

Análisis de eficiencia relativa en el control del *Aedes aegypti* del municipio Camagüey

Analysis of relative efficiency in the Aedes aegypti control in Camagüey municipality

Dr. José A. Betancourt Betancourt;^I DrC. José Félix García Rodríguez;^{II} Dr. Pedro Jesús Alfonso;^{III} Dr. Juan Jesús Llambias Peláez;^{IV} Dr.C. Anai García Fariñas^V

I Doctor en Medicina Veterinaria. Profesor Auxiliar. Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey, Cuba. josebetancourt.cmw@infomed.sld.cu

II Doctor en Ciencias en Finanzas Públicas. Profesor Investigador. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. jfgr55@hotmail.com

III Especialista de II Grado en Administración de Salud Pública. Dirección Provincial de Salud. Camagüey, Cuba. vicegral@dpsca.cmw.sld.cu

IV Especialista de I Grado en Epidemiología. Dirección Provincial de Salud. Camagüey, Cuba. jlambias@finlay.cmw.sld.cu

V Doctor en Ciencias de la Salud. Máster en Economía de la Salud. Investigador Agregado. Profesor Asistente. Escuela Nacional de Salud Pública. La Habana, Cuba. alastor@infomed.sld.cu

RESUMEN

Fundamento: es posible identificar instituciones que utilizan de manera efectiva los recursos productivos puestos a su disposición, así como también se puede identificar aquellas unidades ineficientes mediante el análisis envolvente de datos. El Centro de Medicina y Complejidad de la provincia de Camagüey, junto a la Dirección Provincial de Salud y la Dirección Provincial de la lucha contra vectores, trabajan en un proyecto conjunto para la recolección, análisis y procesamiento de datos. **Objetivo:** realizar un análisis de eficiencia relativa del control del *Aedes aegypti* del municipio Camagüey, que se pueda incorporar de forma sistemática al sistema creado. **Método:** se realizó un análisis de eficiencia relativa a las nueve

áreas de salud del municipio de Camagüey vinculadas al control del vector del Dengue, correspondiente al mes de julio del año 2010. Se utilizó la técnica de análisis envolvente, en particular el modelo Constant returns to scale, input oriented model in envelopment form. Se empleó el software Ri para su resolución. Para la selección de las variables a introducir en el modelo, se evaluó el aporte de cada una con la técnica estadística de componentes principales, para lo que se utilizó el programa SPSS 18. **Resultados:** se seleccionaron como entradas o gastos: gasolina, diesel, insecticida, cantidad de hombres involucrados; como salidas o producciones, cantidad de viviendas visitadas, muestras de adultos y de larvas realizadas, y cantidad de depósitos inspeccionados. Se mostró la eficiencia relativa de cada institución, así como las que pueden servir como puntos de referencia a las no eficientes. Se mostró también un sumario de los objetivos para mejorar la eficiencia a lograr en las entradas y en las salidas. **Conclusiones:** se identificaron áreas que operan con deficiencias productivas. Se puede introducir el modelo Análisis envolvente de datos de forma sistemática con los códigos abiertos del R.

DeCS: AEDES; CONTROL DE VECTORES; PROGRAMAS INFORMÁTICOS; DENGUE; EFICIENCIA.

ABSTRACT

Background: it is possible to identify institutions that use effectively, productive resources placed at their disposal, as well as to identify those inefficient units using data enveloping analysis. The Medicine and Complexity Center of Camagüey province, along with the Provincial Health Office and the Provincial Office of the fight against vectors, work in a joint project for the collection, analysis and data processing. **Objective:** to perform an analysis of relative efficiency of *Aedes aegypti* control in Camagüey municipality, which may be incorporated systematically into the created system. **Method:** an analysis of relative efficiency to nine health areas in Camagüey municipality related to the control of Dengue's vector was performed on July, 2010. The enveloping analysis technique, in particular the model constant returns to scale, input oriented model in envelopment form was used. The Ri software for its resolution was employed. Variables were assessed by its contribution of each with the statistical technique of main components; the 18 SPSS program was used. **Results:** selected income or expenditure: gasoline, diesel, insecticide, and number of men involved; as outputs

or productions: amount of visited homes, samples of adults and larvae was carried out, and inspected deposits amount. The relative efficiency of each institution was showed, as well as the ones may serve as points of reference to the no efficient ones. A summary of the objectives to improve efficiency regarding income or expenditure also was expressed. **Conclusions:** the areas that operate with productive deficiencies were identified. Data enveloping analysis model may be inserted systematically with Ri open codes.

