

El análisis envolvente de datos (AED) como método de evaluación de eficiencia

MARITZA ORTIZ TORRES

Doctora en Ciencias y Profesora Titular de la Facultad de Economía,
Universidad de La Habana. Contacto: maritza@fec.uh.cu.

YAIMARY MARRERO ANCÍZAR

Máster en Ciencias y Profesora Asistente de la Facultad de Economía,
Universidad de La Habana. Contacto: yaimary@fec.uh.cu.

El análisis envolvente de datos (AED) constituye una técnica no paramétrica para la evaluación de la eficiencia, ampliamente aplicada a nivel internacional en la última década. Cuenta con potencialidades significativas para su utilización en el contexto cubano actual. El presente trabajo se encamina a revisar las aplicaciones del AED en los estudios para la economía cubana durante los últimos diez años, con el fin de identificar posibles generalizaciones y nuevas aplicaciones para Cuba. Se demuestra que la experiencia nacional en este tema es aún incipiente, debido a que su aplicación ha sido muy reducida, por lo que esta práctica debe incrementarse, ampliarse su campo de acción y convertirse en una herramienta propia de la economía cubana, tan urgente de tales métodos y técnicas.

The data envelopment analysis (DEA) constitutes a non-parametric technique to evaluate efficiency; it has been widely applied at the international level in the last decade and has significant potentialities to be used in the current Cuban context. The present work aims at reviewing DEA's applications in it. The Cuban experience in this topic is still insufficient, due to the fact that its application has been very much reduced; so its practice must be increased, widen its scope, and apply generalizations in studies that deal with efficiency in Cuban economy, which is in a lot of need of such methods and techniques.

PALABRAS CLAVE: eficiencia, AED.

KEYWORDS: efficiency, DEA.

CLASIFICACIÓN JEL: M41

JEL CLASSIFICATION: M41

Fecha de recepción: 9/10/2011

Fecha de aprobación: 10/12/2011

Importantes avances se han observado en los últimos años en el diseño y aplicación de instrumentos para medir la eficiencia en diferentes aristas de la economía a nivel internacional; uno de ellos es el análisis envolvente de datos (AED). Para el presente trabajo se realizó una revisión de su aplicación en Cuba durante la última década, con el fin de identificar posibles aplicaciones para el contexto cubano actual.

El AED es una técnica no paramétrica cuyas primeras aplicaciones datan de 1978. Surge a partir de la investigación doctoral de Rhodes que evaluaba la eficiencia del programa de educación *Follow-Through* de las escuelas públicas de los Estados Unidos. Sin embargo, el desarrollo de la teoría no se debe únicamente a Rhodes; en el desarrollo de los modelos matemáticos no se puede dejar de mencionar a Charnes, Cooper, Banker, Färe, Grosskop, Seiford y Thrall, cada uno de ellos contribuye a crear los distintos modelos en los que se sustenta dicha técnica.

El AED engloba el uso de técnicas de programación matemática para seleccionar de una muestra aquellas unidades productivas que son eficientes, y a partir de ellas construir una envolvente de las observaciones. También se obtiene una medida de eficiencia para cada unidad, comparándola con dicha envolvente. Esto hace posible analizar el caso más general de múltiples factores y productos. Partiendo de los insumos y de los productos, el AED provee un ordenamiento de las unidades a evaluar, dándoles una puntuación de eficiencia relativa. Es por ello que la metodología del AED constituye una herramienta de *benchmarking*¹ que permite establecer objetivos de mejora para aquellas unidades de negocio que resultaron ineficientes en el período analizado, sobre la base de los resultados de aquellas unidades que sí alcanzaron la frontera de eficiencia. Entonces, partiendo de diseñar nuevos objetivos para el conjunto de unidades ineficientes, se puede maximizar la eficiencia para la cadena u organización en cuestión (Buffa, 2007).

Un aspecto importante a tener en cuenta es que el AED se emplea para la medición de eficiencia de unidades homogéneas. Esta condición está dada para evitar que la ineficiencia de una unidad de toma de decisión (DMU, por sus siglas en inglés) se deba a la no uniformidad en la escala de producción o a la no uniformidad en el uso de entradas y salidas que caracterizan a la DMU.

¹ Se trata de un proceso o técnica de gestión a través de la cual las empresas u organizaciones evalúan el desempeño de sus procesos, sistemas y procedimientos de gestión, comparándolos con los mejores desempeños encontrados en otras organizaciones. [N. del E.]

