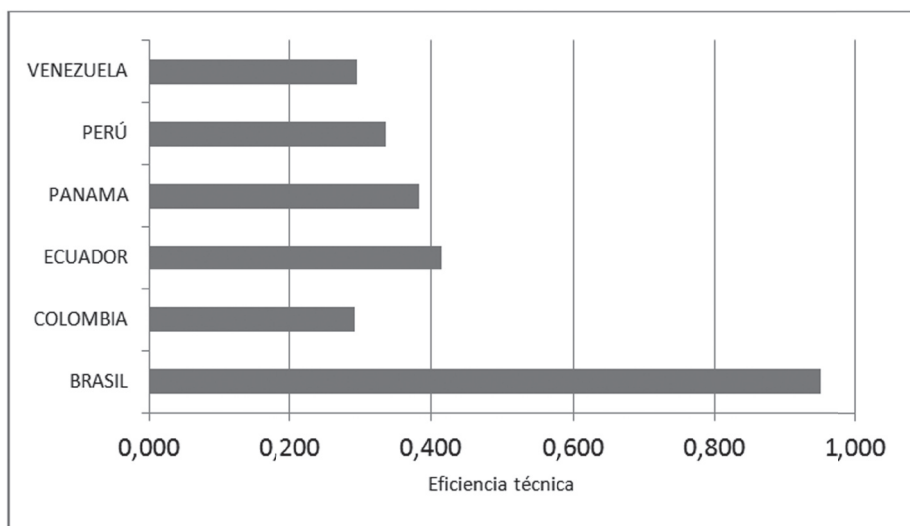
Para medir el efecto que ha tenido la apertura económica de los países sobre su eficiencia técnica, en este estudio se ha incluido un índice de globalización en la ecuación (6'). Los resultados permiten observar que la inserción de estas economías a los flujos internacionales les ha permitido mejorar sus niveles de eficiencia técnica. El promedio para el grupo de países en el período considerado es de 44%, que es comparable con el 31% en el modelo restringido (6). La Figura 4 muestra los niveles de eficiencia promedio obtenidos por cada país durante el período de estudio. Atrae la atención Brasil quien supera al 90% su nivel de eficiencia.

Figura 3. Desviación típica de la eficiencia técnica de los países sin considerar el índice de globalización, 2000-2012



Fuente: elaboración de los autores con base en los datos del anexo estadístico A-1a.

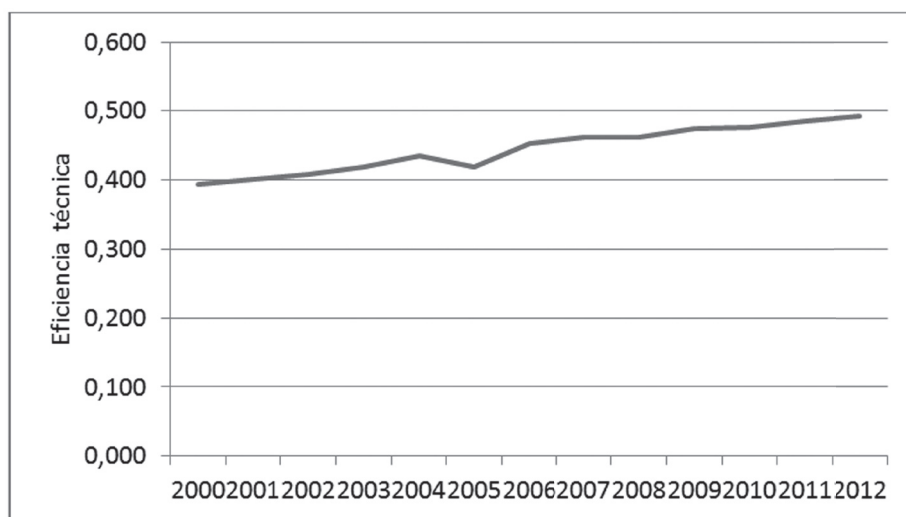
Figura 4. Eficiencia técnica promedio de cada país, considerando el índice de globalización, 2000-2012



Fuente: elaboración de los autores con base en los datos del Anexo estadístico A-1b.

