

# LA PRODUCCIÓN ACADÉMICA COMO UNO DE LOS INDICADORES DEL DESEMPEÑO DE LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS COLOMBIANAS DESDE LA PERSPECTIVA DEL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS

## RESUMEN

Este artículo compara los resultados obtenidos por un modelo propuesto por la Subcomisión Técnica del Sistema de Universidades Estatales basado en la técnica multivariada “Análisis de Componentes Principales”, combinada con Regresión Lineal, y que fue usado para medir el desempeño en investigación y formación en las universidades públicas Colombianas versus la perspectiva resultante de aplicar a éste mismo problema la técnica del Análisis Envoltente de Datos-DEA. La comprensión obtenida mediante la comparación de los dos modelos nos lleva a considerar como más adecuado el enfoque DEA para valorar las eficiencias de las universidades con respecto al factor de producción.

**PALABRAS CLAVES:** Análisis Factorial Multivariado, Componentes Principales, Estadística Multivariada, Análisis Envoltente de Datos, DEA, Indicadores, Eficiencia, Desempeño

## ABSTRACT

*This paper compares the results obtained from a model based in the Multivariate Factor Analysis technique mixed with the Lineal Regression one (this will be further referred to as the SUE Model) which was used to evaluate the performance in research and educational output within the Colombian Public University System versus the results obtained from the Data Envelopment Analysis approach applied to the same problem. The insights gained from the comparison of the two models allow establishing the DEA approach as better fitted to measure the university performance in research.*

**KEYWORDS:** Multivariate Factor Analysis, Principal Components, Data Envelopment Analysis, DEA, Efficiency, Performance Measures.

## 1. INTRODUCCIÓN

Este artículo pretende comparar las ventajas y desventajas del modelo propuesto por la Subcomisión Técnica del Sistema de Universidades Estatales (en adelante lo llamaremos “modelo SUE”) [1] para evaluar el desempeño de las universidades públicas versus la perspectiva resultante de aplicar el Análisis Envoltente de Datos (Data Envelopment Analysis) [2] al mismo problema.

La escogencia de un modelo para medir la eficiencia de desempeño de las Universidades estatales es un asunto con serias implicaciones económicas para las universidades evaluadas. El Ministerio de Educación Nacional, (MEN) retuvo en el año 2004 el 4% del recurso asignado a las instituciones que obtuvieron una eficiencia de desempeño del 25% por debajo de la eficiencia de desempeño medio<sup>1</sup>. El desembolso de los recursos

retenidos a las Instituciones de Educación Superior (IES) que estuvieron por debajo de la media está supeditado al cumplimiento de un Plan de Mejoramiento que es acompañado por una IES que haya obtenido indicadores de desempeño alto.

Así, en la sección 2.1, se introducen los indicadores y el modelo definido por la Subcomisión Técnica del Sistema de Universidades Estatales (SUE) para evaluar el desempeño de las universidades públicas. Posteriormente, en la sección 2.1.2 son presentados los resultados obtenidos al aplicar ese modelo.

Con el objeto de introducir la perspectiva que ofrece la técnica Análisis Envoltente de Datos (DEA) para evaluar el desempeño de las universidades públicas, la sección 3 introduce los elementos teóricos básicos del análisis DEA, y se presentan los resultados de su aplicación. Finalmente, en las secciones 4 y 5, se comparan los dos enfoques, se discuten las diferencias y finalmente se trazan las perspectivas para futuros análisis.

## 2. LOS INDICADORES DE DESEMPEÑO DE LA SUBCOMISION TECNICA DEL SISTEMA DE UNIVERSIDADES ESTATALES (SUE)

En el marco de la política estatal de eficiencia y transparencia, la Subcomisión Técnica del Sistema de

### JOSE A. SOTO MEJIA

Físico PhD.

