

PRODUCTIVIDAD DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN ENFOQUE DE COLCIENCIAS VERSUS EL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS

A measure of Scientific Productivity. The Data Envelopment Analysis compared with the Colciencias index approach

RESUMEN

Este artículo analiza y compara la metodología propuesta por Colciencias para medir la productividad de grupos de investigación, la cual utiliza pesos evaluativos dados por expertos y el enfoque tras el modelo DEA (Data Envelopment Analysis) que utiliza pesos evaluativos óptimos, obtenidos tras la solución a un modelo fraccional de programación lineal.

Como resultado se derivó un método alternativo para calcular e intervenir positivamente en la productividad de los grupos de investigación de la universidad Tecnológica de Pereira, en el periodo 2006-2007, cuantificando las eficiencias e ineficiencias de cada grupo, al mismo tiempo que se trazaron lineamientos para mejorarles su eficiencia.

PALABRAS CLAVES: Análisis Envolvente de Datos, DEA, Eficiencia, Grupos de investigación de la UTP, Productividad.

ABSTRACT

This paper compares the methodology proposed by the Colombian Institute for Science at Technology Development named Colciencias to measure the efficiency in the scientific research groups with the Data Envelopment Analysis approach. As a study case, both approaches are applied to the officially accepted by Colciencias research groups of the Pereira Technological University, in the period 2006 through 2007. The ranking of the groups is obtained by both approaches and the results are compared and analyzed.

KEYWORDS: Data Envelopment Analysis, Productivity, Efficiency, Research groups.

1. INTRODUCCIÓN

Este artículo compara la metodología propuesta por Colciencias¹ para medir la productividad de los grupos de investigación en Colombia en términos de generación de nuevo conocimiento, formación de investigadores y extensión de los resultados de la investigación *versus* su evaluación según el Análisis Envolvente de Datos -DEA- (*Data Envelopment Analysis*)[1]²

Fueron evaluados con ambas metodologías los grupos de investigación de la Universidad Tecnológica de Pereira – UTP- reconocidos oficialmente por Colciencias a Agosto del 2006. Como resultado se derivó un método alternativo para calcular e intervenir positivamente en la productividad de los grupos de investigación de la Universidad Tecnológica de Pereira, cuantificando las

eficiencias e ineficiencias de cada grupo, al mismo tiempo que se trazaron lineamientos para mejorarles su eficiencia.

En la sección 2 –Justificación-, se resalta la importancia de implementar una metodología alternativa a la de Colciencias para medir la eficiencia de los grupos de investigación de la UTP. La sección 3 –Metodología Colciencias- presenta un resumen con los elementos que se utilizan para calcular el índice “ScientiCol” con el cual Colciencias evalúa los grupos de investigación en Colombia. La sección 4 –Análisis Envolvente de Datos (DEA)- presenta los fundamentos teóricos del Análisis Envolvente de Datos -DEA. La sección 5 – Análisis de resultados de DEA- presenta los resultados obtenidos por la metodología DEA y se justifica la selección del *Modelo CCR-output* como el más adecuado para reproducir la clasificación dada por el índice ScientiCol. Se relacionan en la sección 6, otros resultados generados por el enfoque Análisis Envolvente de Datos. Finalmente se dan lineamientos para trabajos futuros

JOSÉ SOTO MEJIA

Ph.D.
Profesor Titular
Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad Tecnológica de Pereira
jomejia@utp.edu.co

NESTOR A. GIRALDO TASCÓN

Ingeniero Industrial
Universidad Tecnológica de Pereira
nestor_g@hotmail.com

WILSON ARENAS VALENCIA

M.Sc. en Investigación de operaciones y Estadística
Profesor Auxiliar
Facultad de Ingeniería Industrial
Universidad Tecnológica de Pereira
warenas@utp.edu.co

¹ Colciencias: Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología. <http://www.colciencias.gov.co>

² En este artículo se utilizó solo el modelo DEA- CCR-output con información parcial sobre los productos de investigación.

