

# **Eficiencia relativa en entidades ambientales gubernamentales: medición sobre las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) de Colombia<sup>1</sup>**

**Relative Efficiency in Government Environmental Entities:  
An Evaluation of the Regional Autonomous Corporations (CAR)  
of Colombia<sup>2</sup>**

**Eficiência relativa em entidades ambientais governamentais:  
medição das Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) da  
Colômbia<sup>3</sup>**

*Rodrigo Alberto Britto-Agudelo<sup>4</sup>*

*Óscar Yecid Buitrago-Suescún<sup>5</sup>*

*Julián David Puerto-Suárez<sup>6</sup>*

*Julio César Ramírez<sup>7</sup>*

SICI: SICI: 0123-2126(201301)17:1<205:EREAG>2.0.TX;2-R

<sup>1</sup> Fecha de recepción: 24 de octubre de 2011. Fecha de aceptación: 29 de junio de 2012. Este artículo se deriva del trabajo colaborativo de investigación realizado por profesores de la Universidad de los Andes, la Universidad Militar Nueva Granada y la Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.

<sup>2</sup> Reception date: October 24<sup>th</sup> 2011. Admission date: June 29<sup>th</sup> 2012. This paper originated from the research teamwork carried out by professors from the Universidad de los Andes, the Universidad Militar Nueva Granada and the Universidad de La Salle, in Bogotá, Colombia,

<sup>3</sup> Data de recepção: 24 de outubro de 2011. Data de aprovação: 29 de junho de 2012. Este artigo origina-se do trabalho colaborativo de pesquisa realizado por professores da Universidad de los Andes, da Universidad Militar Nueva Granada e da Universidad de La Salle, Bogotá, Colômbia.

<sup>4</sup> Ingeniero químico, Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. Doctor en Logística, Universidad de Maryland, Estados Unidos. Profesor, Facultad de Administración, Universidad de los Andes. Correo electrónico: rab@adm.uniandes.edu.co.

<sup>5</sup> Ingeniero químico, Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Maestría en Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. Profesor de tiempo completo, Ingeniería Industrial, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: oybuitrago@unisalle.edu.co.

<sup>6</sup> Ingeniero civil, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia. Maestría en Ingeniería Civil, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. Profesor de tiempo completo en Ingeniería Ambiental, Universidad de La Salle. Correo electrónico: psjulian@unisalle.edu.co.

<sup>7</sup> Ingeniero químico, Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Maestría en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Colombia. Profesor de tiempo completo, Ingeniería Ambiental, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: jramirez@unisalle.edu.co.

### Resumen

En este estudio se evalúa la eficiencia relativa de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) colombianas utilizando la función de distancia direccional dentro de la estructura de análisis envolvente de datos, que permite la incorporación de salidas deseadas y no deseadas. La información de las entradas y salidas se obtuvo de las páginas institucionales de cada una de las CAR y de los reportes del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres de Colombia. Se determinó que tan solo el 18,75 % de las 32 CAR evaluadas son completamente eficientes y que el promedio de ineficiencia es del orden del 60 %. Se espera que los resultados obtenidos sirvan para orientar el mejoramiento de la eficiencia en la utilización de los recursos y para la identificación de las CAR que pueden servir de referentes.

### Palabras clave

Análisis envolvente de datos, eficiencia relativa, corporaciones autónomas regionales, salidas indeseadas, función de distancia direccional.

### Abstract

This paper evaluates the relative efficiency of the Colombian Regional Autonomous Corporations (CAR) using the directional distance function within the structure of data envelopment analysis, which allows for the incorporation of desirable and undesirable outputs. The input and output information was gathered from the institutional sites of each CAR and from the reports of the National System for the Prevention and Attention of Disasters in Colombia. It was determined that only 18.75% of the 32 evaluated CARs are completely efficient and that the inefficiency average is close to 60%. We hope that the obtained results will be of use in guiding the increase in efficiency in the utilization of resources and for the identification of those CARs that could set an example for the rest.

### Keywords

Data envelopment analysis, relative efficiency, regional autonomous corporations, undesirable outputs, directional distance function.

### Resumo

Neste estudo avalia-se a eficiência das Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) colombianas utilizando a função de distância direccional dentro da estrutura de análise envoltória de dados que permite a incorporação de saídas desejadas e indesejadas. A informação das entradas e saídas foi obtida a partir dos *sites* institucionais de cada uma das CAR e dos relatórios do Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres da Colômbia. Verificou-se que somente 18,75% das 32 CAR avaliadas são plenamente eficientes e que a média de ineficiência é de 60%. Espera-se que os resultados obtidos possam servir para orientar o aprimoramento da eficiência na utilização dos recursos e para identificar as CAR que possam vir a se tornar referências.

### Palavras chave

Análise envoltória de dados, eficiência relativa, *corporaciones autónomas regionales*, saídas indesejadas, função de distância direccional.

## Introducción

Ninguna región del mundo puede ser indiferente al cambio ambiental global, puesto que sus consecuencias incluyen degradación de los suelos; cambios hidrológicos y de los patrones climáticos; riesgo en la seguridad alimentaria, especialmente la de las poblaciones más vulnerables (Food Security and Global, 2009), y estrés hídrico (Arnell, 2004). Por ello se trabaja en la construcción de mediciones de vulnerabilidad al cambio global que sean comparables en cualquier lugar (Polsky, Neff y Yarnal, 2007; Tonn, 2003) y se proponen diferentes alternativas globales para el manejo del cambio ambiental global (Biermann, 2007).