Profesor Titular

Facultad de Ingeniería Industrial

Universidad Tecnológica de Pereira

jomejia@utp.edu.co

### WILSON ARENAS VALENCIA

Candidato Magíster en Investigación

Operativa y Estadística

Profesor Auxiliar

Facultad de Ingeniería Industrial

Universidad Tecnológica de Pereira

warenas@utp.edu.co

### ALVARO A. TREJOS C.

Magíster en Investigación Operativa

y Estadística

Profesor Auxiliar

Facultad de Ingeniería Industrial

Universidad Tecnológica de Pereira

alvarot@utp.edu.co

<sup>1</sup> Siendo más precisos la retención del 4% en la asignación de los recursos fue distribuida de la siguiente manera: 2% dependiendo de los resultados obtenidos al aplicar el modelo de indicadores de desempeño SUE a la información institucional del año 2003, y 2% dependiendo del resultado de comparar los indicadores de Metas de Cobertura y Calidad del año 2003 contra los presentados por las instituciones como metas para el año 2004.

Fecha de Recepción: 26 Mayo de 2005

Fecha de Aceptación: 04 Octubre de 2005

Universidades Estatales (SUE) ha generado un sistema de indicadores para evaluar el desempeño de las universidades públicas. Ante la necesidad de resumir este conjunto de indicadores de manera tal que pudieran ser analizados de una manera general y que sirviera de referencia al SUE para caracterizar el desempeño de las diferentes instituciones desarrollaron un modelo para tal fin que será descrito a continuación y al que nos referimos como "Modelo SUE".

### 2.1 Modelo SUE

El modelo SUE [1] se basa en el establecimiento de la relación entre la capacidad de las Universidades, medida por los recursos que tiene a su disposición, y los resultados logrados con estos recursos. Para ello se define un indicador de capacidad (ICAD) y varios indicadores de resultados que reflejan la misión de la Universidad, a saber: a) el indicador de formación académica (IRFORM), b) el indicador de producción académica (IRPROD) y c) el indicador de extensión (IREXT).

El indicador de capacidad (ICAD), esta conformado por las siguientes 3 variables: Número de profesores de cada institución en equivalentes a tiempo completo (Nprof), Presupuesto de la Institución (RecursosE) y número de personas dedicadas a labores administrativas. Este último no se consideró en el modelo por la heterogeneidad que presentaba esta variable, debido a los diferentes sistemas de contratación que existen en las universidades.

El indicador de resultados de formación (IRFORM), esta conformado por las siguientes 5 variables: Número total de estudiantes matriculados (NestudPP), Número de estudiantes matriculados por primera vez (NestudPP), Número de graduados (Ngrad), Número de programas académicos que ofrece la institución (NProgPP), y Número de programas con acreditación de calidad (NprogAcre).

El indicador de resultados de producción (IRPROD), esta conformado por las siguientes 4 variables: Puntaje total de producción de los profesores por publicaciones según el Decreto 1279 (Produccion), Número de revistas publicadas por la institución e indexadas por COLCIENCIAS (Nrevist), Número de grupos de investigación reconocidos por COLCIENCIAS (NGruposI) y Número de proyectos de investigación aprobados interna y externamente por la institución (proyectosinv).

Una vez definidos los indicadores se determina la relación existente para todos las universidades entre el indicador de capacidad ICAD y cada uno de los indicadores de resultados IRFORM y IRPROD (ver sección 2.1.2). La relación encontrada sirve como marco de referencia para establecer el desempeño de cada universidad en el contexto del sistema universitario estatal.

### 2.1.1 Construcción del modelo SUE para el Indicador de Producción (IRPROD)

Debido a la alta dispersión de las variables medidas, manifestada particularmente por la presencia de instituciones consideradas "atípicas" desde el punto de vista estadístico (Universidades: Nacional, de Antioquia y del Valle), las variables fueron transformadas logarítmicamente, adicionando un uno en los casos en que el cero era el valor posible de la variable, y así eliminar la indeterminación que podría presentarse. Una vez realizada la transformación logarítmica las variables fueron estandarizadas. A partir de estas variables transformadas, los diferentes indicadores fueron construidos utilizando el Análisis de Componentes Principales<sup>2</sup>, con una rotación de factores tipo "Varimax" para lograr un mayor poder de explicación en cada factor. La relación entre el indicador de capacidad ICAD, y el indicador de producción IRPROD se estableció utilizando métodos de regresión lineal (ver figura 1)

### 2.1.2 Resultados del modelo SUE

Esta sección muestra los resultados de desempeño obtenidos por 30 universidades públicas de acuerdo con la información suministrada por ellas para la vigencia del año 2003. La tabla 1 presenta la ponderación que recibió cada variable en cada factor como resultado de aplicar el método de Análisis de Componentes Principales.