Fecha de recepción: 31 Mayo de 2007

Fecha de Aceptación: 15 Agosto de 2007

relacionados con el objeto de este trabajo de investigación.

2. JUSTIFICACIÓN

En la Universidad Tecnológica de Pereira, no existe actualmente un sistema de evaluación de los grupos de investigación. El Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología-Colciencias-, utiliza una cierta metodología [2] para medir la productividad de los grupos de investigación que se basa en pesos evaluativos dados por expertos que ponderan la importancia de cada producto de investigación. Este enfoque no tiene en consideración recursos importantes para la administración de los grupos de investigación, como los financieros y de equipos. Además el enfoque de Colciencias no provee lineamientos gerenciales para que los grupos de investigación puedan detectar los aspectos de producción que deben mejorar para llegar a ser mejor valorados.

Así, se justifica el análisis de cada grupo de investigación como una Unidad de Toma de Decisión- DMU³, a la que se le pueden identificar entradas (*insumos*) para producir diferentes productos (*salidas*) e identificar un modelo desde la perspectiva del Análisis Envolvente de Datos - DEA- que permita cuantificar las eficiencias e ineficiencias de cada grupo, así como trazarles lineamientos para mejorarles su eficiencia.

3. METODOLOGÍA COLCIENCIAS

Se estableció por parte de Colciencias [2] la necesidad de contar con datos seguros sobre el comportamiento de los diferentes grupos de investigación científica, tecnológica o de innovación. A la fecha de esta publicación se han consolidado dos sistemas de registro y procesamiento de de éste tipo de información (GrupLAC y CvLAC). El primero acopia información sobre la producción de los grupos de investigación y el segundo sobre el *curriculum vitae* de los investigadores. Además con base en la información capturada desarrolló un índice que denomino *ScientiCol*, para evaluar la producción de los grupos de investigación.

3.1 Elementos esenciales del módulo de cálculo

La medición de los grupos se efectúa a través de sus productos de investigación resultantes de cuatro distintas categorías de actividades.

- Productos o resultados que generan nuevo conocimiento.
- Productos de actividades de investigación del grupo, relacionadas con formación de investigadores.
- Productos relacionados con la extensión de las actividades de investigación del grupo y de sus resultados: apropiación social del conocimiento.

D. Productos o resultados artísticos que generan nuevo conocimiento.

Se han identificado doce grandes tipos de productos con varios subtipos cada uno, distribuidos en las cuatro grandes categorías arriba mencionadas.

3.2 Cálculo del peso de cualquier producto

Para el cálculo de los índices de producción y productividad se asignan pesos relativos (R), dados por consenso de expertos, a cada subtipo de producto dentro de cada uno de los 12 tipos de productos.

Los subtipos de producto tienen asociados tres indicadores⁴ denominados: Indicador de existencia (**Ie**), Indicador de calidad (**Ic**), e Indicador de visibilidad, circulación y uso (**Ivcu**) (*o indicador de apropiación social del conocimiento*).

El peso **Pi**, de un producto certificado de nuevo conocimiento, presentado por un grupo, se calcula según la siguiente fórmula:

$$P_i = R * I_e * (1 + I_c + I_{vcu}) \quad (1)$$

Así, la ecuación (1) permite evaluar el peso de un producto determinado dentro de la categoría "generación de nuevo conocimiento".

Existen ecuaciones análogas para calcular el peso de los productos generados en las otras tres categorías de actividades de investigación del grupo.

3.3 Cálculo de los indicadores e índices

Después de determinar y validar toda la información necesaria, se inicia el cálculo de los indicadores de producción de cada uno de los tipos de producto del grupo de investigación. La forma de obtener cada uno de los indicadores para los diferentes tipos de productos es similar y se hace por medio de la ecuación (2) así:

$$I = \sum_{i=1}^{n1} P_i \quad (2)$$

En donde **I** es el indicador de un determinado tipo de producto y **Pi** es el peso de cada uno de los productos calculado a partir de la ecuación 1.