Colombia no parece ser ajena a los efectos del cambio climático pronosticados en diversos estudios (Hitz, 2004). La ola invernal de los últimos meses de 2010 y del primer trimestre de 2011 —que dejó muertes, damnificados, derrumbes, pérdida de cosechas y la consecuente alza en los precios de los alimentos, entre otras— ha abierto el debate sobre la eficiencia de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR).

Se les asigna responsabilidad porque estas entidades tienen dentro de sus 31 funciones<sup>8</sup> dos (las 19 y 23) relacionadas con la promoción y ejecución de obras de defensa contra las inundaciones, regulación de cauces, manejo de cuencas hidrográficas, control de erosión, realización de actividades de análisis, seguimiento, prevención y control de desastres y la prestación de asistencia a las demás autoridades competentes en los aspectos medioambientales para la prevención y atención de emergencias y desastres.

Políticamente, las CAR han sido cuestionadas tanto por la acción de prevención que debieron ejecutar como por el manejo posterior a la ola invernal.<sup>9</sup> Los

<sup>8</sup> Las CAR se crearon mediante el artículo 150 de la Constitución Política de Colombia, parágrafo 7, y sus 31 funciones se establecen en la Ley 99 de 1993, artículo 31. Todas las funciones de las CAR se pueden consultar en <http://www.car.gov.co/?idcategoria=1186>.

<sup>9</sup> Revista *Semana*: “Quién responde por las CAR” (18-12-2010), “Fiscalía abre investigación preliminar por posible negligencia de las CAR” (21-12-2010), “Gobierno decretó intervención de las CAR” (22-01-2011). Periódico *El Espectador*: “Las CAR están en deuda con el Estado: vicepresidente Angelino Garzón” (24-04-2011), “Ola invernal y fallas de planeación” (01-05-2011).

entes de control les abrieron investigaciones preliminares y el Gobierno trató de reformarlas buscando fusionarlas de 33 a 17.

Desde la academia se han realizado estudios cuyos resultados pueden ser de interés para las CAR. Toro *et al.* (2012) incorporan la vulnerabilidad a la medición del impacto ambiental (EIA) y miden cuantitativamente su importancia considerando los contextos legal, social, físico y biótico. La propuesta reduce la incertidumbre y la subjetividad del evaluador del impacto. Se reportan indicadores de vulnerabilidad de diferentes factores ambientales para 22 CAR; pero la medición de la importancia de la vulnerabilidad en Colombia solo se realizó en cuatro departamentos: Valle, Chocó, Antioquia y La Guajira. Por su parte, Sánchez-Triana y Ortolano (2001) analizaron la evolución del aprendizaje organizacional y la medición del impacto ambiental en la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y concluyeron principalmente que el aprendizaje organizacional (por imitación o aprender haciendo) puede contribuir a lograr los objetivos organizacionales pero no necesariamente se refleja en mejoras ambientales.

Dada la discusión y el interés nacional sobre las CAR, las investigaciones orientadas a medir su desempeño son pertinentes. Blackman, Morgenstern y Topping (2006) analizaron el diseño de las CAR; su contexto social e institucional y sus implicaciones en el manejo ambiental; los desafíos administrativos, institucionales y políticos de frente al sistema regulatorio ambiental, e hicieron un estudio de caso sobre cuatro de las corporaciones. Concluyeron que existe un sistema de información ambiental inapropiado, conflictos entre CAR y con otros entes territoriales, inadecuada gestión del riesgo, distribución inequitativa de recursos, influencias indebidas y mala ejecución de la normatividad ambiental. Recomendaron mejorar el sistema de recolección y tratamiento de información, realizar evaluaciones comparativas de riesgo entre las CAR, reestructurar los órganos de dirección fortaleciendo la representación de la sociedad civil, mejorar la coordinación nacional-regional, crear mecanismos de resolución de conflictos entre CAR y eliminar las que tengan un desempeño pobre persistente.

En el presente trabajo se mide la eficiencia relativa de las CAR, centrándose en las funciones relacionadas con la prevención y mitigación de desastres, considerando simultáneamente salidas deseadas y no deseadas, al implementar una función de distancia direccional (DDF, por su sigla en inglés). Tal enfoque se emplea cuando se consideran estos dos tipos de salidas (Chung, Färe y Grosskopf, 1997; Weber y Weber, 2004; Pathomsiri *et al.*, 2008). Un parámetro principal para la medición de desempeño de este análisis es el número de personas afecta-

das por la ola invernal (salida no deseada). Los resultados obtenidos, aparte de reportar la eficiencia relativa de las CAR, dan luces para una mejor utilización de los recursos e identificar aquellas eficientes que puedan servir de referentes para las demás.