Indicador con variables	Coefficiente de cada variable
<b>Indicador de capacidad (ICAD)</b> Núm. de profesores en tiempo comp. Ln(Nprof) Presupuesto de la institución Ln(RecursosE)	0.9827 0.9827
<b>Indicador de formación (IRFORM)</b> Numero Total de estudiantes Ln(NestudPP) Número de programas Ln(NProgPP) Número de programas acreditados Ln(NprogAcre) Número de graduados Ln(Ngrad) Número matriculados primera vez Ln(NpPrimPP)	0.9763 0.9138 0.5399 0.8429 0.9164
<b>Indicador de Producción (IRPROD)</b> Número de revistas indexadas Ln(Nrevist) Número de proyectos de investigación Ln(proyectosinv) Puntaje por publicaciones Ln(Producción) Número grupos de investigación Ln(NGruposI)	0.8125 0.8435 0.6382 0.9183

Tabla 1. Coeficientes de las variables en cada indicador

Según el análisis de componentes principales adelantado la componente IRPROD explica el 79.421 % de la varianza total de los datos, y la componente ICAD explica el 96.572 % de la varianza total de los mismos. Estos porcentajes dan una medida de la variabilidad de la información que es capturada cuando se reemplazan las

<sup>2</sup> Para una presentación detallada sobre el modelo de Componentes Principales ver la sección 2 del artículo "Búsqueda de la Relación entre áreas ICFES en Matemáticas, Física, Lenguaje y Rendimiento en Matemáticas I, II a través del Análisis de Componentes Principales. Scientia et Technica, año 10 Número 25 de Agosto del 2004. Soto M. Jose.; Trejos C. Alvaro.; Carvajal O. Patricia.

variables originales por las nuevas variables creadas (IRPROD e ICAD). El valor obtenido en cada componente por cada institución se presenta en la tabla 2. Luego la figura 1 ilustra la regresión lineal obtenida entre los indicadores IRPROD e ICAD.

Universidad	ICAD	IRPROD
Antioquia	3,92298	10,1551
Atlántico	0,82788	-1,92741
Cartagena	-0,1194	0,35985
Cesar	-0,72249	-2,93875
Córdoba	0,26084	-1,53077
Guajira	-2,23027	-2,50234
Magdalena	-1,13289	1,44507
Sucre	-2,83214	-0,609012
Amazonia	-2,05248	-3,77173
Cundinamarca	-0,96065	-4,88734
MayordeCundinamarca	-1,56649	-3,34186
Distrital	1,56426	2,9637
Llanos	-1,54371	-2,01095
Militar	-0,4031	-3,68348
UPTC	1,97297	0,566463
Surcolombiana	-0,3438	-3,00573
Pedagógica Nacional	-0,38635	2,181
Nacional de Colombia	4,97947	6,5373
UIS	1,62723	4,43086
FPS-Cúcuta	-0,4780	-3,4992
FPS-Ocaña	-4,64706	-5,14812
Pamplona	0,05876	0,373592
Caldas	0,69299	2,67761
Cauca	1,44629	3,46206
Chocó	-0,9818	-2,92059
Nariño	-0,00372	-2,00197
Quindío	0,11571	0,312275
Tolima	-0,37891	0,296537
Valle	2,66398	3,7866
U. Tecnológica Pereira	0,650118	4,23118

Tabla 2. Valor de los indicadores ICAD e IRPROD

las universidades ubicadas el 25% por debajo de la línea de regresión media se les retuvo por bajo desempeño en producción el 30% del 2% del presupuesto asignado. Con el objeto de ordenar (*rankear*) las universidades a partir de los resultados obtenidos por la metodología SUE, hemos calculado (ver tabla 3) los residuos estandarizados entre las coordenadas obtenidas por cada universidad (valor IRPROD e ICAD) y la línea de tendencia central ajustada mediante el procedimiento de regresión lineal.