Al considerar en la Figura 5 la evolución temporal media del indicador de eficiencia técnica de los países, incluyendo el indicador de globalización, se observa que ésta ha aumentado también, lo cual es más evidente si se compara con la Figura 2.

Figura 5. Eficiencia promedio del grupo de países, considerando el índice de globalización, 2000-2012

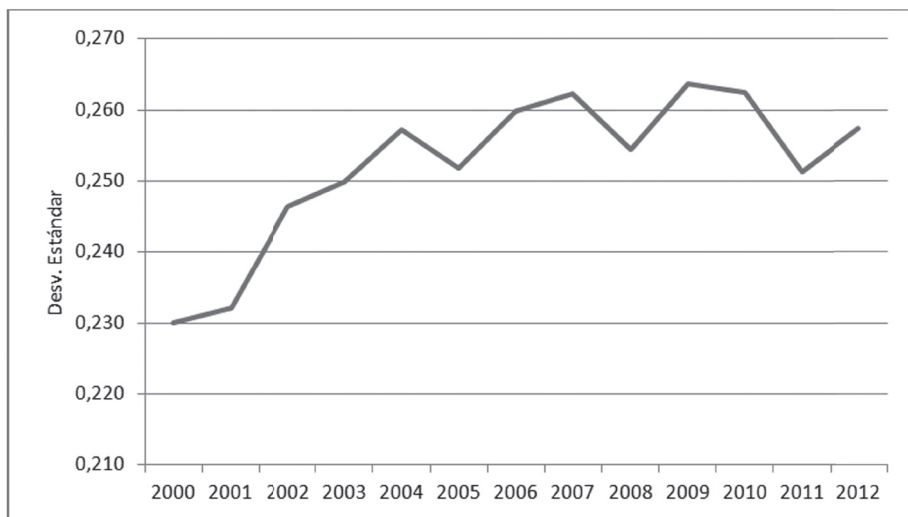


Fuente: elaboración de los autores con base en los datos del anexo estadístico A-1b.

Derivado de la inclusión del índice de globalización para calcular la eficiencia técnica, y una vez obtenida su desviación típica, se observa que ésta se hace menos estable, no obstante que ella se reduce, mostrando una ligera senda de convergencia al disminuir su dispersión. La Figura 6 muestra la evolución temporal de este indicador.

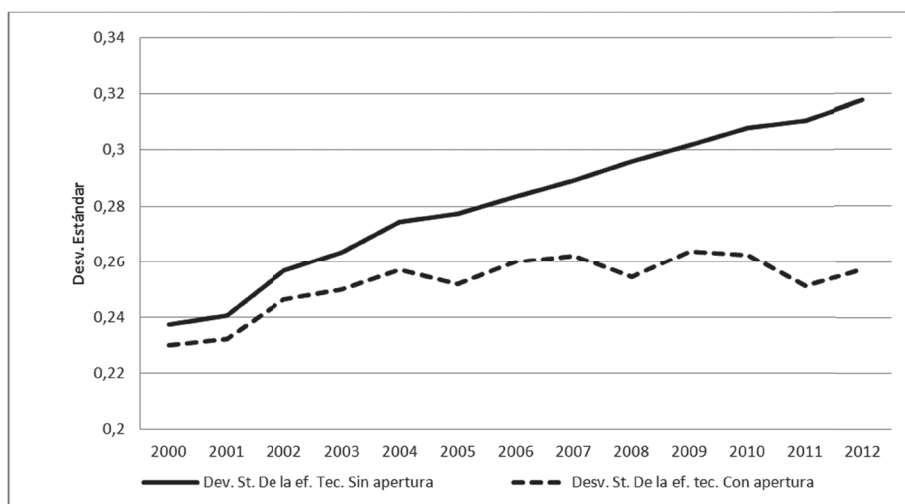
Para observar el efecto del nivel de globalización sobre el uso de los factores se ha construido la Figura 7. En él se puede observar que se da una ligera orientación hacia la convergencia en eficiencia técnica de los países, derivado del proceso de integración de estos a la economía internacional.