Desde las primeras aplicaciones del AED (1978), ha existido un marcado desarrollo en la teoría que lo sustenta, así como en sus usos. En años recientes, una gran variedad de aplicaciones han aparecido en diferentes actividades, contextos y países, donde han evaluado a través de DMUs el desempeño de entidades como hospitales, sucursales bancarias, universidades, ciudades, firmas de negocios, entre otros. Esto se debe a que la misma requiere de muy pocos supuestos para su aplicación. También ha abierto posibilidades para su uso en casos resistentes a otros enfoques, por la naturaleza compleja de las relaciones entre los múltiples insumos y múltiples productos involucrados en las DMUs.

En la tabla 1 se recogen algunas aplicaciones del AED en Latinoamérica y España en la última década.

Tabla 1. Principales aplicaciones del AED.

SECTOR DONDE SE APLICA	AUTOR	PAÍS DONDE SE APLICA
Sector cafetero	• Mosheim (2002) • Mendieta y Perdomo (2005)	• Costa Rica • Colombia
Sector ganadero	• Gamarra (2004)	• Colombia
Industria alimenticia	• Aldaz y Millan (2002) • Rodríguez Lozano (2003)	• España • Colombia
Industria automovilística	• Contreras, Mar y Segovia (2009)	• España
Sector tecnológico	• Silva y Ramírez (2006)	• España y Brasil
Sector energético	• Schuschny (2007)	• Países de la región de América Latina y el Caribe
Sector de la salud	• Ligarda y Naccha (2004)	• Perú
Sector turístico	• Sellers, Nicolau y Más (2002)	• España
Sector bancario	• Prior y Surroca (2002) • Contreras, Guerrero y Paralara (2002)	• España • México
Sector de la educación	• Beltrán (2004) • Thieme (2005) • Martín (2006) • Araya y Miranda (2009)	• Puerto Rico • Chile • España • Chile

Fuente: Elaboración propia.

A pesar del creciente éxito de la utilización del AED en el ámbito internacional, en Cuba son escasas sus aplicaciones. En esta revisión solo se constató dicho análisis en tres oportunidades: una en el sector de los bienes y dos en el sector de los servicios.

En el sector de los bienes se destacó la aplicación en la esfera agrícola, por la realización de un estudio que demostró las potencialidades del AED para evaluar la eficiencia técnica en las Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC) cañeras de la provincia de Villa Clara;

se trató de un análisis dinámico que permitió evaluar el cambio de la eficiencia en el tiempo (Barrios, 2008). En dicho estudio se seleccionaron como variables producto las toneladas de caña cosechada y como variables recurso, el número de trabajadores y de equipos agrícolas, así como el costo de cultivo y cosecha por tonelada de caña, el rendimiento agrícola y las hectáreas de tierra dedicadas a este cultivo. Además, se tuvo en cuenta una variable del entorno o ambiental, en este caso, la tipología edafoclimática² de la zona donde se encontraba la UBPC. Se concluyó que en las últimas cinco zafas realizadas hasta la fecha de la investigación, las UBPC cañeras presentaron un nivel medio de eficiencia del 76 % con una tendencia decreciente. Se demostró que la eficiencia de las empresas azucareras estaba condicionada principalmente por el nivel de eficiencia técnica y se identificaron aquellas empresas que habían tenido un comportamiento eficiente en el período evaluado y que eran referencia para mejorar el desempeño de las ineficientes.

También en la esfera agrícola se aplicó un procedimiento para la evaluación de la eficiencia técnica de la producción de viandas en las Empresas Agropecuarias Benito Juárez y Osvaldo Herrera, surgidas como parte del proceso de reestructuración azucarera en la provincia de Villa Clara (Cancio y Barrios, 2008). Como muestra se tomaron siete granjas estatales: cuatro pertenecientes a la empresa Benito Juárez y tres a la Osvaldo Herrera, integradas por 33 fincas productoras de los cultivos yuca y boniato. Como variables producto se tomaron las toneladas de yuca y boniato, y como variables insumo o recurso, la superficie cultivada expresada en hectáreas, el número de trabajadores, el costo de cultivo y la cosecha. Los resultados de esta investigación evidenciaron que, en el período analizado, las fincas de las empresas dedicadas a la producción de boniato presentaron índices de eficiencia técnica superiores. Por su parte, las granjas de la empresa Benito Juárez superaron los promedios de eficiencia técnica de la muestra en todos los períodos en ambos cultivos, mientras que las granjas de Osvaldo Herrera no lograron rebasar el 76 % de eficiencia como promedio.