Posición	Universidad	Residuos
1	Antioquia	1,92069
2	Sucre	1,61708
3	Tecnológica de Pereira	1,45536
4	Magdalena	1,40214
5	Pedagógica Nacional	1,23412
6	UIS	0,89039
7	FPS-Ocaña	0,80448
8	Caldas	0,73638
9	Cauca	0,57734
10	Tolima	0,38777
11	Guajira	0,37235
12	Distrital	0,28058
13	Cartagena	0,24098
14	Llanos	0,13052
15	Pamplona	0,12527
16	Quindío	0,05841
17	Valle	-0,08313
18	Amazonia	-0,31505
19	Nacional de Colombia	-0,40384
20	Mayor de Cundinamarca	-0,44347
21	Chocó	-0,6498
22	Cesar	-0,83232
23	Córdoba	-0,85687
24	Nariño	-0,8932
25	UPTC	-1,06062
26	Surcolombiana	-1,1173
27	FPS-Cúcuta	-1,24268
28	Militar	-1,37648
29	Atlántico	-1,41608
30	Cundinamarca	-1,54302

Tabla 3. Ordenamiento de las universidades de acuerdo con los residuos estandarizados.

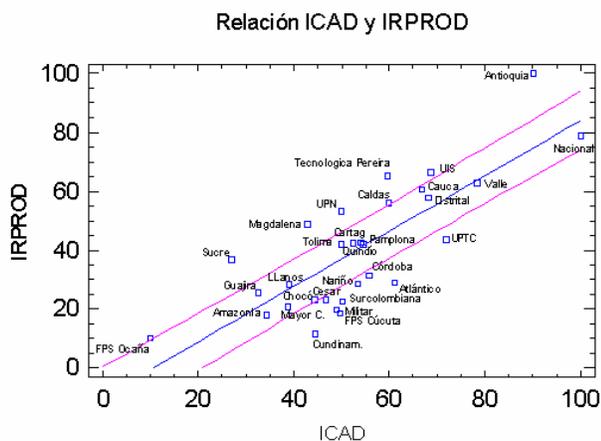


Figura 1. Regresión lineal entre IRPROD e ICAD <sup>3</sup>. La figura 1 muestran la línea de regresión y los límites de predicción del 50%, para la regresión entre el índice de producción (IRPROD) como variable dependiente del índice de calidad (ICAD) como variable independiente. A

<sup>3</sup> Para efectos de su presentación grafica los indicadores IRPROD e ICAD, fueron transformados de modo que su valor mínimo sea 10 y su máximo 100.

Mientras mayor sea el residuo mayor es la producción académica de la universidad con referencia a la medida de tendencia central de producción académica de todas las universidades. La Figura 1 y la Tabla 3 muestran que las universidades Ocaña (0.80448), Sucre, Magdalena, Pedagógica Nacional, Caldas, Tecnológica de Pereira, UIS y Antioquia están por encima del límite superior de predicción del 50% de la regresión entre el índice IPROD y el índice de capacidad ICAD. Igualmente se observa que las universidades Cundinamarca, Militar, FSP-Cúcuta, Surcolombiana, Cesar, Nariño, Atlántico, Córdoba y UPTC están por debajo del límite inferior de

predicción del 50 % de la regresión entre el índice IPROD y el índice de capacidad ICAD. En particular nótese que la universidad FPS-Ocaña ha quedado ubicada en el grupo de universidades con desempeño de producción académica superior.

### 3 RESULTADOS DEI MODELO DEA PARA EL FACTOR DE PRODUCCIÓN ACADÉMICA

Esta sección presenta los resultados obtenidos al aplicar enfoque DEA para medir el desempeño de las universidades con respecto a su producción académica.