DeCS: AEDES; VECTOR CONTROL; SOFTWARE; DENGUE; EFFICIENCY.

INTRODUCCIÓN

El dengue es la arbovirosis de más amplia distribución mundial. Es una enfermedad viral cuyo principal vector en América Latina es el mosquito *Aedes aegypti*. Se considera actualmente un mosquito cosmopolita y se le atribuyen condiciones que lo hacen un vector por excelencia: principalmente su gran domesticidad, de ahí su difícil control e improbable eliminación una vez que se radica.

En Cuba se realizan esfuerzos para el control de vectores y específicamente sobre el *Aedes aegypti*. Se destinan aproximadamente tres millones de dólares anuales para esta actividad; sin embargo, aún ocurren infestaciones. ¹Una oferta técnica, dependiente y paternalista, que no tome en cuenta las prioridades, costumbres, tradiciones y creencias locales, hace fracasar en corto tiempo un programa de apoyo sanitario. Con el objetivo de reducir la existencia de brotes epidémicos de Dengue en Cuba y de mejorar el costo- efectividad de la campaña contra el *Aedes aegypti*, existe una necesidad urgente de identificar los factores de riesgos locales que facilitan las infestaciones por este vector. ²

Mediante un análisis de eficiencia relativa, es posible identificar las unidades que productivamente son eficientes, que utilizan de manera óptima los recursos productivos puestos a su disposición. También es posible identificar aquellas unidades ineficientes, ya sea porque no son capaces de obtener la máxima producción con los recursos disponibles, o bien tienen capacidad ociosa y no utilizada a su máxima eficiencia. La fundamentación teórica se basa en la presencia de una función de producción, en la cual existe cierta disponibilidad de recursos o insumos necesarios para la fabricación de una cantidad determinada de bienes, sean estos productos tangibles o servicios de un determinado segmento de mercado o población.

Teóricamente, la función de producción que determina el número máximo de productos y/o servicios que se pueden obtener al utilizar diversas combinaciones de recursos o insumos recibe el nombre de función frontera. Después que ésta se obtiene, la eficiencia relativa de cualquier unidad de producción de bienes y/o servicios se compara con cada unidad del conjunto de producción incluida dentro de su frontera, bajo el supuesto de que las desviaciones existentes son comportamientos ineficientes de producción entre unidades estándar o de la misma escala.^{3, 4}

El método Análisis Envolvente de Datos (Data Envelopment Analysis - DEA) es una herramienta de análisis económico cuantitativo, válida para estudiar el desempeño de unidades productivas, sectores y países. Posee la ventaja de facilitar un tratamiento multidimensional, tanto del lado del 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 brinda una perspectiva sistémica e integrada para estudiar, en forma comparada, el desempeño de las unidades de producción bajo análisis. Existen estudios diversos al respecto.^{5- 7}

La meta del análisis envolvente de datos consiste en la utilización de toda la información disponible para categorizar el desempeño de las unidades productivas que participan del estudio (Decision Making Units, DMU), 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. Según Coelli⁸ y Cooper⁹ se trata de una metodología no paramétrica.¹⁰ La producción es el acto de transformar insumos en productos. El objetivo de todo proceso productivo es la creación de valor a través de este proceso de transformación. Dos objetivos complementarios para medir la eficiencia en la utilización de los recursos para la producción a nivel de las unidades productivas, son el producir tanto como sea posible, dados los niveles de insumos disponibles o el utilizar la menor cantidad de recursos posible para transformarlos en un dado nivel de producción. Se pueden observar varios ejemplos en la salud.^{11- 14}