Aunque existen trabajos que abordan el tema ambiental utilizando DDF y salidas indeseadas (Zhou, Ang y Poh, 2008a y 2008b; Wang, Yu y Zhang, 2012), de acuerdo con la amplia revisión bibliográfica llevada a cabo, este es el primer trabajo en que se evalúan entidades gubernamentales ambientales y en el que se consideren salidas indeseadas del tipo personas damnificadas.

El artículo se estructuró de la siguiente forma: en la sección 1 se discute la medición de eficiencia mediante DDF; en la sección 2 se describe la metodología, la escogencia y la medición de parámetros; en la sección 3 se muestran los resultados del estudio, y las conclusiones y posibles extensiones de esta investigación son discutidas en la última sección.

## 1. Función de distancia direccional (DDF) y medición de eficiencia relativa con salidas deseadas e indeseadas

Desde el primer modelo de análisis envolvente de datos (Charnes-Cooper-Rhodes, 1978) se han realizado numerosas aplicaciones y se siguen haciendo contribuciones novedosas (Cooper *et al.*, 2004). Para este trabajo son de interés las relacionadas con la incorporación de salidas indeseadas, pues no incluirlas puede afectar el *ranking* de desempeño (Pittman, 1983; Färe *et al.*, 1989; Tyteca, 1996) y resultar en indicadores de eficiencia sesgados (Weber y Weber, 2004). En ese sentido, Chung, Färe y Grosskopf (1997) proponen la DDF, y Seiford y Zhu (2002), un modelo de medición de eficiencia que permite la incorporación de factores indeseables basándose en la propiedad de clasificación invariante.

En este estudio se empleó el modelo de programación lineal de la DDF, propuesto por Chung, Färe y Grosskopf (1997), para medir la eficiencia en la dirección  $g = |g_y - g_b|$  de  $n$  entes que se van a evaluar, denominados DMU ( $j = 1, \dots, n$ ), que utilizan  $m$  entradas deseadas  $x_{ij}$  ( $i = 1, \dots, m$ ) para producir  $s$  salidas deseadas  $y_{rj}$  ( $r = 1, \dots, s$ ) y  $k$  salidas indeseadas  $b_{1j}, b_{2j}, \dots, b_{kj}$ .

$$\text{Max } \xi_0$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} &\leq x_{i0}, \quad i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} &\geq y_{r0} + \xi_0 g_{ry}, \quad r = 1, 2, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j b_{tj} &= b_{t0} - \xi_0 g_{tb}, \quad t = 1, 2, \dots, k \\ \lambda_j &\geq 0 \quad \forall j. \end{aligned} \tag{1}$$

Donde  $\xi_0$  mide el nivel de ineficiencia técnica de una DMU.

En Colombia, el análisis envolvente de datos (DEA, por su sigla en inglés) ha sido aplicado en diversos sectores. Vasco (2012) evalúa la eficiencia global del transporte terrestre de carga por vía férrea y en camiones; Cotte (2011) analiza el desarrollo económico y el crecimiento departamental desde 1993 hasta 2007; Pardo (2011) compara la eficiencia energética de sectores no intensivos en energía de Colombia y Alemania; León y Palacios (2009) emplean DEA en la solución de problemas multiobjetivo; Cayón y Sarmiento-Sabogal (2009) miden la eficiencia en la industria del calzado; Cunha y Garzón (2007) hacen un estudio sobre la estructura tarifaria propuesta por la Comisión de Regulación para los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado; Pombo y Taborda (2006) calculan la eficiencia de doce empresas distribuidoras de energía de 1985 a 2001 para establecer los efectos de la reforma regulatoria de 1994 al sector eléctrico, y Pérez, Araque y Lancheros (2003) establecieron la eficiencia relativa de los colegios distritales de la ciudad de Bogotá.

En el ámbito global, las aplicaciones de DEA en las áreas de energía y medio ambiente son numerosas. Zhou, Ang y Poh (2008a) hacen un recuento de cien trabajos en estos temas y los clasifican por tipo de estudio, país, aspectos metodológicos y sector de aplicación. De estos, cerca del 25 % están relacionados con medición del desempeño ambiental en industrias y aplicaciones macro (regional/nacional); pero enfocados básicamente en la emisión de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

Los mismos autores muestran cómo se pueden utilizar diferentes modelos DEA para realizar mediciones de desempeño ambiental (2008) cuando se tienen retornos no crecientes a escala y retornos variables a escala, haciendo una

aplicación sobre el consumo de energía y la emisión de CO<sub>2</sub> en 2002 para ocho diferentes regiones del mundo. Feroz *et al.* (2009) calculan la eficiencia ambiental de 36 países a la luz del Protocolo de Kioto, considerando emisiones de CO<sub>2</sub>, consumo energético, de fertilizantes y pesticidas, como entradas y expectativa de vida y producto interno bruto (PIB) per cápita como salidas. Así encontraron que las naciones que ratificaron el protocolo tienden a ser más eficientes ambientalmente. Wang, Yu y Zhang (2012) miden la eficiencia ambiental y energética de 29 regiones administrativas de China en el periodo 2000-2008 considerando bienes de capital, mano de obra y energía (entradas), y como salidas, PIB (deseada), CO<sub>2</sub> y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) (indeseadas).