El Análisis Envolvente de Datos <sup>4</sup> (DEA) es una herramienta de la investigación de operaciones desarrollada específicamente para medir la *eficiencia relativa* de un conjunto de unidades organizacionales homogéneas, conocidas como “unidades de decisión”.

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

$$h_{j0} = \frac{\sum_r u_r y_{rj0}}{\sum_i v_i x_{ij0}} \quad (1)$$

En donde:

**r** = 1...m, subíndice que identifica un producto

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

**i** = 1...k, subíndice que identifica el insumo

**j0** subíndice que indica la unidad de decisión a la que se le está calculando la eficiencia.

**h<sub>j0</sub>** es la eficiencia de la unidad de decisión que se está calculando.

**u<sub>r</sub>** es el peso que tiene el producto **y<sub>r</sub>**, para la DMU **j0**, que se está calculando.

**v<sub>i</sub>** es el peso que tiene el insumo **x<sub>i</sub>** en la DMU **j0** que está siendo calculada.

La expresión anterior (ec. 1) es utilizada como la función objetivo de un modelo de programación lineal que busca maximizar esa eficiencia sujeta a las restricciones dadas por las ecuaciones (2 y 3):

$$\frac{\sum_r u_r y_{rj0}}{\sum_i v_i x_{ij0}} \leq 1 \quad (2) \quad u_r, v_i \geq \varepsilon \quad (3)$$

La solución al modelo garantiza que se den los mejores pesos **u<sub>r</sub>** y **v<sub>i</sub>** a los productos e insumos respectivamente de acuerdo a la conveniencia de cada DMU (teniendo en cuenta que, una vez elegidos, serán utilizados por las restantes unidades). Por tanto cada unidad va a comparar su productividad con el resto de las que están en estudio utilizando en cada comparación los pesos con los que su eficiencia es mejor.

<sup>4</sup> Para una presentación mas detallada sobre el modelo DEA, ver la sección 3 del artículo “La Evaluación de los Grupos de Investigación según los Indicadores de Eficiencia de Colciencias versus su Evaluación según el Análisis Envolvente de Datos. Scientia et Technica, año 10 Número 25 de Agosto del 2004, Soto M. José.; Arenas V. Wilson.

### 3.2 Modelo DEA seleccionado y resultados

Así, para medir las eficiencias de las universidades frente a su producción académica, se seleccionó un modelo DEA CCR<sup>5</sup>-output-CRS, es decir, orientado a las salidas (output) y con retorno de escala constante (CRS-Constant Return Scale). Se eligió orientado a las salidas para capturar el hecho, de que las universidades no pueden decidir sobre el nivel de sus entradas (en particular el monto de los recursos asignados por la nación) y por lo tanto sus estrategias de mejoramiento de eficiencia obligatoriamente deben orientarse a aumentar sus salidas (outputs). Lo segundo (CRS) para reflejar el hecho de que en el análisis SUE se constata que universidades de tamaño pequeño, tienen producción investigativa comparable con universidades de mayor tamaño como la de Antioquia. Así, por ejemplo la universidad Tecnológica de Pereira se ubica en el 25% de universidades con indicadores por encima del 50%, ver figura 1.

#### 3.2.1 Resultados del modelo DEA-CCR-Output -CRS para el factor de producción académica

Se tomo como variables de entrada al modelo DEA (Inputs) el logaritmo de las variables Nprof, RecursosE y como variables de salida al modelo DEA (outputs) el logaritmo de las variables NGruposI, Nrevist Producción, proyectosinv (ver sección 2.1 y tabla 1).

Como ilustración, la tabla 4 ilustra el *ranking* de eficiencia obtenido<sup>6</sup> para un subconjunto de 12 universidades<sup>7</sup>.