Figura 6. Desviación típica de la eficiencia técnica de los países considerando el índice de globalización, 2000-2012



Fuente: elaboración de los autores con base en los datos del anexo estadístico A-1b.

Figura 7. Desviación típica de la eficiencia técnica de los países sin considerar e incluyendo el índice de globalización, 2000-2012



Fuente: elaboración de los autores con base en los datos del anexo estadístico A-1a y A-1b.

Conclusiones

Una vez identificado el contexto económico de los países que comparten fronteras con Colombia, se ha procedido a realizar una serie de contrastes estadísticos que ha permitido seleccionar la forma funcional más adecuada para estimar la función de producción y la eficiencia de cada uno de ellos. Los resultados arrojan conclusiones interesantes que tienen que ver con las disparidades existentes entre ellos y la posibilidad que tienen en conjunto de mejorar, ya que su nivel de eficiencia técnica promedio es de apenas 36% en términos reales, lo que muestra el potencial de estas economías como grupo. El indicador de eficiencia técnica muestra que el líder en este indicador es indiscutiblemente Brasil quien ha reducido de manera importante sus ineficiencias en el uso de los factores productivos.

Los resultados muestran que el grupo de países presenta ganancias de eficiencia global, exceptuando al 2005 que muestra una ligera caída.

Así mismo, se observa un proceso de divergencia en el uso de los factores productivos en los países analizados, lo cual indica que se están acentuando las disparidades regionales en términos de eficiencia técnica. No obstante, la incorporación de los países de la región a la economía internacional ha resultado favorable, aunque marginalmente, en cuanto al uso de los factores productivos, inversión y empleo, ya que ha permitido mejorar su eficiencia técnica en aproximadamente 15 puntos porcentuales. Así también, el proceso de globalización de estas economías muestra que ha contribuido a la homogenización en el uso de los factores ya que se ha reducido la dispersión del indicador de la eficiencia técnica, como se observó en las figuras 6 y 7.

Por último, se debe tener presente que la eficiencia técnica es un componente de la productividad total de los factores productivos que incide sobre la producción, y por ende en el crecimiento económico. En consecuencia, lograr un uso más eficiente del capital y el trabajo redundará en mayores tasas de crecimiento de los países de la región.

Referencias

- Álvarez, I., & Becerril, O. (2005). Influencia del capital público y de la inversión en educación sobre la eficiencia técnica en las economías europeas y *catch-up* tecnológico, 1980-2001. *Quivera*, 7(1), 134-169
- Álvarez, I., Becerril, O., & Del Moral, L. (2011). The effect of infrastructures on total factor productivity and its determinants: A study on Mexico. *Revista Estudios Económicos*, 26(1), 97-122.
- Álvarez, R. (2001). Modelos con eficiencia técnica variante en el tiempo. En Álvarez, A. (Coord.), *La medición de la eficiencia y la productividad* (pp. 125-136). Madrid: Pirámide.
- Banco Mundial. (1989). *Colombia: Commercial Policy Survey*. Report no. 7510-CO. World Bank. Washington, DC.

