



Innovation in research and engineering education:  
key factors for global competitiveness  
*Innovación en investigación y educación en ingeniería:  
factores claves para la competitividad global*

# PROPUESTA PARA LA MEDICIÓN DEL RENDIMIENTO ACADÉMICO DE LOS ESTUDIANTES DE LAS UNIVERSIDADES UTILIZANDO ANALISIS ENVOLVENTE DE DATOS (DEA)

**Adel Alfonso Mendoza Mendoza**

**Universidad del Atlántico  
Barranquilla, Colombia**

**Delimiro Alberto Visbal Cadavid**

**Universidad del Magdalena  
Santa Marta, Colombia**

**Tomás José Fontalvo Herrera**

**Universidad de Cartagena  
Cartagena, Colombia**

## **Resumen**

En este artículo se presenta una metodología para la medición del rendimiento académico utilizando el Análisis Envoltante de Datos (DEA), para lo cual se desarrolló una Investigación descriptiva, apoyada en una revisión bibliográfica. Esta propuesta está en etapa de desarrollo y validación. Una vez obtenido los primeros resultados esperamos se constituya en un referente conceptual y práctico que le permitirá a las Universidades tener una herramienta para generar mejoramiento en los procesos de evaluación estudiantil.

**Palabras clave:** rendimiento académico; análisis envoltante de datos

## ***Abstract***

*This article presents a methodology for measuring academic performance using the Data Envelopment Analysis (DEA), for which we developed a descriptive study, based on a literature review. This proposal is in the validation stage and after obtaining the first results we hope will constitute a conceptual and practical reference that will allow the Universities have a tool to generate improvement in student assessment processes.*

**Keywords:** *academic performance; data envelopment analysis*

## 1. Introducción

El rendimiento estudiantil es un concepto complejo, que aborda distintos aspectos, tanto individuales como colectivos, lo cual condiciona el aprendizaje y la acción académica. En este sentido aborda la actuación de los estudiantes, del docente, así como de los órganos directivos, de la infraestructura y cultura organizacional, por lo cual el rendimiento estudiantil no solo es una calificación y viene concatenada en una política de admisión (Bonucci, 1997) lo que conlleva a afirmar que son muchas las variables inherentes en un proceso de aprendizaje que en la medida que sean identificadas con un aceptable índice de precisión pueden ser manejadas y controladas para mejorarlas. El rendimiento estudiantil es una característica compleja cuya evaluación involucra un gran número variables, se han realizado numerosas investigaciones acerca del rendimiento y se concluye que la nota, a la que el conglomerado universitario alude como significado del “rendimiento”, es sólo una pequeña parte de esta definición (Garnica, 1997).

A pesar de que mucha gente que trabaja en el sector educativo en Latinoamérica, incluyendo investigadores y funcionarios, argumentan que los problemas y las soluciones relacionados con la calidad de la educación son muy conocidos existiendo muchos factores de riesgo que inciden en el rendimiento estudiantil, entendiendo como factores de riesgo el conjunto de condiciones particulares de los individuos o circunstancias del contexto económico, social o cultural que incrementan la posibilidad de fracaso escolar (Rodríguez, 2010).

## 2. Justificación

Los diferentes programas académicos en las Instituciones de Educación Superior, registran desde hace algunos años, un elevado índice de deserción y una de las principales causas es el bajo rendimiento académico especialmente en las asignaturas de los primeros semestres. Este rendimiento académico solo es medido teniendo en cuenta la nota final del estudiante en cada una de las asignaturas cursadas al final de semestre el cual puede verse afectado por varios factores por lo que se propone la aplicación de el uso del Análisis Envlovente de Datos como una herramienta para determinar el rendimiento relativo de un estudiante respecto al grupo al cual se encuentra matriculado. Este método que permite distinguir el efecto de características del alumno y su entorno.