La Dirección Provincial de Salud y la Dirección Provincial de la Lucha contra vectores trabajan en un proyecto conjunto para la recolección, análisis y procesamiento de datos. Un grupo de datos importantes a recoger son los gastos (entradas o inputs) y otros los aportes o producciones (salidas o output). Se trabaja con el software libre R porque sus códigos son abiertos y se pueden transformar e incorporar al análisis. El objetivo de este trabajo es realizar análisis

de eficiencia relativa del control del *Aedes aegypti* del municipio Camagüey, que se pueda incorporar de forma sistemática al sistema creado.

MÉTODOS

Se realizó un análisis de eficiencia relativa correspondiente al mes de julio del año 2010, de las nueve áreas de salud del municipio de Camagüey vinculadas al control del vector del Dengue. Se utilizó la técnica de análisis envolvente de datos existente en el software R, en particular el modelo CCR input oriented model in envelopment form.dea.ccr.io.env ($X, Y, \text{pslv} = \text{FALSE}, \text{dual} = \text{FALSE}, \text{infor} = \text{FALSE}$)
x- Datos de los gastos. Cada fila corresponde a una DMU y cada columna a un elemento de entrada o gasto.y- Datos de las salidas o producciones. Cada fila corresponde a una DMU y cada columna a un elemento de salida a producción

Para la selección de las variables a introducir en el modelo, tanto en las entradas [$x = (x_1, \dots, x_N)$] como en las salidas, [$y = (y_1, \dots, y_M)$], se evaluó el aporte y extracción de cada una de las variables con la técnica estadística de componentes principales del programa SPSS 18 y se seleccionaron como entradas o gastos, litros de gasolina, litros de diesel, litros de insecticida, cantidad de hombres involucrados; como salidas o producciones la cantidad de viviendas visitadas, las muestras de adultos y de larvas realizadas, y la cantidad de depósitos inspeccionados. Los resultados se expresan en tablas. Se refleja en tablas el índice de infestación de las áreas al lado de la eficiencia relativa encontrada.

RESULTADOS

La técnica estadística de componentes principales permitió evaluar la extracción y el aporte de cada variable. De esta manera se eliminó una de las variables de entradas (gastos de abate) y la varianza explicada se elevó de un 71.12 % a 88.892 % con aportes uniformes. Se eliminaron dos de las variables de las salidas (tratamiento a las casas y contenedores chequeados) y la varianza explicada subió de un 51.944 % a un 80.922 %. ([Tabla 1](#))

Tabla 1. Análisis de Componentes principales que permitió evaluar la extracción y el aporte de cada una de las diez variables iniciales

Variables iniciales	Inicial	Extracción	Componentes
Consumo de gasolina (litros)	1	0.975	0.987
Consumo de petróleo (litros)	1	0.989	0.995
Consumo de químicos (litros)	1	0.855	0.925
Consumo de Abate (kg)	1	0.000	0.210
Hombres	1	0.737	858
Casas inspeccionadas	1	0.724	0.851
Muestras de adultos colectadas	1	0.881	0.939
Muestras de jóvenes colectadas	1	0.729	0.854
Tratamiento a las casas	1	0.115	-0.339
Contenedores chequeados	1	0.148	0.385

Se seleccionaron como entradas o gastos el consumo de gasolina, de diesel, de insecticida, y la cantidad de hombres involucrados; como salidas o producciones; se incluyeron la cantidad de viviendas visitadas y la cantidad de muestras de adultos y de larvas colectadas. ([Tabla 2](#))

Tabla 2. Variables de cada área de salud a analizar luego del análisis estadístico