Rank	DMU	Score
1	Antioquia	100.00
2	Tecnológica de Pereira	97.93
3	UIS	89.58
4	Magdalena	83.46
5	Pedagógica Nacional	83.35
6	Cesar	48.53
7	Surcolombiana	47.50
8	Amazonia	43.50
9	FPS-Cúcuta	41.29
10	Militar	40.81
11	FPS- Ocaña	30.54
12	Cundinamarca	25.36

Tabla 4. Ranking de Eficiencia de acuerdo con la producción académica de la universidad

En la tabla 4 se observa por ejemplo que la universidad de Antioquia se encuentra situadas en la frontera de eficiencia, dado que su *Score* de eficiencia es igual a 100 (cuando se comparan solo las 12 universidades de la muestra), mientras que la universidad FPS-Ocaña tiene uno de los mas bajos índices de eficiencia. Este último

<sup>5</sup> Las siglas se corresponden con las iniciales de los nombres de los autores de este modelo Charnes, Cooper y Rhodes.

<sup>6</sup> Se usó la macro de Excel DEA-SOLVER creada por Kaoru Tone [10]

<sup>7</sup> No se presentan todos los resultados por limitaciones de espacio. El ranking que se obtiene cuando se considera completo el conjunto de las 30 universidades es por supuesto otro, por lo que la clasificación obtenida es solo de ilustración.

resultado difiere del obtenido con el método SUE presentado en la sección 2.1.2, donde clasifica con un alto residuo estandarizado (0.80448).

Además, el Análisis Envolvente de Datos -DEA, permite diseñar estrategias de mejoramiento para que las unidades que no hayan alcanzado la frontera de eficiencia lo puedan hacer aumentando las salidas. La tabla 5 presenta un fragmento <sup>8</sup> de las proyecciones que cada variable debe alcanzar para que las universidades ilustradas lleguen a la frontera de eficiencia, según la salida producida por el software DEA-SolverPro

No.	DMU I/O	Score Data	Projection	Difference	%
1	Antioquia	1			
	LN(Nprof)	7,19521	7,195217	0	0,00%
	LN(RecursosE)	12,2762	12,27621	0	0,00%
	ln(NGruposl)	4,66343	4,663439	0	0,00%
	ln(Nrevist)	2,48490	2,484906	0	0,00%
	ln(Produccion )	8,27588	8,275885	0	0,00%
	ln(proyectosinv)	6,82871	6,828712	0	0,00%
30	Tecnológica de Pereira	0,97241			
	LN(Nprof)	5,80748	5,807488	0	0,00%
	LN(RecursosE)	10,8363	9,977450	-0,858	-7,93%
	ln(NGruposl )	2,70805	2,784873	7,68E-02	2,84%
	ln(Nrevist)	0,69314	1,185910	0,492763	71,09%
	ln(Produccion )	6,54304	6,728664	0,185615	2,84%
	ln(proyectosinv)	4,56434	4,704659	0,140311	3,07%

Tabla 5 Tablero de proyecciones.

Así, en la tabla 5 la columna “Score Data” muestra la eficiencia DEA obtenida por la institución universitaria y los logaritmos de los valores reportados por cada universidad para las variables incluidas en el modelo. La columna *Projection* muestra el valor (realmente el logaritmo del valor) que debería tener cada variable para que la universidad alcanzase la frontera de eficiencia. Las otras dos columnas diferencia y porcentaje muestran la distancia entre el valor reportado y el proyectado expresado en términos absolutos y porcentuales. En particular para la Universidad Tecnológica de Pereira DEA sugiere<sup>9</sup> priorizar el aumento de la variable Ln(proyectosinv) 3.07% (ver último renglon de tabla 5) lo que equivale a apoyar 15 nuevos proyectos para el nuevo año. Así mismo el numero de revistas debe pasar de 2 a 4 y los grupos reconocidos de 15 a 17 (recuerde que no son proyecciones reales, dado que se incluyeron solo 12 instituciones)

<sup>8</sup> No se presentan todos los resultados por limitaciones de espacio. Para obtener resultados con proyecciones reales debe resolverse el modelo con todo el conjunto de universidades.