Una de los retos más importantes en el proceso de enseñanza aprendizaje resulta ser la medición del rendimiento académico del alumno. Cuando se trata de evaluar el rendimiento académico y cómo mejorarlo, se analizan en mayor ó menor grado los factores que pueden influir en él, por lo que se hace necesario utilizar diferentes indicadores de rendimiento más allá de la nota en asignaturas concretas, del rendimiento en pruebas previamente elaboradas o del número de créditos aprobados, factores que han sido utilizados en investigaciones referentes a rendimiento académico (Martin et al, 2008).

## 3. Referente teórico

En algunos trabajos se trata de explicar el rendimiento académico en función de varios factores. Se consideran cuatro tipos de factores: el programa de grado en el que los estudiantes están matriculados en la

universidad, los antecedentes familiares (como el ingreso familiar y la raza), los recursos de la escuela secundaria que el estudiante asistió antes de inscribirse en la universidad y el entorno demográfico en el que el estudiante asistió a la secundaria (Beet y Morell, 1999). En otros estudios se plantea que existen varios grupos de factores explicativos del fracaso escolar: a) factores estructurales y de cambio social, b) factores del sistema educativo y c) factores personales, que no psicológicos, de los propios alumnos ([Montserrat y Casas, 2010). También se plantea que factores como son los demográficos, el aprendizaje activo, la asistencia de los estudiantes, actividades extracurriculares, influencia de los compañeros y la forma de evaluación son factores que afectan el rendimiento académico (Norhidayah et al, 2009). Igualmente se destacan los siguientes factores: el nivel de rendimiento en la preparación previa, las características de la escuela secundaria, los antecedentes familiares como resultado de la transmisión cultural o aspiraciones dentro de la familia y por último existen importantes diferencias en el rendimiento por género (Nylor y Smith, 2004). Se menciona que el rendimiento es afectado por la trayectoria escolar de los alumnos, y los hábitos relacionados con el entorno escolar y el ambiente percibido en las aulas (Córdoba et al, 2012). Igualmente en algunos estudios se determina como los rasgos de personalidad y algunas variables contextuales (apoyo parental, por ejemplo) contribuyen directa e indirectamente a predecir el éxito académico (Cupani y Aparicio, 2012).

En otros estudios se analiza la eficiencia de las universidades públicas de Colombia, consideradas como unidades productivas, es decir, no se estudia el rendimiento académico de los alumnos, sino el desempeño de las universidades como instituciones educativas, medido a través del número de graduados y la cantidad de publicaciones científicas (Visbal, 2006). También se estima una frontera para la función de producción educativa, que permita evaluar a los alumnos en términos de eficiencia y analizar sus determinantes, busca cuantificar el efecto de características institucionales sobre el rendimiento de los alumnos, utilizando una muestra de estudiantes de ciencias económicas de tres universidades de Argentina (Carella, 2009).

#### **4. Análisis envolvente de datos**

La metodología Data Envelopment Analysis es una técnica que utiliza herramientas de programación lineal para comparar unidades de producción que utilizan el mismo grupo de recursos y producen el mismo grupo de productos, generando la frontera eficiente e indicadores relativos de eficiencia dentro de la población de unidades de producción estudiadas.

Esta metodología fue propuesta inicialmente por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), cuando formularon el primer modelo DEA (modelo CCR), en base a los conceptos originalmente planteados por Farrell en 1957.

Entre las principales ventajas de DEA, tenemos:

- Es una técnica no paramétrica, por lo cual no es necesario establecer a priori una relación funcional entre Entradas y Salidas.
- No requiere información referente a las ponderaciones de Entradas y Salidas para generar el índice de eficiencia.
- No es necesaria la homogeneidad en las unidades de medida de los datos.
- Permite trabajar con múltiples Entradas y Salidas.
- La información con la que se construye la frontera eficiente resulta de optimizaciones individuales, lo que posibilita aceptar comportamientos de selección de tecnologías distintas para cada unidad evaluada.

Se busca encontrar las medidas de eficiencia de las Unidades de Decisión DMUs<sup>1</sup> permitiendo ubicar los peores integrantes de una muestra de datos y las unidades que han servido como referencia de comparación para la evaluación de la DMU o benchmarks.