Áreas (DMU)	Entradas (gastos)				Salidas (producciones)		
	Gasolina (Litros)	Diesel (Litros)	Insecticida (Litros)	Hombres	Vivienda	Muestras Adultos	Muestras Larvas
Mella	344	1285	22	240	14386	1183	679
Este	535	1820.8	15	228	13036	618	747
Agramonte	832	3826	53	374	6461	407	309
Centro	2304	9363	91	1022	13203	290	380
Norte	1113	4364	48	524	19384	1176	672
Carlos J. Finlay	395	1494	4	648	13063	652	640
Prev	852	3388	30	418	11279	435	334
Oeste	496	1877.8	34	206	12634	737	661
PIRRE	1061	3934	31	398	10552	319	251

El resultado del modelo DEA utilizado muestra el comportamiento de la eficiencia relativa de cada área de salud (DMU). ([Tabla 3](#))

Tabla 3. Resultados de la eficiencia relativa encontrada

Eficiencia(CRS)		
DMU No.	Nombre DMU	Orientada a entradas (gastos)
1	Mella	100.00
2	Este	100.00
3	Agramonte	28.30
4	Centro	21.60
5	Norte	61.90
6	Carlos J. Finlay	100.00
7	Prev	47.59
8	Oeste	100.00
9	PIRRE	45.49

El programa sugiere un plan de mejora para cada DMU con los valores ideales a obtener para cada entrada o salida según nuestro objetivo. Se muestra el valor en pesos cubanos de lo que se ahorraría si se cumplen las metas propuestas. Un 44 % de las nueve unidades analizadas mostraron adecuada eficiencia relativa. Se observan cinco instituciones (55 %) que no son eficientes con respecto a las demás. ([Tabla 4](#))

Tabla 4. Propuesta de metas a lograr que brinda el programa

Metas de gastos eficientes					Metas de producciones eficientes			
DMU No	Área	Gasolina (Litros)	Diesel (Litros)	Insecticid a (Litros)	Hombres	Vivienda	Muestras Adultos	Muestras. Larvas
1	Mella	344.000	1285.000	22.180	240.000	14386.00	1183.00	679.00
2	Este	535.000	1820.800	15.480	228.000	13036.00	618.00	747.00
3	Agte.	223.996	845.998	15.072	106.076	6461.00	422.96	328.17
4	Centro	344.549	1264.104	19,760	221.623	13203.00	1027.09	640.18
5	Norte	483.939	1791.484	29.463	324.344	19384.00	1552.47	926.95
6	Carlos J. Finlay	394.500	1494.000	4.250	648.000	13063.00	652.00	640.00
7	Prev	405.189	1406.636	14.442	198.907	11279.00	649.42	612.02
8	Oeste	495.780	1877.800	33.720	206.000	12634.00	737.00	661.00
9	PIRRE	358.815	1255.600	14.066	181.056	10552.00	651.19	560.86
Ahorros MN		102239.67	153359.50	15712.06	507790.35			
TOTAL AHORRO		779101.57						

DISCUSIÓN

Este trabajo constituye una primera aproximación al estudio de la eficiencia relativa de diferentes unidades dedicadas al control de vectores del dengue. No es un estudio epidemiológico, sino un estudio vinculado a la sostenibilidad de la actividad del control de vectores. La selección de variables relevantes es una de las mayores dificultades a la hora de aplicar el DEA, pues a partir de éstas, se van a realizar las operaciones que conducen a los resultados y luego a las conclusiones.

Por el resultado del estudio, se aprecia las posibles mejoras de la gestión en algunas áreas. Al utilizar adecuadamente los recursos con los que cuentan: utilización de personal estrictamente necesario y profesionales competentes, consumo adecuado de los insecticidas y otros recursos, se puede obtener mejoras en las atenciones y actividades preventivas y de promoción con mayor integridad a los diferentes sectores. La posibilidad de ahorro en algunos de los recursos utilizados en las fumigaciones es posible en todas áreas. Según los datos aportados, las áreas Centro, Ignacio Agramonte, Norte, Previsora y PIRRE están por debajo de los niveles de eficiencia relativa.