## 2. Metodología

### 2.1. Población estudiada y definición de parámetros

La población de unidades evaluadas está conformada por todas las CAR colombianas (en la Tabla 2 se muestran las siglas de cada una). Al analizar las funciones estipuladas para las CAR que están relacionadas con la prevención y la mitigación de desastres, los recursos asignados y la disponibilidad de información, se decidió establecer como:

- Entradas: el valor de la nómina y el presupuesto para el cumplimiento de las funciones misionales (sin incluir la nómina) por habitante.
- Salida deseada: el número de proyectos ejecutados reportados; pero como estos están divididos en tres categorías (institucionales, preventivas y prioritarias), como salida deseada se consideraron dos casos: 1) la suma de los proyectos prioritarios y los preventivos y 2) el número total de proyectos ejecutados. En el primer caso se mide la eficiencia con las salidas que están más relacionadas con el objetivo de prevención y mitigación de desastres y en el segundo se hace una evaluación más global, dado que los proyectos institucionales van principalmente dirigidos a fortalecer la cultura organizacional, implementación de sistemas de calidad, manejo de información etc., aunque pueden incidir en los resultados sobre la prevención y mitigación.
- Salida indeseada: número de damnificados por habitante de la zona de influencia de la CAR considerada.

Con la anterior definición de entradas y salidas se cumple la recomendación de Cooper, Seiford y Tone (2000), respecto al número mínimo de DMU requeridas para aplicar modelos DEA. En ambos casos, la ineficiencia se tomará

como el porcentaje en que se pueden expandir las salidas deseadas y contraer las indeseadas simultáneamente; por ende, las CAR con valor de ineficiencia cero se consideran eficientes.

### 2.2. Modelo y software utilizados

Para los cálculos de eficiencia se utilizó el enfoque de la función direccional de distancia expuesto en el modelo (1) en la dirección  $g = \{y - b\}$ , utilizada en Palthomsiri *et al.* (2008). Se trabajó bajo el supuesto de retornos variables a escala debido que las CAR no compiten entre ellas, lo que hace poco factible que estén operando a su tamaño de escala más productivo (Lozano y Gutiérrez, 2011).

El modelo (1), tal y como está presentado, supone disponibilidad débil para las salidas indeseadas. Esto implica que para disminuirlas es necesario también hacerlo con la cantidad de salidas deseadas. Como la situación estudiada permite reducir la cantidad de salidas indeseadas (personas afectadas) sin necesariamente tener que disminuir las salidas deseadas (número de proyectos ejecutados), entonces en el modelo (1) se cambió el signo  $=$  de las restricciones por  $\leq$ . Se codificó en lenguaje MathProg y se solucionó para cada CAR en el *software* libre de programación lineal LP Solve.

### 2.3. Datos

La información utilizada se obtuvo de las páginas web de cada una de las CAR y de los reportes del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres de Colombia sobre la temporada invernal 2010-2011, consolidados al mes de mayo de 2011. Puesto que no todas las CAR reportan la información de forma completa, fue necesario excluir a Corpomojana del análisis.

En la Tabla 1 se relacionan las estadísticas descriptivas para cada una de las entradas y salidas (deseadas e indeseadas). Para correr el modelo se dividió cada una de las entradas por el número de habitantes de la zona de influencia de la respectiva CAR.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de las entradas y salidas analizadas

Entradas y salidas	Tipo	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Nómina (millones de pesos)	Entrada	3248,65	3660,38	190,64	17054,29
Presupuesto para funciones misionales (millones de pesos), sin incluir nómina	Entrada	25989,92	42618,75	11,47	228087,00

(Continúa)

Entradas y salidas	Tipo	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Nómina/habitante (\$/persona)	Entrada	4483,24	5504,96	97,38	24190,09
Presupuesto para funciones misionales (\$), sin incluir nómina (\$/persona)	Entrada	31462,38	52830,05	11,51	294035,68
Número total de proyectos	Salida deseada	17,00	10,00	5,00	63,00
Número de proyectos prioritarios y preventivos	Salida deseada	13,00	7,00	4,00	45,00
Personas damnificadas	Salida indeseada	32448,38	37516,54	1430,00	185753,00
Personas damnificadas/1000 habitantes	Salida indeseada	67,33	178,43	0,62	992,15

Fuente: presentación propia de los autores.

### 3. Resultados

Los valores de la ineficiencia y las CAR eficientes (resaltados en negrita) se muestran en la Tabla 2 (caso 1: salida deseada número de proyectos preventivos y prioritarios y caso 2: salida deseada número de proyectos totales). En la Tabla 2 se observa que en los dos casos solo seis CAR (correspondientes al 18,75 % del total y en ambos casos las mismas) son eficientes. En el caso 1, el promedio de ineficiencia es del 59,61 %; si se consideran únicamente las corporaciones ineficientes, el promedio de ineficiencia se eleva al 73,37 % y el 34 % de las CAR tienen ineficiencias superiores al 90 %. En el caso 2, el promedio de ineficiencia (60,42 %) se conserva prácticamente igual al caso 1, y lo mismo ocurre con el promedio al considerar solo las corporaciones ineficientes (en este caso el 74,37 %) y el 37,5 % de las CAR tiene ineficiencias mayores al 90 %.