A partir de los indicadores de producción calculados a partir de la ecuación 2, según el tipo de producto y su indicador de calidad, se obtienen los siguientes cuatro indicadores:

⁴ Indicador de existencia (**Ie**): Demuestra que las actividades/productos existen, permitiendo establecer una fuente o medio de verificación. Los indicadores **Ic** e **Ivcu** son utilizados para reconocer la calidad interior de los productos de nuevo conocimiento y su visibilidad, circulación y uso por parte de la sociedad, y tendrán valores máximos de tres y uno, respectivamente.

³ Del ingles Decision Making Unit

1. Indicador de producción de nuevo conocimiento.
2. Indicador de producción de nuevo conocimiento Tipo A.
3. Indicador de producción de formación.
4. Indicador de producción de divulgación.

A manera de ejemplo el indicador de producción de nuevo conocimiento (**IND_PRODNC**) se define de la siguiente forma:

$$\text{IND_PRODNC} = (I \text{ art} + 3 I \text{ lib} + (3/5) I \text{ cap} + I \text{ nor} + 3 I \text{ pat} + 2 I \text{ inopat} + 3 I \text{ artist}) / \text{TOG} \quad (3)$$

Así, que el **IND_PRODNC** esta formado por una suma ponderada de los pesos obtenidos por artículos, los libros, los capítulos de libros, la producción de normas, patentes y producción tecnológica no patentada, dividida por el tiempo de existencia del grupo (TOG)

Los otros tres indicadores tienen formulas de calculo similares a la dada por la ecuación 3.

Cada uno de los 4 indicadores de producción se normaliza convenientemente para de esa manera obtener los llamados índices⁵ de producción del grupo:

1. Índice de producción de nuevo conocimiento: **IND_NC**.
2. Índice de producción de nuevo conocimiento Tipo A: **IND_NC_A**.
3. Índice de producción de formación: **IND_F**.
4. Índice de producción de divulgación: **IND_D**.

El último cálculo que se realiza en la metodología de Colciencias corresponde al cálculo general de índice denominado “*ScientiCol*” de acuerdo con la ecuación 4 siguiente:

$$\text{ScientiCol} = 5 \text{IND_NC} + 3.5 \text{IND_NC_A} + 1.0 \text{IND_F} + 0.5 \text{IND_D} \quad (4)$$

4. ANALISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DATA ENVELOPMENT ANALYSIS -DEA)

El Análisis Envolvente de Datos -DEA- es una herramienta [3] de la investigación de operaciones (*programación matemática*) desarrollada específicamente para medir la eficiencia relativa de un conjunto de unidades organizacionales homogéneas, conocidas como “unidades de decisión” -DMUs- (*Decision Making Units*). Una DMU puede ser una dependencia, un proceso o un grupo de investigación que consuma recursos y genere productos.

4.1 Modelo DEA CCR (*Charnes, Cooper. & Rhodes*)

El cálculo usual de eficiencia usando la ecuación (5) califica como más eficiente aquellas unidades organizacionales que usan de manera intensiva sus

recursos (*Entradas*) obteniendo mayores salidas (*Productos*) [4].

$$\text{EFICIENCIA} = \frac{\text{PRODUCTOS}}{\text{ENTRADAS}} \quad (5)$$

Pero esta ecuación es inadecuada cuando existen múltiples entradas (*recursos*) y salidas (*productos*) relacionadas con diferentes recursos que se expresan en diferentes unidades ya que al momento de evaluar la eficiencia el principal cuestionamiento es: ¿Todos los productos tienen igual importancia?, si la respuesta es no, ¿Qué peso se le debe dar los diferentes productos? Cada unidad de decisión tendrá productos a los cuales desearía darles mayor peso por lo que sería “injusto” dar a priori mayores o menores valores.

