

---

## estudios estadísticos y prospectivos

# **E**l método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO<sub>2</sub> en América Latina y el Caribe

Andrés Ricardo Schuschny



NACIONES UNIDAS



División de Estadística y Proyecciones  
Económicas

Santiago de Chile, enero de 2007

Este documento fue preparado por Andrés Ricardo Schuschny, Oficial de Asuntos Económicos de la División de Estadística y Proyecciones Económicas de la CEPAL. La realización de este estudio se concibió en el marco de los Talleres de Competitividad realizados en la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, entre los meses de abril y agosto del 2006. El autor agradece a Hubert Escaith por motivar la realización de este estudio así como a André Hofman, Francisco Villarreal, Alejandro Vargas, Martine Dirven, Hugo Altomonte y Antonio Peyrache por los comentarios realizados.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización.

---

Publicación de las Naciones Unidas

ISSN impreso 1680-8770

ISSN electrónico 1680-8789

ISBN 978-92-1-323015-2

LC/L.2657-P

N° de venta: S.07.II.G.8

Copyright © Naciones Unidas, enero de 2007. Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile

---

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse al Secretario de la Junta de Publicaciones, Sede de las Naciones Unidas, Nueva York, N.Y. 10017, Estados Unidos. Los Estados miembros y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Sólo se les solicita que mencionen la fuente e informen a las Naciones Unidas de tal reproducción.

## Índice

---

<b>Resumen</b> .....	5
<b>1. Introducción</b> .....	7
<b>2. Productividad y eficiencia</b> .....	9
2.1 Algunas definiciones de productividad .....	9
2.2 Algunas nociones de eficiencia .....	11
2.3 Una propuesta empírica para medir la eficiencia .....	15
<b>3. El método DEA</b> .....	17
3.1 Formulación matemática del problema .....	17
3.2 Variables de holgura.....	19
3.3 Eficiencias de escala.....	20
3.4 Principales ventajas y limitaciones del método DEA .....	22
3.5 Representación orientada al producto .....	23
3.6 Programas computacionales disponibles .....	24
<b>4. Cambios en el tiempo</b> .....	25
4.1 Los índices de Malmquist.....	26
4.2 Ejemplo a partir de la función de Cobb-Douglas .....	27
4.3 Cálculo de los índices de Malmquist a partir de la metodología DEA .....	28
4.4 Algunos comentarios acerca de la metodología .....	29
<b>5. Estudio de la eficiencia energética y las emisiones de CO<sub>2</sub> en América Latina y el Caribe</b> .....	31
5.1 Introducción.....	31
5.2 Información utilizada.....	32
5.3 Resultados obtenidos.....	36

5.3.1 Niveles de eficiencia técnica y de escala.....	37
5.3.2 Cambios en la eficiencia e índices de Malmquist.....	39
<b>6. Conclusiones.....</b>	<b>43</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>45</b>
<b>Apéndice.....</b>	<b>47</b>
1. Métodos de frontera estocástica.....	49
<b>Serie estudios estadísticos y prospectivos: números publicados.....</b>	<b>51</b>

## Índice de tablas

Tabla 1	Emisiones de CO <sub>2</sub> per cápita por consumo y quema de combustibles fósiles.....	33
Tabla 2	Consumo de combustible de origen fósil (petróleo, gas y carbón).....	34
Tabla 3	Consumo de energías renovables (geotérmica, solar, eólica, biogas, madera, etc. ) e hidroeléctrica.....	35
Tabla 4	PIB per cápita a precios constantes.....	36
Tabla 5	Índices de eficiencia técnica (ET) bajo rendimientos constantes (CRS) y variables (VRS) a escala y eficiencia de escala (ES).....	38
Tabla 6	Cambios en los índices de eficiencia técnica (ET), tecnología y productividad total entre períodos.....	40
Tabla 7	Cambios en los índices de eficiencia técnica (ET), frontera tecnológica y productividad total entre períodos.....	41

## Índice de gráficos

Gráfico 1	Representación diagramática de la eficiencia técnica según Farrell (1957).....	12
Gráfico 2	Representación diagramática de la eficiencia por asignación.....	13
Gráfico 3	Representación diagramática de la eficiencia técnica y por asignación a partir de la frontera de posibilidades.....	14
Gráfico 4	Comparación entre las medidas de eficiencia orientadas al producto o a los insumos.....	15
Gráfico 5	Representación de la construcción de las fronteras a partir de información empírica.....	16
Gráfico 6	Presencia de variables de holgura.....	19
Gráfico 7	Representación diagramática de la frontera bajo rendimientos constantes o variables a escala.....	22

---

## Resumen

---

El objetivo de este documento es presentar el método análisis envolvente de datos (Data Envelopment Analysis - DEA). Se trata de una herramienta de análisis económico cuantitativo válida para estudiar el desempeño de unidades productivas, sectores y países que procura constituirse en un instrumento superador del tradicional enfoque basado en el simple cálculo de indicadores de productividad parcial ya que posee la ventaja de facilitar un tratamiento multidimensional, tanto del lado desde el espacio de los insumos o factores como del de los productos con que se trabaje, sin que ello implique la necesidad de sistematizar y procesar múltiples indicadores entrecruzados. El análisis envolvente de datos nos brinda una perspectiva sistémica e integrada para estudiar, en forma comparada, el desempeño de las unidades de producción bajo análisis.