En la Tabla 2 también se reporta el cambio en los resultados de ineficiencia. En promedio, este cambio es del 4,05 % con una desviación estándar del 5,81 %. La variación más grande es del 20,10 %, alcanzada por Corsucre, que disminuye su ineficiencia del 50,15 %, cuando se mide la salida deseada como número de proyectos totales, al 30,05 %, cuando se consideran solo los proyectos preventivos y prioritarios.

Tabla 2. Ineficiencia de las CAR para los casos 1 y 2

Nombre de la corporación	Sigla	Ineficiencia		Diferencia (caso 2 – caso 1)
		Caso 1 (%)	Caso 2 (%)	
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Coralina	99,94	99,94	0
Corporación para el Desarrollo Sostenible de la Macarena	Cormacarena	98,97	98,93	-0,04
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y Oriente Amazónico	CDA	98,31	98,31	0
Corporación Autónoma Regional del Magdalena	Corpamag	97,76	97,76	0
Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca	CVC	97,07	97,07	0
Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los ríos Negro y Nare	Cornare	96,81	96,81	0
Corporación Autónoma Regional de la Orinoquía	Corporinoquía	96,76	96,76	0
Corporación Autónoma Regional del Tolima	Cortolima	96,43	96,43	0
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Chocó	Codechocó	96,29	97,68	1,39
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia	Corpoamazonia	93,80	93,80	0
Corporación Autónoma Regional del Cauca	CRC	90,63	91,32	0,69
Corporación Autónoma Regional de Defensa de la Meseta de Bucaramanga	CDMB	88,60	91,90	3,3
Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar	CSB	83,19	82,72	-0,47
Corporación Autónoma Regional de Chivor	Corpochivor	81,56	87,51	5,95
Corporación Autónoma Regional del Cesar	Corpocesar	78,93	77,19	-1,74
Corporación Autónoma Regional de Caldas	Corpocaldas	77,02	82,18	5,16
Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia	Corantioquia	70,76	56,26	-14,50
Corporación Autónoma Regional de Risaralda	Carder	70,38	75,7	5,32
Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá	Corpourabá	62,49	70,57	8,08

(Continúa)

Nombre de la corporación	Sigla	Ineficiencia		Diferencia (caso 2 – caso 1)
		Caso 1 (%)	Caso 2 (%)	
Corporación Autónoma Regional de La Guajira	Corpoguajira	53,68	35,45	-18,23
Corporación Autónoma Regional de Nariño	Corponariño	38,33	45,91	7,58
Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca	CAR	34,62	17,86	-16,76
Corporación Autónoma Regional de Sucre	Carsucre	30,05	50,15	20,10
Corporación Autónoma Regional del Atlántico	CRA	28,00	34,68	6,68
Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Valles del Sinú y San Jorge	CVS	26,31	32,76	6,45
Corporación Autónoma Regional del Quindío	CRQ	20,93	27,97	7,04
Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena	CAM	0	0	0
Corporación Autónoma Regional de Boyacá	Corpoboyacá	0	0	0
Corporación Autónoma Regional del Dique	Cardique	0	0	0
Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental	Corponor	0	0	0
Corporación Autónoma Regional del Guavio	Corpoguavio	0	0	0
Corporación Autónoma Regional de Santander	CAS	0	0	0

Fuente: <http://www.humboldt.org.co/sina/corporaciones.htm#cda>, páginas web de las CAR y cálculos de los autores.

En la Tabla 3 se reportan los referentes de cada CAR ineficiente (las eficientes son referentes de sí mismas) y sus respectivos multiplicadores. Esta información es muy importante, puesto que permite calcular los valores de las salidas deseadas e indeseadas que pudo haber alcanzado una CAR ineficiente si hubiera sido eficiente o, alternativamente, cuáles son los valores que puede obtener con los recursos asignados si se vuelve eficiente. Por ejemplo, en la Tabla 3 caso 1, la corporación Cormacarena obtuvo una ineficiencia del 98,97 %. Al multiplicar el valor de las salidas (deseadas e indeseadas) de Corpoboyacá por 0,175 y sumarle las salidas de Corpoguavio multiplicadas por 0,825, se obtienen los valores de las salidas que pudo alcanzar Cormacarena si hubiera sido eficiente.

Tabla 3. Referentes y multiplicadores para las CAR ineficientes

CAR	CAM		Corpoboyacá		Cardique		Corponor		Corpoguaravío		CAS	
	Caso	Caso	Caso	Caso	Caso	Caso	Caso	Caso	Caso	Caso	Caso	Caso
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Coralina	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Cormacarena	0	0	0,175	0,183	0	0	0	0	0,825	0,817	0	0
CDA	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Corpamag	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
CVC	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Cornare	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Corporinoquía	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Cortolima	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Codechocó	0	0	0,164	0,087	0	0	0	0	0,836	0,913	0	0
Corpoamazonia	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
CRC	0	0	0,414	0,38	0	0	0	0	0,586	0,620	0	0
CDMB	0	0	0,807	0,561	0	0	0	0	0,193	0,439	0	0
CSB	0	0	0,134	0,134	0	0	0,258	0,276	0	0	0,608	0,590
Corpochivor	0	0	0,106	0,058	0	0	0	0	0,894	0,942	0	0
Corpocesar	0	0	0,671	0,730	0	0	0	0	0,329	0,270	0	0
Corpocaldas	0	0	0,341	0,255	0	0	0	0	0,659	0,745	0	0
Corantioquia	0	0	0,064	0,116	0	0	0	0	0,936	0,884	0	0