La definición genérica y flexible de los modelos y de las unidades ha permitido aplicar las técnicas de DEA a una gran diversidad de entidades, tales como hospitales, universidades, ciudades, cortes, firmas de negocios, países, regiones, etc., y en diversos sectores: gubernamental, privado, en regulación, entidades sin ánimo de lucro, etc. Ha permitido mejorar la comprensión de problemas en los casos en que otras metodologías no fueron muy efectivas por causa de la complejidad y la naturaleza desconocida de las relaciones entre las variadas entradas y salidas pertenecientes a este tipo de actividades, las cuales con frecuencia son reportadas como unidades no conmensurables. Ha abierto nuevas posibilidades de análisis y acercamientos a problemas que han sido previamente evaluados por otros métodos debido al requerimiento de pocos supuestos. Desde el desarrollo del primer modelo DEA en 1978, ha sido reconocida en diversos campos investigativos como una metodología excelente y fácilmente aplicable para modelar procesos operacionales para evaluar eficiencia. Su orientación empírica y la ausencia de supuestos a priori que son utilizados por otros enfoques le ha permitido permanecer en el presente como un campo investigativo muy dinámico, de rápido crecimiento y amplia aceptación, como se puede observar por la publicación de más de 2000 artículos desde el estudio inicial de Charnes, Cooper y Rodhes.

La eficiencia puede ser caracterizada con relación a dos orientaciones (o direcciones) básicas, pudiendo hacer referencia a modelos (Charnes et al, 1981):

- Orientados a Entradas: buscan, dado un nivel de Outputs, la máxima reducción proporcional en el vector de Inputs mientras permanece en la frontera de posibilidades de producción. Una Unidad no es eficiente si es posible disminuir cualquier Input sin alterar sus Outputs.
- Orientados a Salidas: buscan, dado el nivel de Inputs, el máximo incremento proporcional de los Outputs permaneciendo dentro de la frontera de posibilidades de producción. En este sentido una Unidad no puede ser caracterizada como eficiente si es posible incrementar cualquier Output sin incrementar ningún Input y sin disminuir ningún otro Output.

El análisis envolvente de datos (DEA) es una de las principales técnicas usadas en el sector público y privado para evaluar el desempeño de unidades productivas. Su uso es tan amplio que podemos citar entre algunas de sus aplicaciones, las realizadas, por ejemplo, en la evaluación de eficiencias en bancos (Pastor et al, 2006; Primorac et al, 2005; Tortosa et al, 2008), en la evaluación de riesgos crediticios ( Paridis et al, 2004; Psillaki et al, 2010).DEA también ha sido usada en evaluación del desempeño en instituciones de educación básica, en evaluación del desempeño en universidades, en evaluación de programas académicos, en la evaluación de grupos de investigación entre otras aplicaciones.

En el marco de una función de producción educativa, las variables explicativas suelen ser ciertas características del estudiante y su entorno que difícilmente puedan ser modificados por su comportamiento, tales como la edad, el género, la educación de sus padres, su condición laboral, etc. En este contexto, se considera más adecuado trabajar con un modelo orientado al producto.

En DEA la eficiencia técnica de cada una de las unidades se define como el cociente entre la suma ponderada de los Outputs y la suma ponderada de los Inputs. Si  $Y_o = (y_{1o}, y_{2o}, y_{3o}, \dots, y_{so})$  y  $X_o = (x_{1o}, x_{2o},$

---

<sup>1</sup> Charnes, Cooper y Rhodes emplean el término Decision Market Unit (DMU) para referirse a entidades sin ánimo de lucro. No obstante, el término DMU se ha extendido para hacer referencia a cualquier tipo de productor o unidad de producción: empresa, industria, personas, región, país, etc