El análisis dinámico de la eficiencia técnica y de su estructura interna constató que, en términos generales, no ocurrió una evolución significativa en la eficiencia técnica agrícola de las granjas estatales pertenecientes a las empresas agropecuarias surgidas al calor de la reestructuración azucarera. Además, se confirmó la existencia de reservas potenciales de eficiencia en la gestión de los recursos.

² Referido a las características de los principales agropaisajes y las condiciones climáticas.

En el sector de servicios se destacó el uso del AED en la esfera de la salud pública. La primera aplicación data de 2007. Esta investigación permitió la determinación del índice de eficiencia de todos los policlínicos de la provincia de Matanzas, identificó las unidades de mejor práctica y estimó las reservas de eficiencia de cada unidad (Chaviano, García, Muñiz y Sánchez, 2007).

La investigación se llevó a cabo durante el primer trimestre de 2006 en los 40 policlínicos de la provincia, los que se agruparon según su nivel de complejidad y el nivel socioeconómico del municipio en el que estaban ubicados. Se asumió el modelo de maximización de resultados y los supuestos de rendimientos constantes y variables a escala.

Como variables producto se consideraron cinco elementos: mortalidad infantil evitable, índice de bajo peso al nacer, índice de satisfacción de la población, índice de cumplimiento del esquema de vacunación y el índice de casos de tuberculosis diagnosticados en el policlínico; y seis variables de insumo: médicos especialistas en medicina general integral, médicos especialistas en ginecobstetricia, enfermeros de familia, enfermeros de vacunatorios, gasto en salarios en el policlínico y gasto en medicamentos.

Los resultados pusieron de manifiesto que la eficiencia relativa de las unidades fue alta y once del total de los policlínicos estudiados, que representaban el 27,5 %, fueron ineficientes. Se concluyó que la identificación de policlínicos de referencia permitía aportar elementos organizativos que podrían contribuir a mejorar la eficiencia de las unidades deficientes. Se recomendó revisar el proceso de asignación de recursos para evitar el uso indebido de los mismos, como vía para aumentar la eficiencia.

Otra aplicación en este sector, y donde el objeto de estudio lo constituyeron también los policlínicos cubanos, fue realizado en la provincia de Cienfuegos (García, Rodríguez y Sarria, 2008). Ante el incremento de los recursos asignados a los servicios médicos primarios en Cienfuegos, los investigadores consideraron necesario determinar el índice de eficiencia de cada policlínico, identificando así las mejores unidades.

Se evaluaron durante el primer trimestre del año 2006 doce policlínicos del tipo I o de mayor complejidad y siete del tipo II o de menor complejidad. Se seleccionaron como variables recurso: los médicos y enfermeras en los consultorios, el especialista de ginecobstetricia y las enfermeras de vacunatorio del policlínico, el gasto en medicamento y el gasto en salario; y como variables de resultado o producto: el índice de mortalidad infantil evitable, la cobertura de vacunación, el índice de satisfacción, el índice de bajo peso al nacer y la proporción de pacientes

BARR+89³ diagnosticados en el policlínico. Se asumió un modelo de maximización de resultados con rendimientos constantes a escala.

Según los resultados, cinco de los doce policlínicos de tipo I y tres de los siete de tipo II fueron eficientes; la media para los ineficientes fue 0,83 (tipo I) y 0,53 (tipo II). Los policlínicos Área VI y Potrerillo fueron los de mejor práctica. Se hizo evidente la existencia de reservas en la mayoría de los indicadores de resultado, puesto que, en todos los policlínicos, en alguna medida, los indicadores de recurso estuvieron sobredimensionados.

A partir de los resultados, se pudo concluir que la mayoría de los policlínicos eran ineficientes; sin embargo existían unidades que podían servir de referencia para lograr una mejor práctica en las unidades ineficientes. Además, se supo que las mayores reservas de eficiencia estaban en aumentar la proporción de casos de BARR+ diagnosticados por el policlínico. Se recomendó a las unidades del Sistema Nacional de Salud revisar el proceso de asignación de los recursos, puesto que varias unidades tenían más recursos que lo teóricamente necesario para maximizar sus resultados.