El DEA calcula la eficiencia a partir de la siguiente ecuación 6:

$$h_{j_0} = \frac{\sum_{k=1}^s u_k y_{kj_0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0}} \quad (6)$$

En donde:

k = 1...s, Subíndice que identifica un producto (salida)

j = 1...n, Subíndice que identifica las diferentes unidades de decisión

i = 1...m, Subíndice que identifica el insumo

j₀, Subíndice que indica la unidad de decisión a la que se le está calculando la eficiencia.

h_{j₀}, Es la eficiencia de la unidad **j₀** de decisión que se está calculando

u_k, Es el peso que tiene el producto **y_k**, para la DMU **j₀**, que se está calculando

v_i, Es el peso que tiene el insumo **x_i** en la DMU **j₀** que está siendo calculada

La expresión anterior (ecuación 6) es utilizada como la función objetivo de un modelo de programación fraccional que busca maximizar esa eficiencia sujeta a las restricciones dadas por las ecuaciones (7 y 8):

$$h_{j_0} = \theta_o = \frac{\sum_k u_k y_{kj_0}}{\sum_i v_i x_{ij_0}} \leq 1 \quad (7)$$

$$u_k, v_i \geq 0 \quad (8)$$

Así, **u_k** y **v_i** son variables obtenidas por el modelo que permiten determinar cuál es la eficiencia relativa, **θ_o**, del *o-ésimo* distribuidor. Además, las restricciones anteriores (7 y 8) garantizan que al calcular la eficiencia de una DMU (variando sus pesos **u_k** y **v_i**) no se generen eficiencias mayores que 1.

⁵ No se especifican los cálculos para obtener estos índices dada la limitación de espacio.

El modelo anterior no es lineal, lo que dificulta su resolución. Para solucionar este problema, se procede a su linealización mediante una sencilla transformación, suponiendo:

$$\sum_i v_i x_{ij0} = 100 \tag{9}$$

Así finalmente el modelo se expresa según las ecuaciones 10 a 13 [5].

Función objetivo:

$$\max h_{j0} = \sum_k u_k y_{kj0} \tag{10}$$

Sujeto a:

$$\sum_i v_i x_{ij0} = 100 \tag{11}$$

$$\sum_k u_k y_{kj0} - \sum_i v_i x_{ij0} \leq 0 \tag{12}$$

$$u_k, v_i \geq 0 \tag{13}$$

Las ponderaciones asignadas a las salidas (*outputs*) y las entradas (*inputs*), **u** y **v**, serían los valores a calcular mediante el problema de maximización condicionado. Las ponderaciones obtenidas representan los valores atribuidos a cada *input* y *output* que proporcionan el mayor índice de eficiencia posible a cada DMU y que cumplen con la restricción de que esta combinación de ponderaciones al aplicarlas al resto de unidades genera un índice de eficiencia comprendido entre cero y uno. Además las ponderaciones deben ser mayores o iguales a cero, es decir, no pueden ser negativas.

5. APLICACIÓN Y RESULTADOS

5.1 Resultado del enfoque DEA

Para medir las eficiencias de los grupos de investigación de la Universidad Tecnológica de Pereira frente a su producción investigativa (tomando todas las variables contempladas en la metodología de Colciencias) se evaluaron los siguientes modelos DEA: CCR-output, BCC-output, SBM C-output, SBM V-output, SBM non-oriented C, SBM non-oriented V⁶.

Se consideró pertinente evaluar el modelo **CCR**, presentado en la sección 4, dado que consideramos que los grupos de investigación de la UTP se encuentran en condiciones académico-ambientales muy similares y por lo tanto en principio, podrían tener la misma tasa de producción investigativa, característica de los modelos con retorno a escala constante (**CCR**). Fueron evaluados todos los modelos ya mencionados solo con respecto a las salidas (*output oriented*) para capturar el hecho de

poder los grupos de investigación, en principio, tomar decisiones sobre su nivel de producción investigativa (salidas), más no decidir sobre el nivel de sus entradas. Este nivel de entrada corresponde en la en la metodología de Colciencias, a lo que allí se conoce como “ventana de observación”.