$x_{30}, \dots, x_{s0}$ ) representa respectivamente, las cantidades de salidas y entradas de la DMU<sub>0</sub>, la unidad que está siendo evaluada, la medida escalar de la eficiencia de la DMU<sub>0</sub> puede ser obtenida como la solución óptima del siguiente modelo conceptual.

$$\text{Max } Z = \frac{\sum_{r=1}^s u_{ro} y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_{io} x_{io}}$$

sujeto a :

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{rj} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_{rj}, v_{ij} \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m$$

Se consideran  $n$  DMUs ( $j=1,2,\dots,n$ ) cada una de las cuales utiliza los mismos Inputs, en diferentes cantidades, para obtener los mismos Outputs, en diferentes cantidades,  $u_{ro}$  y  $v_{io}$  es el conjunto de los pesos más favorables para la DMU<sub>0</sub> en el sentido de maximizar la razón anterior.

## 5. Metodología propuesta

Se propone aplicar la técnica de Análisis Envolverte de Datos (DEA) como una herramienta para determinar el rendimiento relativo de un estudiante respecto al grupo al cual se encuentra matriculado para los diferentes semestres en los distintos programas que ofrece la Universidad donde se va aplicar esta herramienta. Para la implementación de esta metodología en cada uno de los programas se procederá de la siguiente manera:

Fase 1: Determinación de las variables a tener en cuenta para el Análisis Envolverte de Datos.

Variables de Entrada:

- Promedio del semestre anterior<sup>2</sup>
- Edad
- Nivel Socioeconómico
- Número de créditos cursados
- Número de asignaturas cursadas
- Número de horas de clase recibidas
- Tiempo promedio disponible para el estudio<sup>3</sup>

Variables de Salida:

- Calificación de cada una de las asignaturas.
- Promedio ponderado

Fase 2: Desarrollo del modelo Análisis Envolverte de Datos

- Identificación de las variables de entrada y salida para un semestre en particular de los programas de la Universidad.

<sup>2</sup> Para estudiantes del primer semestre se tomará el promedio del colegio de procedencia y el resultado de las pruebas ICFES

<sup>3</sup> Hace referencia a las horas que el estudiante teóricamente tenga disponible para el estudio, es decir aquellas horas de que el estudiante dispone una vez haya realizado todas sus actividades diarias como asistir a clases, transporte, trabajo, etc.

- Determinación de eficiencia relativa de cada uno de los estudiantes del semestre en estudio.

## 6. Conclusiones

El procedimiento de Análisis Envolvente de Datos puede ser un instrumento idóneo para hacer una buena evaluación del rendimiento académico para los estudiantes de las diferentes Universidades ya que sería una forma de determinar que tan eficiente son los estudiantes teniendo en cuenta algunos factores externos.

Dentro de la literatura de educación universitaria, se han encontrado algunas pocas aplicaciones de estimación de fronteras de rendimiento académico con Análisis Envolvente de Datos, por lo que la aplicación de esta técnica en las Universidades sería novedosa.