El programa sugiere propuestas de metas a lograr e indica en qué rubros están las deficiencias y cómo mejorarlas, lo que representaría un ahorro de 779 101.57 pesos cubanos cada mes. En el caso de las áreas Ignacio Agramonte y Centro existe coincidencia con las más altos índices de infestación del municipio, 2.29 y 2.40 respectivamente y las menores eficiencias. El área Mella es eficiente y tiene el más bajo índice, 1.24, pero el área Carlos J. Finlay refleja alta eficiencia y sin embargo tiene un índice de infestación de 2.58.

El aumento de recursos conlleva proporcionalmente un aumento de actividades y en este caso mantiene su eficiencia relativa adecuada. Además, existe un evidente carácter multifactorial de los índices de infestación, que no es el objeto de estudio de este trabajo. La ineficiencia de las unidades se debe a gastos en gasolina, diesel y exceso de hombres contratados, así como en el incumplimiento del muestreo de larvas y adultos. Es recomendable sistematizar en los análisis automatizados que se proyectan en los estudios a nivel de cada área de salud de toda la provincia. El conocimiento de la eficiencia de las áreas puede ser de utilidad para la planificación, la reasignación de recursos y para incentivar a los mismos a que presenten un mejor nivel de eficiencia.

En este trabajo se evaluó satisfactoriamente el aporte y extracción de cada variable con la técnica de Componentes Principales, lo que favorece la precisión de los análisis realizados. La reducción de datos con técnicas estadísticas multivariadas

o la evaluación del aporte de cada variable se han utilizado previamente por otros autores.¹⁵ La técnica de DEA es utilizada en Cuba exitosamente en clínicas estomatológicas y en algunas áreas de salud.^{16, 17}

Un estudio realizado en ocho países de América Latina y Asia, encontró que el costo total anual promedio estimado asociado a la enfermedad del dengue fue de 587 millones de dólares, sin incluir los costos asociados a programas de supervisión y control del vector.¹⁸ Otros investigadores manifiestan que el control vectorial, y dentro de éste, la fumigación para mosquitos adultos, debe evaluarse en situaciones de alto riesgo de transmisión como una alternativa costo-benéfica en países no endémicos que al no disponer aún de una vacuna segura y accesible el control del vector, es la única solución viable hoy día para controlar la enfermedad y es imprescindible la voluntad política, la intersectorialidad, la participación de toda la comunidad y el fortalecimiento de la legislación sanitaria al respecto.^{19, 20}

CONCLUSIONES

El análisis de eficiencia relativa permitió identificar la existencia de áreas que operan con deficiencias productivas, susceptibles de corrección mediante procesos de benchmarking. Con estas evidencias, la institución está en posibilidades de establecer las medidas correctivas necesarias. Es posible introducir el modelo DEA de forma sistemática al sistema propuesto. La asignación de recursos y la toma de decisiones pueden contar con una herramienta de análisis, de modo que se podría canalizar la asignación de recursos y financiamientos con criterios de mejor relación recursos/resultados localizados en aquellos lugares que realmente lo necesitan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Noriega V, Ramos IV, Morejón YT, Molina RT. Evaluación del tratamiento focal contra el *Aedes aegypti* en áreas de salud seleccionadas de Ciudad de La Habana; 2008. Rev Cubana de Hig y Epidemiología [serie en Internet]. 2009 Ago [citado 3 Oct 2010]; 47(2):[aprox. 10 p.]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S156130032009000200002&lng=es