La eficiencia es un factor clave para el éxito en las empresas turísticas, por esta razón, se determinó la utilización del AED en esta esfera; sobre todo, cuando las condiciones que impone el entorno las limita en cuanto a recursos (Montes de Ocas, 2009).

La muestra estuvo constituida por doce instalaciones de categoría 4 estrellas, modalidad «todo incluido», pertenecientes a una cadena hotelera cubana; y se tomaron cifras correspondientes a las operaciones realizadas en el período 2007-2008.

Las variables escogidas para la realización del estudio fueron sometidas a los modelos de evaluación de la eficiencia que parten del AED y que consideran tanto los rendimientos de escala variable como los rendimientos de escala constante.

En este caso las variables de insumo utilizadas fueron: inventarios totales, costos y gastos de operaciones, promedio del número de trabajadores contratados en el período y habitaciones por días existentes; y los productos fueron: utilidad antes de cargos fijos, habitaciones por días ocupadas y nivel de satisfacción. En los resultados obtenidos se pudo apreciar que solo dos instalaciones no alcanzaron la frontera

³ El Virus de Epstein-Barr es el principal agente etiológico de la mononucleosis infecciosa (MI), del linfoma de Burkitt (BL) y del carcinoma nasofaríngeo (NPC). Su distribución es mundial y de un 80 a 90 % de los adultos han sido infectados.

de eficiencia, las que alcanzaron un índice de eficiencia de 0,7084 y 0,9509.

Como se ha podido constatar los resultados de esta revisión ponen de relieve una producción reciente y creciente de estudios sobre las aplicaciones del AED a nivel internacional. Sin embargo, se ha demostrado que la experiencia cubana en este tema es aún incipiente, puesto que su aplicación ha sido muy reducida. Por lo que consideramos que debe incrementarse el número de investigaciones relacionadas con el tema, que permitan ampliar su campo de acción y realizar generalizaciones en los estudios de eficiencia de la economía cubana, tan urgida de métodos y técnicas en este sentido.

A partir de la revisión realizada, se evidencian tanto las posibilidades de generalización del uso del AED para los sectores ya estudiados, como la posible ampliación de su campo de aplicación a otras ramas y sectores de la economía. Y en un futuro cercano llegará a evaluarse la eficiencia de procesos específicos dentro de las empresas, tales como el desempeño de los negociadores, tema que actualmente está en proceso de desarrollo.

Bibliografía

- ALDAZ, N.; J. MILLÁN (2002): «Eficiencia y cambio técnico en DEA con datos de panel», en *Economía Aplicada*, vol. X, n.º 29, Universidad de Zaragoza, pp. 163-176.
- BARRIOS CASTILLO, G. (2008): «Procedimiento para la evaluación de la eficiencia técnica en las Unidades Básicas de Producción Cooperativa cañeras de la provincia Villa Clara», Tesis Doctoral, Universidad Martha Abreu de Las Villas.
- BELTRÁN BALLESTEROS, V.A. (2004): «Conjunto de productividad para problemas de Análisis Envoltente de Datos», Tesis de Maestría, Universidad de Puerto Rico.
- BUFFA, F.; V. GIMÉNEZ-GARCÍA & J. MARTÍNEZ-PARRA (2007): «Improving Resource Utilization in Multi-Unit Networked Organizations: the Case of a Spanish Restaurant Chain», en *Tourism Management*, Elsevier Ltd., vol. 28, febrero, pp. 262-267.
- CANCIO DÍAZ, Y.; G. BARRIOS CASTILLO (2008): «Evaluación de la eficiencia técnica de la producción de viandas en las empresas agropecuarias Benito Juárez y Osvaldo Herrera», Tesis de Maestría, Universidad Central Martha Abreu de Las Villas.
- CONTRERAS RUBIO, I.; F. MARÍA GUERRERO CASAS y C. PARALERA MORALES (2012): «Análisis de eficiencia de las AFOREs: aplicación del DEA junto al análisis multi-variante», 2002, <www.afore.com.mx>, consultado el 29 de enero de 2012.
- CONTRERAS RUBIO, I.; C. MAR MOLINERO y M. SEGOVIA GONZÁLEZ (2009): «Evaluación de la eficiencia de una cartera de asegurados en el sector del automóvil», en *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, junio, pp. 57-76.
- CHAVIANO MORENO, M.; A. GARCÍA FARIÑAS, M. MUÑIZ CEPERO y Z. SÁNCHEZ DELGADO (2007): «Niveles de eficiencia de las policlínicas de Matanzas, Cuba,