5.2 Análisis de resultados (Modelo CCR-output)

La siguiente captura de pantalla (*figura 1*) muestra parte de la solución obtenida para todas las 43 DMUs evaluadas, utilizando el software DEA-Solver con el modelo CCR-output.

Figura 1. Fragmento de la salida del modelo CCR-output

El coeficiente de eficiencia dado por DEA (*Score en la columna C*) y el posicionamiento (*Rank en la columna D*) obtenido por 15 de las 43 DUMs se pueden apreciar en la tabla 1 siguiente.

DMU	Score	Rank
7	1	1
34	0.249709	39
39	0.889767	22
20	1	1
13	0.961915	20
12	1	1
26	1	1
28	1	1
8	1	1
16	1	1
31	1	1
40	0.426523	32
23	1	1
27	1	1
14	1	1

Tabla 1. Fragmento del Score y el Rank para el modelo CCR-output

⁶ Para una exposición detallada sobre cada uno de estos modelos véase la referencia [5].

La primera columna (DMU), corresponde al número asignado a cada grupo de investigación, la segunda columna (Score), indica la eficiencia según DEA en la cual se encuentra cada DMU. Finalmente la tercera columna (Rank), referencia la posición en la cual se encuentra ubicada cada DMU.

Para el caso analizado 19 de las 43 DMUs se encuentran en la frontera de eficiencia (*Score=1*) es decir el 44.18% de los grupos de investigación se encuentran en su máxima eficiencia (*eficiencia técnica*), y con un promedio de 0.71347914 utilizando el modelo CCR-output. Según el índice ScientiCol estarían clasificados 18 de las 43 DMUs, con índices ScientiCol mayores o iguales a 8 (que corresponde a la categoría de grupos tipo A, máxima para Colciencias), es decir el 41.86% de ellas. Es decir DEA sobrevaloró con respecto al índice ScientiCol solo un grupo de investigación.

5.3 Comparación de resultados Colciencias vs DEA (Modelo CCR-output vs ScientiCol)

En categoría A se encuentran según Colciencias 18 grupos de investigación, de los cuales la totalidad de ellos fueron evaluado por el modelo DEA (CCR) como eficientes (*score=1*). Lo anterior habla de una perfecta coherencia entre ambos resultados

En la categoría B se encuentran según el enfoque de Colciencias 11 grupos, de los cuales el modelo DEA CCR-output solo sobrevaloró como eficientes a 1 de ellos (*es decir sobrevaloró al 2.32% de los grupos*).

En la categoría C se encuentran 14 grupos de investigación, referenciados por el modelo CCR-output con eficiencias entre 0.56577103 y 0.14312637.

6. OTROS RESULTADOS GENERADOS POR EL ENFOQUE ANALISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DEA) - TABLERO DE MANDO

El enfoque DEA, además de generar los “score” de eficiencias relativas, permite para cada una de las DMUs ineficientes proyectar los valores que deberían ellas alcanzar *en sus salidas* para llegar a ser como las DMUs eficientes que les sirven de referencia.

A manera de ejemplo, a continuación se presentan las proyecciones para algunos de los indicadores de Colciencias, para solo uno de los grupos evaluados según el modelo DEA CCR output.

6.1 Tablero de mando Modelo DEA CCR-output

La siguiente captura de pantalla (*figura 2*) muestra para la DMU 29 (Grupo de Investigación en educación y pedagogía) las proyecciones (*de la variable 1 a la variable 18*). Las proyecciones están en las unidades correspondientes a los valores según los indicadores de Colciencias.