- Banco Mundial. (2012). *World Development Indicators 2012*. World Bank. Washington, DC.
- Battese, G., & Corra, G.S. (1977). Estimation of a production frontier model: with application to the pastoral zone of Eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Economics*, 21(3), 169-179.
- Battese, G., Coelli, T., & Colby, T.C. (1989). Estimation of frontier production functions and the efficiencies of Indian farms using panel data from ICRISAT'S Village level studies. *Journal of Quantitative Economics*, 5, 327-348.
- _____.(1988). Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data. *Journal of econometrics*, 38(3), 387-399.
- Barro, R.J., & Sala-i-Martin, X. (1992). Convergence. *Journal of political Economy*, 100(2), 223-251.
- Battese, G., & Coelli, T. (1992). Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. *Journal of productivity analysis*, 3(1-2), 153-169.
- _____.(1993). A Stochastic Frontier Production Function incorporating a model for technical inefficiency effects (Working Paper). In *Econometrics and Applied Statistics 69/93*, Department of Econometrics, University of New England.
- _____.(1995). A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data. *Empirical Economics*, 20(2), 325-332.
- Becerril, O., Álvarez, I., & Vergara, R. (2007). Disparidades en eficiencia técnica y convergencia en eficiencia en México: un análisis de frontera. *Quivera*, 9(2), 131-154.
- Becerril, O., Álvarez, I., & Del Moral, L. (2010). Disparidades en eficiencia técnica e influencia de las infraestructuras sobre la convergencia en eficiencia en México. *Investigaciones Regionales*, 17, 51-69.
- Becerril Torres, & Osvaldo-U. (2012). *Eficiencia técnica, apertura económica y convergencia en Iberoamérica*. Saarbrücken: AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG.
- Box, G.E.P., & Jenkins, G.M. (1976). *Time series analysis forecasting and control*. New Jersey: Prentice Hall.
- Box, G.E.P., & Jenkins, G.M., & Reinsel, G.C. (1994). *Time series analysis forecasting and control*. New Jersey: Prentice Hall.
- Chortareas, G.E., Garza-García, J.G. & Girardone, C. (2007). Desempeño del Sector Bancario en Algunos Países Latinoamericanos: Poder de Mercado versus Eficiencia (Work Paper). Banco de México. Documento de trabajo 2010-20.
- Cuadrado, J.R., García, B., & Raymond, J.L. (1999). Regional convergence in productivity and productive structure: The Spanish case. *International Regional Science Review*, 22(1), 35-53.

- Cuadrado, J.R., & Maroto, A. (2008a). Regional convergence in productivity and productive structure (Ponencia). En *48th. Congress of ERSA*, Liverpool, U.K, 27-31 August.
- Cuadrado, J.R., & Maroto, A. (2008b). Convergencia regional en productividad y cambios en la estructura productiva. *Serie Documentos de trabajo*, 12/2008. Universidad de Alcalá. Instituto Universitario de Análisis Económico y Social. Alcalá de Henares: España.
- Do Nascimento Rebellato, D.A., Delgado Rodríguez M.J., & Álvarez Ayuso I. (2008). ¿Es posible diseñar estrategias de crecimientos basadas en capital público y capital humano? *Revista Produção* [en línea], 8(4). Disponible en <http://producaoonline.org.br/rpo/article/download/146/253>
- Dreher, A. (2006). Does Globalization Affect Growth? Evidence from a new Index of Globalization. *Applied Economics* 38(10), 1091-1110. Updated in: Dreher, A., Noel G. & Pim, M. (2008). *Measuring Globalisation- Gauging its Consequences*. New York: Springer.
- Delgado, M.J., & Álvarez, I. (2003). Eficiencia técnica y convergencia en los sectores productivos regionales. *Investigaciones Regionales*, 3, 115-126.
- _____. (2005). Evaluación de la eficiencia técnica en los países miembro de la Unión Europea. *Gestión y Política Pública*, 14(1), 107-128.
- Farrell, M.J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the royal statistical society*, 120(3), 253-290.
- Ferro, G., Lentini, E., & Romero, C.A. (2011). Eficiencia y su medición en prestadores de servicios de agua potable y alcantarillado. CEPAL. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Documentos de proyectos No. 385.
- Garay, L.J. (2004). *Colombia: estructura industrial e internacionalización 1967-1996*. Biblioteca Virtual del Banco de la República.
- Gumbau, A.M. (1998). La eficiencia técnica en la industria española. *Revista española de economía*, 15(1), 67-68.
- Gumbau, A.M., & Maudos, J. (1996). Eficiencia productiva sectorial en las regiones españolas: una aproximación frontera. *Revista Española de Economía*, 13(2), 239-260.
- _____. (2002). The determinants of efficiency: the case of the Spanish industry, *Applied Economics*, 34, 1941-1948.
- International Monetary Found. (April, 2000). La globalización: ¿Amenaza u oportunidad? *Yearbook FMI*.
- Kodde, D.A., & Palm, F.C. (1986). Notes and comments Wald criteria for jointly equality and inequality restrictions. *Econometrica*, 54(5), 1243-1248.
- Maudos J., Pastor J.M., & Serrano L. (1998). Convergencia en las regiones españolas: cambio técnico, eficiencia y productividad. *Revista Española de Economía*, 15(2), 235-264.