## REFERENCIAS

- Beet J, Morell D. (1999). *The determinants of undergraduate Grade Point Average. The relative importance of family background, High School Resources, and peer group effects*, The Journal of Human Resources, Vol. 34, No.2 , pp.268-293.
- Bonucci M. (1997) *¿Qué variables predicen el rendimiento académico de los estudiantes? Estudio de un caso: La Facultad de Ingeniería en la ULA*, Ponencia presentada en el III Simposio sobre políticas de Admisión en Educación Superior.
- Carella L, *Educación universitaria: medición del rendimiento académico a través de fronteras de eficiencia*, Tesis de Maestría, Universidad Nacional de La Plata (2009).
- Córdoba L, García V, Luengo L, Vizúete M, Feu S. (2012). *Cómo influyen la trayectoria académica y los hábitos relacionados con el entorno escolar en el rendimiento académico en la asignatura de educación física*. Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación. Vol 21, pp 9-13.
- Cupani M, Aparicio M (2012). *Rasgos de personalidad y factores contextuales que contribuyen a predecir el rendimiento académico en matemática*. Anuario de Investigaciones de la Facultad de Psicología. Vol. 1, No1, pp 229-247
- Charnes A, Cooper A, Rhodes W. (1978). *Measuring the efficiency of decision making units*, European Journal of Operational Research, Vol. 2, pp.429-444.
- Charnes A, Cooper A, Rhodes W. (1981). *Evaluating program and managerial efficiency: an application of data envelopment analysis to program follow through*, Management Science, Vol.27, pp.668-697
- Garnica E (1997). *El Rendimiento Estudiantil: Una Metodología para su Evaluación*, Revista Economía, Vol.13, pp.7-25.
- Martín E, García L, Torbay A, Rodríguez T (2008). *Estrategias de Aprendizaje y Rendimiento Académico en Estudiantes Universitarios*, International Journal of Psychology and Psychological Therapy, Vol.8, No.3, pp.401-412.
- Montserrat C, Casas F (2010). *Educación y Jóvenes ex tutelados: Revisión de la Literatura Científica Española*, Educación XXI, Vol.13, No.2, pp.117-138.
- Naylor R, Smith J (2004). *Determinants of educational success in higher education*, International Handbook on the Economics of Education. Massachusetts: Edward Elgar Publishing, Inc., pp. 415-461

- Norhidayah A, Kamarazuman J, Syukriah A, Najah M, Azni S (2009). *The Factors Influencing Students' Performance at Universiti Teknologi MARA Kedah, Malaysia*, Management Science and Engineering, Vol.3, No.4, pp.81-90.
- Pastor J, Lovell C, Tulkens H. (2006). *Evaluating the financial performance of bank branches*. Annals of Operations Research Vol 145, No 1, pp 321–337.
- Paradi J, Asmild M, Simak P (2004). *Using DEA and Worst Practice DEA in Credit Risk Evaluation*. Journal of productivity analysis Vol. 21, No 2, pp 153-165.
- Psillaki M, Tsolas I, Margariti D (2010). *Evaluation of credit risk based on firm performance*. European Journal of Operational Research. Vol. 201, No 3, pp 873–881.
- Primorac M, Troskot Z (2005). *Measuring the efficiency and productivity of the Croatian banks with Malmquist's index of change of total factor productivity*. Financial Theory and Practice Vol 29, No 4, pp 309-325.
- Rodríguez R (2010). *Éxito Académico de los Estudiantes Inmigrantes. Factores de Riesgo y de Protección*, Educación XXI, Vol.13, No.1, pp.101-123
- Tortosa-Ausina E, Grifell-Tatje E, Armero C, Conesa D (2008). *Sensitivity analysis of efficiency and Malmquist productivity indices: An application to Spanish savings banks*. European Journal of Operational Research Vol. 184, No 3, pp 1062–1084.
- Visbal D. (2006). *Evaluación de la eficiencia relativa en el uso de recursos de las universidades públicas colombianas mediante Análisis Envlovente de Datos*, CLAIO 2006, Memorias Vol. 1, pp.77.

### Sobre los Autores

- **Adel Alfonso Mendoza Mendoza** es Magíster en Ingeniería Industrial .Profesor de Tiempo Completo de la Universidad del Atlántico adscrito al programa de Ingeniería Industrial. E-mail: [adelmendoza@mail.uniatlantico.edu.co](mailto:adelmendoza@mail.uniatlantico.edu.co)
- **Delimiro Alberto Visbal Cadavid** es Magíster en Ingeniería Industrial .Profesor de Tiempo Completo de la Universidad del Magdalena adscrito al programa de Ingeniería Industrial. E-mail: [dvisbal@unimagdalena.edu.co](mailto:dvisbal@unimagdalena.edu.co)
- **Tomás José Fontalvo Herrera** es Doctor en Administración de Empresas. Profesor de Tiempo Completo de la Universidad de Cartagena adscrito al programa de Administración Industrial. E-mail: [tfontalvoh@unicartagena.edu.co](mailto:tfontalvoh@unicartagena.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)