2. Marquetti M, Bisset J, Portillo R, Rodríguez M, Leyva M. Factores de riesgo de infestación pupal con *Aedes aegypti* dependientes de la comunidad en un municipio de Ciudad de La Habana. *Rev Cubana Med Trop.* 2007; 59(1):46-51.
3. Zere E, Mbeeli T, Shangula K, Mandlhate C, Mutirua K, Tjivambi B, et al. Technical efficiency of district hospitals: Evidence from Namibia using Data Envelopment Analysis. *Cost Effect Res Allo* [serial on the Internet]. 2006 [cited 2010 Aug 12]; 4:[about 5 p.]. Available from: <http://www.resource-allocation.com/content/4/1/5>
4. Renner A, Kirigia JM, Zere E, Barry SP, Lenity H. Technical efficiency of peripheral health units in Pujehun district of Sierra Leone: a DEA application Muthuri. *BMC Health Services Research* [serial on the Internet]. 2010 [cited 2010 oct 12]; 4:[about 10 p.]. Available from: <http://www.biomedcentral.com/1472-6963/5/77>
5. Muthuri J K, Diarra Namaa AJ. Can countries of the WHO African Region wean themselves off donor funding for health?. *Bull World Health Org.* 2008; 86:889-95.
6. Ortún VR, Meneu de Guillerna R. Impacto de la Economía en la política y gestión sanitaria. *Rev Esp Sal Púb.* 2006; 80:491-504.
7. Pinillos M, Antoñanzas F. La Atención Primaria de Salud: descentralización y eficiencia. *Gac Sanit.* 2002; 16(5):401-7.
8. Coelli TJ, Prasada Rao DS, O'Donnell CJ, Battese GE. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis.* 2nd ed. New York: Springer; 1999.
9. Cooper WW, Seiford LM, Tone K. *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software.* 2da ed. New York: Springer; 2007.
10. Coelli TJ. *A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program,* CEPA. Working Paper [serial on the Internet]. 1996 [cited 2010 oct 12]; 2(1):[about 10 p.]. Disponible en: <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/deap.htm>
11. Salinas Martínez AM, Amaya Alemán MA, Arteaga García JC, Núñez Rocha GM, Garza Elizondo ME. Eficiencia técnica de la atención al paciente con diabetes en el primer nivel. *Salud Publica Mex.* 2009; 51:48-58.
12. Gary D, Ferrier M, Rosko D, Valdmanis VG. Analysis of uncompensated hospital care using a DEA model & of output congestion. *Health Care Manage Sci.* 2006; 9: 181-8.
13. Osei D, Almeida S, George MO, Kirigia JM, Mensah OA, Kainyu LH. Technical efficiency of public district hospitals and health centres in Ghana: a pilot study *Cost.*

- Effect Res Alloc [serial on the Internet]. 2005 [cited 2010 oct 8]; 3(1):[about 10 p.]. Available from: <http://www.resource-allocation.com/content/3/1/9>
14. Bjorkgren MA, Hakkinen U, Linna M. Measuring Efficiency of Long-Term Care Units in Finland. Health Care Man Sci. 2001; 4:193-200.
 15. Hollingsworth B, Parkin D. Efficiency and productivity change in the English National Health Service: can data envelopment analysis provide a robust and useful measure? J of Health SR and Policy. 2003; 8(4):230-6.
 16. Moreno MC, Sánchez DZ, Fariñas AG. Niveles de eficiencia en las clínicas estomatológicas en Matanzas, Cuba. Rev Cubana de Salud Pública. 2009; 35(4):117-27.
 17. Fariñas AG. Niveles de eficiencia de las policlínicas de Matanzas, Cuba, según el método de análisis envolvente de datos. Rev Panam Salud Publica. 2007; 22(2):45-53.
 18. Suaya JA, Shepard DS, Siqueira JB, Martelli CT, Lum LC, Huat LT, et al. Cost of Dengue Cases in Eight Countries in the Americas and Asia: A Prospective Study. Am J Trop Med Hyg. 2009; 80(5):846-55.
 19. Wenceslao PO, Pedroni E. Análisis costo-beneficio del control de vectores en la transmisión potencial de Dengue. Rev Panam Salud Pública. 2008; 24(2):113-9.
 20. Kourí G, Pelegrino JL, Munster BM, Guzmán M. Sociedad, economía, inequidades y Dengue. Rev Cubana Med Trop. 2007; 59(3):17-20.

Recibido: 18 de octubre de 2010

Aprobado: 16 de junio de 2011

Dr. José A. Betancourt Betancourt. Email: josebetancourt.cmw@infomed.sld.cu