CAR	CAM		Corpoboyacá		Cardique		Corponor		Corpoguavió		CAS	
	Caso		Caso		Caso		Caso		Caso		Caso	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Carder	0	0	0,488	0,393	0	0	0	0	0,512	0,607	0	0
Corpourabá	0	0	0,379	0,289	0	0	0	0	0,621	0,711	0	0
Corpoguajira	0	0	0,106	0,165	0	0	0	0	0,894	0,835	0	0
Corponariño	0	0	0,185	0,168	0	0	0	0	0,610	0,671	0,205	0,160
CAR	0	0	0,210	0,275	0	0	0	0	0,790	0,725	0	0
Carsucre	0	0	0,182	0,182	0	0	0,818	0,818	0	0	0	0
CRA	0	0	0,079	0,067	0	0	0	0	0,921	0,933	0	0
CVS	0	0	0,070	0,060	0	0	0	0	0,930	0,940	0	0
CRQ	0	0	0,343	0,309	0	0	0	0	0,657	0,691	0	0

Fuente: presentación propia de los autores.

En la Tabla 4 se reporta el número de veces que cada una de las corporaciones eficientes fue tomada como referente para las CAR ineficientes. Se tiene que Corpoguavio sirve como referente para el 75 % de las CAR ineficientes, y Corpoboyacá, para el 56,25 %. Un aspecto para destacar es que aun siendo eficientes CAM y Cardique nunca sirven de referentes para otras corporaciones.

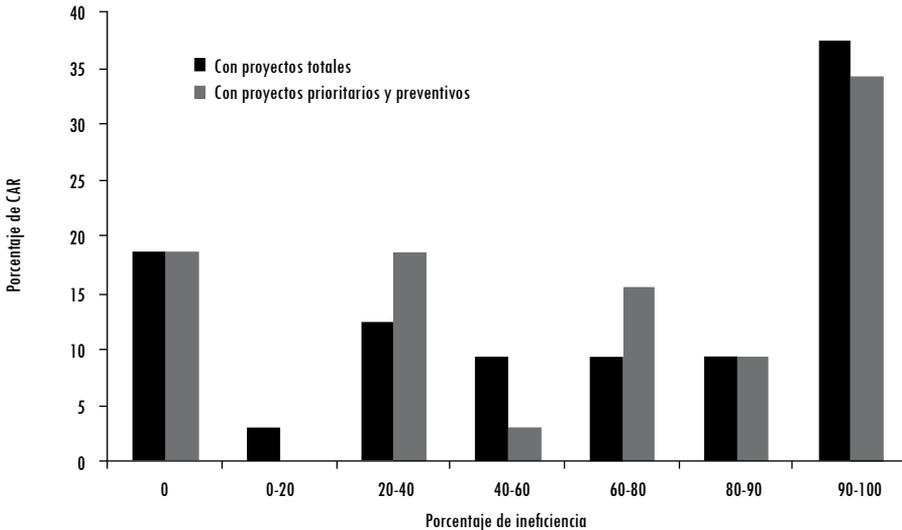
**Tabla 4. Número de veces que cada CAR eficiente se utilizó como referente**

CAR	CAM	Corpoboyacá	Cardique	Corponor	Corpoguavio	CAS
Con proyectos prioritarios y preventivos	0	18	0	2	24	2
Con el total de proyectos	0	18	0	2	24	2

Fuente: Presentación propia de los autores.

En la Figura 1 se observa que el comportamiento de las CAR eficientes y aquellas que son muy ineficientes (ineficiencia mayor al 80 %) se mantiene prácticamente inalterado independientemente de si la salida deseada es el número total de proyectos ejecutados o sí solo se consideran los proyectos preventivos y prioritarios.

**Figura 1. Histograma de los índices de ineficiencia**



Fuente: presentación propia de los autores.

Se debe resaltar que en cualquier método de medición de eficiencia los resultados son afectados por la calidad de la información utilizada. Este hecho es particularmente sensible en DEA, porque este enfoque no discrimina entre eficiencia y ruido. Por esto se puede llegar a que CAR altamente cuestionadas por su pobre desempeño durante la emergencia invernal (caso Cardique) resulten eficientes relativamente. Ello y situaciones como las reportadas por los periodistas del diario *El Universal*, de Barranquilla,<sup>10</sup> sugieren que los entes de control deben verificar de forma estricta la confiabilidad y la transparencia de la información que reportan al público las CAR.

## Conclusiones

Este estudio evalúa la eficiencia relativa de las CAR utilizando DDF, teniendo en cuenta simultáneamente salidas deseadas (proyectos ejecutados) y no deseadas (personas damnificadas por la temporada invernal 2010-2011). Es importante resaltar que la medida de eficiencia obtenida es cuantitativa y relativa; esto significa que aun las CAR que resultaron eficientes pueden tener aspectos por mejorar y que la calidad de los resultados depende de la transparencia y calidad de la información que ponen a disposición de los ciudadanos las CAR. En cuanto a este aspecto, se sugiere crear una base de datos centralizada y de acceso público en la que se reporten presupuestos, recursos, proyectos, indicadores de gestión y resultados de las acciones de las CAR.