No.	DMU I/O	Score Data	Projection	Difference	%
474	19	0.64531255			
475	Top	8.92	8.92	0	0.00%
476	var1	0	11.9764816	11.9764816	999.90%
477	var2	0	0	0	0.00%
478	var3	2.6	65.6880179	63.0880179	999.90%
479	var4	56	86.7796648	30.7796648	54.96%
480	var5	0	3.59294448	3.59294448	999.90%
481	var6	0	0	0	0.00%
482	var7	4	20.4972655	16.4972655	412.43%
483	var8	0	0	0	0.00%
484	var9	0	0	0	0.00%
485	var10	0	0	0	0.00%
486	var11	0	0	0	0.00%
487	var12	0	0	0	0.00%
488	var13	0	0	0	0.00%
489	var14	0	0	0	0.00%
490	var15	0	0.21988194	0.21988194	999.90%
491	var16	0	0.43976389	0.43976389	999.90%
492	var17	0	0	0	0.00%
493	var18	0	1.07196033	1.07196033	999.90%

Figura 2. Proyecciones para la DMU 29 según el modelo DEA CCR-output

El pantallazo anterior muestra en la columna B (*DMU I/O*), la etiqueta dada a cada indicador de Colciencias. La columna C (*Score Data*) indica el valor que según la metodología de Colciencias obtuvo el correspondiente indicador. La columna D (*Projection*) muestra el valor que el correspondiente indicador de Colciencias debería alcanzar para que la DMU evaluada (*en éste caso la DMU 29*) pueda proyectarse hacia la frontera de eficiencia⁷. La columna E (*Difference*) nos indica la diferencia entre el valor actual del indicador y su respectiva proyección. Finalmente la columna F muestra en términos porcentuales el incremento que debería tener dicho indicador.

La DMU 29 esta ubicada en el ranking 24 según el modelo DEA CCR-output, con un Score de 0.6453125. Para ubicar la anterior DMU en la frontera de eficiencia se presentan algunas recomendaciones. Para la variable 1 (*Indicador de Producción de Artículos Tipo A*) debe llevarse este indicador de 0 hasta 11.976.

Obviamente un grupo de investigación estaría interesado en conocer que significa en términos de los productos de investigación del grupo pasar el valor de un indicador de Colciencias a otro valor superior. Dado que el Indicador de Producción de Artículos Tipo A pondera y acumula toda la producción de ese tipo realizada por el grupo de investigación, debe entonces este indicador llevarse al numero real de unidades de artículos tipo A⁸ a producir.

Realizada la mencionada conversión se obtiene: Pasar a producir 3 artículos tipo A. La variable 3 (*Indicador de Producción de Artículos Tipo C*) debe aumentarse 1 a 26 artículos tipo C. Para la variable 4 (*Indicador de Producción de Artículos Tipo 0*) se recomienda aumentar

⁷ Siempre y cuando todas las demás variables (*indicadores de Colciencias*) sean adecuadamente proyectadas.

⁸ Colciencias clasifica el tipo de artículos según la calidad de la revista en la que se publica.

la producción de 28 a 44 artículos de este tipo. Para la variable 5 (*Indicador de Producción de Capítulos Tipo A*) se recomienda al menos la producción de un capítulo tipo A. La variable 7 (*Indicador de Producción de Libros Tipo A*) debe aumentar la producción de 1 a 5 libros de este tipo.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten sugerir al Análisis Envolvente de Datos (DEA) como **un método alternativo** para evaluar la eficiencia de los grupos de investigación de la Universidad Tecnológica de Pereira. Además, al cuantificar las eficiencias e ineficiencias de cada grupo de investigación evaluado, permite mediante el tablero de mando generado intervenir trazando lineamientos para mejorarles su eficiencia.