Con el fin de complementar la exposición teórica de la metodología se presenta un ejemplo de aplicación en el que se analiza el desempeño energético de 37 países de la región de América Latina y el Caribe. La investigación empírica se basa en el uso de cuatro indicadores que dan cuenta por un lado de la actividad económica, la intensidad de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el consumo de energía basado en el uso de fuentes fósiles o limpias y alternativas.

La meta del análisis envolvente de datos consiste en la utilización de toda la información disponible para categorizar el desempeño de las unidades productivas (en el ejemplo empírico, países) que participan del estudio, mediante la identificación de unidades pares (eficientes) a partir de las cuales se construyen otras unidades (virtuales) que resultan comparables y, gracias a las cuales,

se calculan los indicadores de eficiencia y sus cambios a lo largo del tiempo. De esta forma, el análisis nos permite identificar aquellos países que mejor desempeño han tenido en términos de su eficiencia y capacidad de sustituir el consumo de energías no renovables por otras, a partir de la información contenida en toda la muestra.

El estudio realizado nos muestra que son varios los países que han hecho esfuerzos por lograr incrementos en el nivel de actividad de la economía procurando, a su vez, sustituir el consumo energético hacia tecnologías limpias.

En la primer parte del documento se realiza una presentación detallada de la metodología partiendo desde sus orígenes. Se especifican las definiciones elementales de productividad y eficiencia, luego se presenta con cierto detalle la metodología del análisis envolvente de datos (DEA) y el cálculo de indicadores que se derivan de ella. Así mismo, se comentan las principales ventajas y limitaciones de esta herramienta de análisis cuantitativo. Posteriormente se realiza una breve presentación de los índices de productividad de Malmquist que nos permiten estimar los cambios de la productividad a lo largo del tiempo y discriminar si dichos cambios se deben a variaciones en la eficiencia técnica o el cambio tecnológico propiamente dicho. Como se detalla luego, estos índices pueden ser calculados mediante el empleo del análisis envolvente de datos, presentado en las secciones anteriores. Luego se comentan algunos paquetes informáticos que facilitan el cálculo de los índices y la aplicación de la metodología. Finalmente, y a modo de ejemplo, se aplican las herramientas presentadas en las secciones anteriores para estudiar la eficiencia en el consumo energético y la sustitución entre energías no renovables como el petróleo, el gas y el carbón por energías de fuentes renovables.

## 1. Introducción

---

Lionel Charles Robbins (1932) definió a la economía como “*la ciencia que se encarga del estudio de la satisfacción de las necesidades humanas mediante bienes que, siendo escasos, tienen usos alternativos entre los cuales hay que optar.*” Más allá de la orientación subjetivista de esta definición, queda claro que la escasez y los medios para medirla y combatirla yacen en el centro de todo análisis económico. Ello ha obligado a los economistas a abordar conceptos tales como el de función de producción, eficiencia, productividad, competitividad, escalas de producción, etc. Particularmente, el problema de la medición de la eficiencia de las unidades productivas, los sectores económicos o los países ha sido tema de estudio tanto de la economía teórica como aplicada.

Farrell, M. J. (1957) ha sido uno de los primeros en investigar de manera sistemática el concepto de eficiencia y de establecer una guía para su medición. El objetivo de este documento es presentar una técnica, basada en sus ideas, que nos permite medir la eficiencia productiva. Se trata de una metodología no paramétrica sistematizada inicialmente por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) que se denomina como Análisis Envolvente de Datos (DEA, del inglés: *Data Envelopment Analysis*). A partir de esta metodología es posible precisar la frontera tecnológica basada en unidades productivas que, por sus buenos resultados, son consideradas como aquellas que realizan las mejores prácticas productivas en relación a las otras unidades. De esta forma, se establece una suerte de frontera de referencia a través de la cual es posible definir medidas de eficiencia productiva, sobre la base del cálculo de las distancias que median entre cada unidad productiva y dicha frontera.

Mediante el empleo de esta técnica de análisis cuantitativo, y con el objeto de cuantificar los cambios a lo largo del tiempo se recurre al uso de los índices de Malmquist que nos permiten, como veremos, discriminar entre los cambios en la eficiencia técnica (o sea cambios en la distancia a la frontera, lo que se denomina como convergencia o “catching-up”) y los cambios tecnológicos (que se manifiestan como desplazamientos de la propia frontera), así como determinar los cambios en la productividad total de los factores. Por otro lado, este instrumento de análisis nos permite identificar los cambios de eficiencia pura respecto de los cambios debido a la modificación de la escala de producción.

预览已结束，完整报告链接和二维码如下：

[https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=5\\_2327](https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=5_2327)