Los resultados obtenidos indican que de 32 CAR evaluadas solo seis (18,75 %) tienen una eficiencia relativa del 100 %. Adicionalmente, el promedio de ineficiencia es bastante elevado, puesto que en los dos escenarios analizados alcanzó un valor cercano al 60 %.

Al definir la salida deseada de dos formas se verificó la robustez de los resultados, dado que no se obtuvieron variaciones significativas. En ambos casos se mantienen las mismas seis CAR eficientes y el porcentaje de las que tienen ineficiencias superiores al 90 % es mayor que el porcentaje de CAR eficientes. Al tomar la salida deseada como el número de proyectos preventivos y prioritarios, este porcentaje llega al 34 %, y cuando se contabilizan el total de proyectos ejecutados, asciende al 37,5 %. El promedio de ineficiencia de las CAR ineficientes también

---

<sup>10</sup> Cuando los periodistas del periódico *El Universal* descargaron el informe de gestión de Cardique se encontraron con un encabezado que dice "Diana Marcela Paternina Barboza, Administración de Libranzas", lo que les impidió realizar un análisis de responsabilidades a Cardique por su falta de prevención en la emergencia invernal (<http://www.eluniversal.com.co/cartagena/editorial/cardique-y-el-desastre-invernal>, 20-12-2010).

se mantiene en el orden del 74% y la variación de las ineficiencias medidas es bastante pequeña (4,05 % en promedio), para las dos situaciones estudiadas.

Puesto que los resultados obtenidos indican con qué corporación(es) se debe(n) comparar cada una de aquellas que resultaron ineficientes, se propone realizar un estudio de referenciación analizando el funcionamiento de las CAR que se calificaron como eficientes (CAM, Corpoboyacá, Cardique, Corponor, Corpoguavio, CAS), permitiéndoles a las CAR ineficientes implementar y adoptar herramientas utilizadas por la(s) corporación(es) que están en su conjunto de referencia con el fin de disminuir sus ineficiencias. Específicamente a Coralina, Cormacarena, CDA, Cormag, CVC y Cornare, que son las corporaciones que resultaron más ineficientes independientemente de la medición realizada, se les recomienda estudiar la forma en que Corpoguavio utiliza los recursos asignados.

Es interesante resaltar que CAM y Cardique, aunque resultaron eficientes no son tomadas como referentes, posiblemente debido a que sus características las hacen muy diferentes a las demás y solo sirven de referencia para ellas mismas. La referenciación debe hacerse principalmente sobre Corpoboyacá y Corpoguavio.

En futuros estudios sería interesante analizar factores exógenos que capturen las características de la región donde operan las CAR, como nivel de lluvias, topografía, actividad económica y percepción de la administración pública. También se puede extender la evaluación a la totalidad de las funciones de las CAR y tener en cuenta que no todos los proyectos ejecutados son exitosos y que, aun siéndolos, sus efectos se dan en un horizonte de tiempo posterior a su culminación.

Por último, el método presentado en este trabajo es útil no solo para medir la eficiencia de las CAR en Colombia, sino que se puede extender para evaluar el desempeño de agencias gubernamentales encargadas del manejo del medio ambiente en cualquier lugar.

## Referencias

- ARNELL, N. Climate change and global water resources: SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*. 2004, vol. 14, pp. 31-52.
- BIERMANN, F. 'Earth system governance' as a cross cutting theme of global change research. *Global Environmental Change*. 2007, vol. 17, pp. 326-337.
- BLACKMAN, A.; MORGENSTERN, R. y TOPPING, E. *Institutional analysis of Colombia's Autonomous Regional Corporations (CARs)*. June, 2006. Washington, DC. Resources for the future.