Una vez realizadas las evaluaciones de los grupos de investigación aplicando los diferentes modelos DEA (*CCR-Output*, *BCC-Output*, *SBM C-Output*, *SBM V-Output*, *SBM non-oriented C*, *SBM non-oriented V*), consideramos como **mas adecuado para reproducir** la clasificación dada por el índice ScientiCol al modelo DEA CCR-Output.

La conclusión anterior en el sentido de considerar como mas adecuado para reproducir la clasificación dada por el índice ScientiCol al modelo DEA CCR-Output implica que los grupos de investigación de la UTP se encuentran en **condiciones académico-ambientales muy similares** y por lo tanto en principio, podrían alcanzar la misma tasa de producción, característica de los modelos con retorno a escala constante (CCR).

El grupo de investigación 7 (**Control e instrumentación**) fue usado como referencia por 22 grupos de investigación, el grupo 11 (**Educación y desarrollo humano**) fue usado como referencia 10 veces y el grupo 35 (**Plasma, láser y aplicaciones**) 8 veces. Lo anterior habla de la robustez y confianza que podemos tener en la eficiencia alcanzada por esas DMUs 7, 11 y 35 al ser ellas usadas como referencia por muchas de las DMUs (grupos de investigación) ineficientes. En ese sentido ellas son las que más impacto tienen en las proyecciones de las otras DMUs y sus prácticas son una referencia para ser emuladas.

Se encontró un **alto índice de corrección** lineal (0.95401605) entre **Var15** (*Indicador de cursos de doctorado*) y la **Var17** (*Indicador de programa académico de doctorado*), lo cual dada la naturaleza semántica de los indicadores denotados por estas variables (curso de doctorado y programa académico de doctorado) nos hace pensar que estén siendo consideradas como equivalentes en su interpretación al ser reportados sus valores por los grupos de investigación. Consideramos pertinente que se precise el

significado de los dos indicadores mencionados, por parte de Colciencias.

8. TRABAJOS FUTUROS

Queda para trabajos futuros entre otros:

Evaluar la pertinencia de otros modelos DEA, (diferentes a los contemplados en este trabajo), en la obtención de un "ranking" con mayores coincidencias con respecto al producido por la metodología del índice de Colciencias (*índice ScientiCol*).

Introducir en los modelos DEA contemplados en este trabajo, como variables de salida, los **valores originales** de las variables correspondientes a cada uno de los indicadores de producción investigativa. De tal manera que como **Var1** no iría el indicador de Producción de Artículos Tipo A sino la cantidad de éste tipo de artículos. Análogamente con el resto de las otras 23 variables.

Investigar el efecto que sobre el "ranking" producido por la metodología del índice de Colciencias tiene la introducción de los valores originales (mencionados en el punto 2 anterior) de las variables correspondientes a cada uno de los indicadores de producción investigativa en la clasificación dada por los modelos DEA.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Arenas Valencia. Wilson, Soto Mejia. José A, Marino Rivera. Oscar. Evaluación de los grupos de Investigación según los indicadores de eficiencia de Colciencias versus su evaluación según el Análisis Envolvente de Datos – DEA. Scientia et Technica Año X, No 24, Mayo 2004. UTP. ISSN 0122-1701
- [2] Índice para la medición de Grupos de Investigación, Tecnológica o de Innovación. Colciencias, Bogotá D.C., mayo de 2006. Disponible en línea: <http://www.colciencias.gov.co/>
- [3] Arenas Valencia. Wilson, Soto Mejia. José A. Un juego para modelar y entender el Data Envelopment Analysis, Scientia et Technica Año IX, No 22, Octubre 2003. UTP. ISSN 0122-1701
- [4] Charnes, A.; Cooper, W.& Rhodes, E. (1978). "Measuring the Efficiency of Decision Making Units". European Journal of Operation Research 2 (26), pp.429.
- [5] W.W. Cooper, L.M. Seiford and K. Tone. Data Envelopment Analysis-A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software. Kluwer Academic Publishers, 2000.