- según el método de Análisis Envolvente de Datos», en *Revista Panamericana de Salud Pública*, Organización Panamericana de la Salud.
- FARRELL, M.J. (1957): «The Measurement of Productive Efficiency», en *Journal of the Royal Statistical Society*, London, pp. 253-281.
- GAMARRA, J. (1957): «Eficiencia Técnica Relativa de la ganadería doble propósito en la Costa Caribe», en *Documentos de Trabajos sobre Economía Regional*, n.º 53, Centro de Estudios Económicos Regionales, Cartagena, diciembre.
- GARCÍA FARIÑAS, A.; R. NICOLÁS PÉREZ, J. RODRÍGUEZ LÓPEZ y D. SARRIA GUERRERO (2008): «La medición de la eficiencia productiva en policlínicos cubanos: un estudio de caso», en *Revista Especializada Economía de la Salud*, pp. 120-129.
- HUETH, D.; J.C. MENDIETA y J. ANDRÉS PERDOMO (2005): «Factores que afectan la eficiencia técnica en el Sector Cafetero Colombiano: una aplicación con Análisis Envolvente de Datos», en *Documentos de Investigación*, n.º 45, Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico (CEDE), Facultad de Economía, Universidad de los Andes.
- KOOPMANS, T. (1951): «An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities» en *Activity Analysis of Productions and Allocation*, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph 13, New York.
- LIGARDA, J.; M. ÑACCHA (2004): «La eficiencia de las organizaciones de salud a través del análisis envolvente de datos. Microrredes de la Dirección de Salud IV Lima Este 2003», en *Anales de la Facultad de Medicina*, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, pp. 142-151.
- MARTÍN RIVERO, R. (2006): «La evaluación de la eficiencia técnica. Una aplicación del DEA a la Universidad de La Laguna», en *Apuntes XV Jornadas de la Asociación de la Economía de la Educación*, Universidad de la Laguna, pp. 217-228.
- MÁS, F.; J.L. NICOLAU y R. SELLERS (2002): «Eficiencia en la distribución: una aplicación en el sector de agencias de viajes», en *Documentos de trabajo del Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas S.A.*, Universidad de Alicante, julio.
- MIRANDA, J.C.; L. DEL CARMEN ARAYA (2009): «Eficiencia económica en las escuelas del MECE/rural desde la perspectiva del Análisis Envolvente de Datos (DEA)», en *Estudios pedagógicos*, Valdivia, <http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s0718-07052003000100002&script=sci_arttext>, consultado el 1 de marzo de 2012.
- MONTES DE OCAS QUIÑONES, A. (2009): «Midiendo la eficiencia en la actividad turística mediante el Análisis Envolvente de Datos», en *TURyDES*, vol. 2, n.º 6, Universidad de Málaga, noviembre.
- PRIOR, D.; J. SURROCA (2002): «Modelo para la identificación de grupos estratégicos basado en el Análisis Envolvente de datos: aplicación al sector bancario», en *Documentos de Treball*, n.º 2001/2, Universidad Autónoma de Barcelona.
- RODRÍGUEZ LOZANO, G. (2003): «Medición de la eficiencia relativa en dos subsectores de la economía colombiana desde 1993 a 2002 utilizando Data Envelopment Analysis (DEA)», en *INNOVAR. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, Universidad Nacional de Colombia, pp. 121-144.
- SCHUSCHNY, A.R. (2007): «El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO₂ en América Latina y el Caribe», Serie CEPAL. Estudios Estadísticos y Prospectivos, Naciones Unidas, <http://www.eclac.cl/cgi-bin/getProd.asp?xml=/DEYPE/agrupadores_xml/aes93.xml&xsl=/agrupadores_xml/agrupa_listado.xsl>, consultado el 1 de marzo de 2012.
- SILVA SANTIAGO, C.V.; A. RAMÍREZ DE ARELLANO (2006): «Análisis de eficiencia de Institutos Tecnológicos de España y Brasil: una aplicación del Análisis En-

volvente de Datos (DEA)», en *Journal of Technology Management & Innovation*, Universidad de Talca.

THIEME J.; C. PATRICIO (2005): «Liderazgo y eficiencia en la educación primaria», Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, diciembre.