- CAYÓN, E. y SARMIENTO-SABOGAL, J. *Measuring relative efficiencies in the shoe industry sector in Colombia: A DEA approach* [documento en línea]. 2009. <<http://ssrn.com/abstract=1457383> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1457383>>.
- CHARNES, A.; COOPER, W. y RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operation Research*. 1978, vol. 2, pp. 429-444.
- CHUNG, Y. H.; FÄRE, R. y GROSSKOPF, S. Productivity and undesirable outputs: a directional distance function approach. *Journal of Environmental Management*. 1997, vol. 51, núm. 3, pp. 229-240.
- COOPER, W.; SEIFORD, L. M. y TONE, K. *Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*. s. l.: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- COOPER, W.; SEIFORD, L. M.; THANASSOULIS, E. y ZANAKIS S. H. (editors). DEA and its uses in different countries. *European Journal of Operation Research*. 2004, vol. 154, núm. 2, pp. 337-344.
- CORPORACIONES AUTÓNOMAS REGIONALES [web en línea]. Páginas web de cada entidad, consultadas en el periodo 01-08-2011/08-08-2011.
- COTTE, A. Economic development and growth in Colombia: an empirical analysis with super-efficiency DEA and panel data models. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2011, vol. 45, pp. 154-164.
- CUNHA, R. y GARZÓN, F. Performance-based potable water and sewer service regulation: The regulatory model. *Cuadernos de Administración*. 2007, vol. 20, núm. 34, pp. 283-298.
- FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; LOVELL, C. A. K. y PASURKA, C. Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: a nonparametric approach. *The Review of Economics and Statistics*. 1989, vol. 71, núm. 1, pp. 90-98.
- FEROZ, E.; RAAB, R.; ULLEBERG, G. y ALSHARIF, K. Global warming and environmental production efficiency ranking of the Kyoto Protocol nations. *Journal of Environmental Management*. 2009, vol. 90, pp. 1178-1183.
- Food security and global environmental change: Emerging challenges [editorial]. *Environmental Science & Policy*. 2009, vol. 12, pp. 373-377.
- HITZ, S. y SMITH, J. Estimating global impacts from climate change. *Global Environmental Change*. 2004, vol. 14, pp. 201-218.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. *Corporaciones autónomas regionales* [web en línea] <<http://www.humboldt.org.co/sina/corporaciones.htm#cda>> [consulta: 11-08-2011].
- JAHANSHAHLOO, G.; VENCHEH, A.; FOROUGH, A. y MATIN, R. Inputs/outputs estimation in DEA when some factors are undesirable. *Applied Mathematics and Computation*. 2004, vol. 156, pp. 19-32.

- LEÓN, C. y PALACIOS, F. Evaluation of rejected cases in an acceptance system with data envelopment analysis and goal programming. *Journal of the Operational Research Society*. 2009, vol. 60, pp. 1411-1420.
- LOZANO, S. y GUTIÉRREZ, E. Slack based-measure of efficiency of airports with airplanes delays as undesirable outputs. *Computers and Operations Research*. 2011, vol. 38, núm. 1, pp. 131-139.
- PARDO, C. Energy efficiency development in German and Colombian non-energy-intensive sectors: a non-parametric analysis. *Energy Efficiency*. 2011, vol. 4, núm. 1, pp. 115-131.
- PATHOMSIRI, S.; HAGHANI, A.; DRESNER, M. y WINDLE, R. Impact of undesirable outputs on the productivity of US airports. *Transportation Research Part E 44*. 2008, pp. 235-259.
- PÉREZ, Y.; ARAQUE, D. y LANCHEROS, J. La eficiencia relativa en los colegios distritales de Bogotá: una aplicación del análisis envolvente de datos. *Cuadernos de Administración*. 2003, vol.16, núm. 26, pp. 35-60.
- PITTMAN, R. Multilateral productivity comparisons with undesirable outputs. *The Economic Journal*. 1983, vol. 93, pp. 883-891.
- POLSKY, C.; NEFF, R. y YARNAL, B. Building comparable global change vulnerability assessments: The vulnerability scoping diagram. *Global Environmental Change*. 2007, vol. 17, pp. 472-485.
- POMBO, C. y TABORDA, R. Performance and efficiency in Colombia's power distribution system: Effects of the 1994 reform. *Energy Economics*. 2006, vol. 28, pp. 339-369.
- SÁNCHEZ-TRIANA, E. y ORTOLANO, L. Organizational learning and environmental impact assessment at Colombia's Cauca Valley Corporation. *Environmental Impact Assessment Review*. 2001, vol. 21, pp. 223-239.
- SEIFORD, L M. y ZHU, J. Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. *European Journal of Operational Research*. 2002, vol. 142, pp. 16-20.
- SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES. *Temporada invernal 2010-2011* [web en línea]. <<http://www.sigpad.gov.co/sigpad/archivos/documentos/DPAD/EMERGENCIAS%202011.xlsx>> [Consulta: 27-04-2011].
- TONN, B. An equity first, risk-based framework for managing global climate change. *Global Environmental Change*. 2003, vol. 13, pp. 295-306.
- TORO, J.; DUARTE, O.; REQUENA, I. y ZAMORANO, M. Determining vulnerability importance in environmental impact assessment: The case of Colombia. *Environmental Impact Assessment Review*. 2012, vol. 32, pp. 107-117.
- TYTECA, D. On the measurement of the environmental performance of firms – A literature review and a productive efficiency perspective. *Journal of Environmental Management*. 1996, vol. 46, pp. 281-308.

- VASCO, C. Economic evaluation of current conditions of competition and efficiency of automotive and rail systems in Colombia. *Energy Policy*. 2012. DOI: 10.1016/j.enpol.2012.03.029.
- WANG, K.; YU, S. y ZHANG, W. China's regional energy and environmental efficiency: A DEA window analysis based dynamic evaluation. *Mathematical and Computer Modelling*. 2012. Article in Press.
- WEBER, M. y WEBER, W. Productivity and efficiency in the trucking industry accounting for traffic fatalities. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 2004, vol. 34, núm. 1, pp. 39-61.
- ZHOU, P.; ANG, B. y POH, K. A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies. *European Journal of Operation Research*. 2008, vol. 189, pp. 1-18.
- ZHOU, P.; ANG, B. y POH, K. Measuring environmental performance under different environmental DEA technologies. *Energy Economics*. 2008, vol. 30, pp. 1-14.