<sup>9</sup> Por favor ver observación en pie de pagina No 11

#### 4 COMPARACION DE LOS MODELOS SUE Y DEA

Como se evidencia en la sección 2 el modelo SUE no mide propiamente eficiencias sino que calcula una línea de regresión. Esta línea pasa por el “medio” de los datos (coordenadas IRPROD e ICAD de cada universidad) definiendo como “*excelentes*” las universidades que están por encima de la línea de tendencia central y como *no satisfactorios* aquellos que se localizan por debajo de ella. El grado de excelencia o inferioridad de estos puntos (las universidades) se mide por la magnitud de la desviación con respecto a la línea de tendencia central.

El modelo DEA como modelo de eficiencia mide el mejor desempeño (de la razón entre entradas y salidas ponderadas adecuadamente para cada universidad) y evalúa los desempeños de cada una de las universidades por la magnitud de las desviaciones *con respecto a la línea de frontera de las unidades más eficientes*.

Para poder comparar estos dos enfoques (a) SUE: componentes principales mezclada con regresión y (b) eficiencia DEA, proponemos extender el enfoque SUE a su “redefinición” en términos de un “modelo de eficiencia”, como el cociente de factor de salida IRPROD (producto) con el factor de entrada ICAD (insumo). A ésta extensión al modelo SUE en adelante la llamaremos “*Eficiencia cociente SUE*”.

La tabla 6 muestra la “Eficiencia del Cociente SUE” para algunas universidades analizadas (ver columna 4 de la tabla 6). En la tabla 3 de la sección 2 fueron calculados los residuos estandarizados entre el valor IRPROD e ICAD obtenido por cada universidad y la línea de tendencia central ajustada mediante el procedimiento de regresión lineal. Son evidentes las diferencias de posición obtenidas por las universidades con estas dos formas de ordenarlas: (1)residuos estandarizados SUE y (2)eficiencia según cociente SUE.

En particular, es de notar el caso de la universidad FPS-Ocaña que aparece, según el enfoque SUE (ver ordenamiento por residuos en la tabla 3), como la séptima de mejor desempeño (residuo: 0.80448) y con uno de los cociente SUE mas bajos, (cociente SUE: 0.62), según el enfoque “Eficiencia del Cociente SUE “, (ver columna 4, tabla 6).

Para efectos de comparación los valores de “Eficiencia DEA” calculados en la sección 3.2.1, son presentados también en la quinta columna de la tabla 6.

UNIVERSIDAD	(i)ICAD	(O)IPROD	Eficiencia como Cociente SUE	Eficiencia-DEA
Antioquia	9,92	16,16	1,629032258	100
Cesar	5,28	3,06	0,579545455	48.53
Magdalena	4,87	7,45	1,529774127	83.46
Amazonia	3,95	2,23	0,564556962	43.50

Cundinamarca	5,04	1,11	0,220238095	25.36
Militar	5,6	2,32	0,414285714	40.81
Surcolombiana	5,66	2,99	0,528268551	47.50
Pedagógica Nacional	5,61	8,18	1,458110517	83.35
UIS	7,63	10,43	1,366972477	89.58
FPS-Cúcuta	5,52	2,5	0,452898551	41.29
FPS-Ocaña	1,35	0,85	0,62962963	30.54
Tecnológica de Pereira	6,65	10,23	1,538345865	97.93

Tabla 6. Cociente SUE vs. Eficiencia DEA

Se evidencia la *coherencia* entre el enfoque “cociente SUE” y “Eficiencia DEA”, al observar en particular, que la universidad FPS Ocaña que fue ubicada por encima de la línea superior de confianza de la regresión IRPROD vs. ICAD por el enfoque SUE residuo (*hecho que consideramos un resultado erróneo del modelo SUE*), es mal calificada por los otros dos enfoques: cociente SUE (orden 12) y DEA (rank 11). *Hecho este último que consideramos argumento a favor de la bondad del enfoque DEA.*

El análisis de correlación entre estos indicadores (cociente SUE y eficiencia DEA) se presenta en la figura 4.