- _____. (1999). Total factor productivity measurement and human capital in OECD countries. *Economic Letters*, 63, pp. 39-44.
- _____. (2000). Efficiency and productive specialization: An application to the Spanish regions, *Regional Studies*, 34(9), 829-842
- Macías, H. (2006). *Recaudar más con menor alícuota de IVA: Colombia en el contexto latinoamericano*. Centro de Investigaciones CIECA-Universidad de Medellín Colombia.
- Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Brasilia. (2011). Estructura Económica Brasil. *Instituto Español de comercio Exterior*.
- Sala-i-Martin, X. (1994^a). La riqueza de las regiones. Evidencia y teorías sobre crecimiento regional y convergencia. *Moneda y Crédito*. 198, 13-80.
- _____. (1994b). *Apuntes de Crecimiento Económico*. Barcelona: Antoni Bosch.
- _____. (1996a). The classical approach to convergence analysis. *Economic Journal*, 106(437), 1019-1036.
- _____. (1996b). Regional cohesion evidence and theories of regional growth and convergence. *European Economic Review*. 40(6), 1325-1352.
- Schuschny, A. (2007). *El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO2 en América Latina y el Caribe*. Serie estudios estadísticos y prospectivos. CEPAL.

Anexo A-1a. Eficiencia técnica de los países sin considerar el índice de globalización

AÑO	BRASIL	COLOMBIA	ECUADOR	PANAMA	PERÚ	VENEZUELA	Media	Desv. St.
2000	0.748	0.148	0.186	0.223	0.151	0.149	0.267	0.237
2001	0.758	0.147	0.183	0.233	0.158	0.150	0.272	0.241
2002	0.797	0.149	0.180	0.239	0.161	0.142	0.278	0.257
2003	0.817	0.150	0.189	0.241	0.165	0.145	0.285	0.263
2004	0.852	0.154	0.195	0.249	0.172	0.157	0.296	0.274
2005	0.854	0.151	0.193	0.248	0.169	0.147	0.293	0.277
2006	0.887	0.162	0.214	0.270	0.182	0.171	0.314	0.283
2007	0.908	0.169	0.225	0.277	0.187	0.174	0.323	0.289
2008	0.928	0.173	0.230	0.279	0.184	0.184	0.330	0.296
2009	0.945	0.174	0.236	0.281	0.190	0.180	0.334	0.302
2010	0.963	0.180	0.240	0.283	0.191	0.181	0.340	0.308
2011	0.979	0.190	0.253	0.295	0.200	0.190	0.351	0.311
2012	1.000	0.190	0.258	0.301	0.204	0.192	0.357	0.318

Fuente: elaboración propia con base en información del *World Development Indicators 2012*.

Anexo A-1b. Eficiencia técnica de los países considerando el índice de globalización

AÑO	BRASIL	COLOMBIA	ECUADOR	PANAMA	PERÚ	VENEZUELA	Media	Desv. St.
2000	0.861	0.272	0.352	0.313	0.292	0.278	0.395	0.230
2001	0.871	0.271	0.350	0.341	0.300	0.276	0.401	0.232
2002	0.906	0.271	0.348	0.350	0.308	0.266	0.408	0.246
2003	0.924	0.272	0.362	0.357	0.321	0.280	0.419	0.250
2004	0.953	0.280	0.381	0.372	0.329	0.293	0.435	0.257
2005	0.926	0.269	0.372	0.367	0.319	0.267	0.420	0.252
2006	0.974	0.288	0.415	0.398	0.347	0.299	0.454	0.260
2007	0.984	0.299	0.443	0.404	0.349	0.294	0.462	0.262
2008	0.968	0.303	0.448	0.398	0.341	0.309	0.461	0.254
2009	0.999	0.306	0.458	0.417	0.357	0.311	0.475	0.264
2010	0.997	0.312	0.472	0.408	0.350	0.315	0.476	0.262
2011	0.982	0.324	0.493	0.422	0.369	0.327	0.486	0.251
2012	1.000	0.325	0.503	0.424	0.371	0.331	0.492	0.257

Fuente: elaboración propia con base en información del *World Development Indicators 2012*.