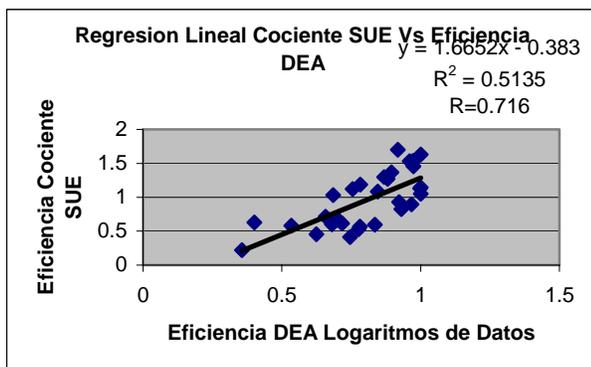


Figura 4. Relación lineal entre “Eficiencia Cociente SUE” vs. Eficiencia DEA.

Se observa en la figura 4 un coeficiente de correlación,  $R = 0.716$  entre las variables “Eficiencia Cociente SUE” y “Eficiencia-DEA”. Evidentemente, este resultado muestra que una metodología no pronostica el 100% a la otra ( $R^2 = 0.5135$ ), aun existiendo un “buen” ajuste entre los datos.

Sin embargo, se podrá notar realizando el ordenamiento (a partir de los resultados de la tabla 6) de cada institución, según el cociente SUE y la eficiencia DEA, que las posiciones de las universidades dadas por estos dos enfoques no varían de manera sustancial. Aparecen unas pocas inversiones de posición, como el caso de las universidades UIS y Cartagena. Estas diferencias, no obstante, son consistente con el nivel de ajuste encontrado en la regresión entre las variables que

representan la “Eficiencia cociente SUE” y la “Eficiencia DEA” (ver figura 5).

No obstante la coherencia mencionada entre la “Eficiencia cociente SUE” y la “Eficiencia DEA”, consideramos que la aplicación del enfoque sugerido por el “modelo SUE extendido” conlleva a mayor pérdida de la variabilidad de la información contenida en los datos originales que la que conlleva la aplicación del enfoque DEA. No obstante ambos modelos utilizar los logaritmos de los valores de las variables originales, el “modelo SUE extendido” al calcular la primera componente principal, IRPROD, solo explica el 79.42% de la varianza de las 4 variables originales que sirvieron para generar el factor (Producción, Nrevist, NGruposI, y proyectosinv) y el 96.57% cuando calcula el factor ICAD a partir de las variables originales que previamente fueron definidas para generar este factor (ver sección 2.1.2). Así, que el “modelo SUE extendido” incurre en una mayor pérdida de variabilidad de información que el enfoque DEA que trabaja con los valores originales de todas las variables que hacen parte del modelo.

## 5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Dada las inconsistencias que presenta el enfoque del modelo SUE, (al sobreestimar para algunas universidades su desempeño, a manera de ejemplo el caso FPS Ocaña), además de presentar este enfoque (SUE) una mayor pérdida de la variabilidad de la información contenida en los datos originales que la que conlleva la aplicación del enfoque DEA, **de lo anterior se puede inferir como mas adecuado el enfoque DEA para valorar las eficiencias de las universidades con respecto al factor de producción.**

Adicionalmente, DEA provee el “tablero de mando” con el cual lo directivos universitarios pueden diseñar las estrategias de mejoramiento para que cada universidad pueda llegar a ser eficiente (ver tabla 5, Tablero de proyecciones).

En trabajos futuros se realizará el análisis del indicador de resultados de formación (IRFORM) de las universidades colombianas desde la perspectiva DEA, además exploraremos el efecto sobre estas conclusiones de otros modelos DEA.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Análisis de los Indicadores de Desempeño de las Universidades Públicas. Versión Borrador suministrada por Ministerio de Educación Nacional, 2004.
- [2] 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.
- [3] DÍAZ Monroy, Luis Guillermo, Estadística Multivariada: Inferencia y métodos. Univ. Nacional. Panamericana Formas e Impresos S.A. págs. 191-232, Bogotá, 2002.
- [4] Sitio Web de DEA- Solver: <http://www.saitech-inc.co>