

# Análisis de eficiencia y productividad de las universidades chilenas mediante análisis y encapsulamiento de datos

The analysis of efficiency and productivity of chilean universities through the Data Envelopment Analysis

<sup>1</sup>Marcela González-Araya<sup>1</sup>, Gustavo Verdugo Vásquez<sup>a</sup>,

## RESUMEN

Se mide la eficiencia y productividad de las universidades chilenas, abarcando tanto a públicas como a privadas. La herramienta usada para el análisis de eficiencia es el Análisis y Encapsulamiento de Datos (*Data Envelopment Analysis – DEA*), la cual permite calcular la eficiencia relativa de un conjunto de unidades de toma de decisiones, en relación a las mejores prácticas observadas. Por otro lado, la productividad de las universidades es medida utilizando el índice de Malmquist, teniendo como base los modelos de DEA. El índice de Malmquist descompone la productividad en dos componentes que capturan los cambios en la eficiencia técnica y los cambios debidos al progreso tecnológico entre dos períodos de tiempo. Los datos utilizados fueron obtenidos de los anuarios estadísticos del Consejo de Rectores y del Consejo Superior de Educación. Con estos datos se llevó a cabo diferentes análisis, teniendo en consideración tres perspectivas o puntos de vista: perspectiva Universidad, perspectiva Gobierno y perspectiva Alumnos. A partir de los resultados obtenidos fue posible concluir que no necesariamente un aumento en el financiamiento público para instituciones privadas implicará obtener mayores puntuaciones de eficiencia técnica; además, se observó que las universidades públicas poseen eficiencias mayores que las de las universidades privadas.

**Palabras clave:** Análisis y encapsulamiento de datos; Análisis de eficiencia; Análisis de productividad; Universidades chilenas.

## ABSTRACT

In this work, we measure the efficiency and productivity of Chilean universities, including public and private ones. The tool used to measure efficiency is the Data Envelopment Analysis (DEA), which calculates the relative efficiency of a number of decision making units related to the observed best practices. Moreover, the universities productivity is calculated using Malmquist index, based on DEA models. Malmquist index decomposes productivity in two components that capture changes in technical efficiency and changes due to technological progress between two time periods. The used data were obtained from the statistical yearbooks of “Consejo de Rectores” and of the “Consejo Superior de Educación”. With these data, different kind of analysis was carried out, taking into account three perspectives or points of view: University point of view, Government point of view and students' point of view. From the obtained results is possible to conclude that an increase of public funding for private institutions not necessarily involve higher technical efficiency scores. Moreover, we note that public universities have higher efficiencies than private universities.

**Keywords:** Data envelopment analysis; Efficiency analysis; Productivity analysis; Chilean universities.

<sup>1</sup> Departamento de Modelación y Gestión Industrial, Facultad de Ingeniería. Universidad de Talca - Chile.

<sup>a</sup> Mag. en Gestión de Operaciones.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente las universidades se clasifican en tres categorías; éstas son: universidades tradicionales estatales, universidades tradicionales privadas y universidades privadas. La gran diferencia es el tipo de financiamiento que reciben; por un lado las universidades tradicionales (en adelante, universidades públicas) reciben un alto aporte del Estado por medio del Aporte Fiscal Directo (AFD) y el Aporte Fiscal Indirecto (AFI). Mientras que, las universidades privadas sólo reciben AFI. Al año 2008, el AFD asciende a los 120 Mil Millones aproximadamente, el cual se reparte en su totalidad al conjunto de universidades públicas. El AFI, al año 2008, asciende a los \$19 Mil Millones aproximadamente, el cual se reparte en su totalidad entre universidades públicas y privadas. Estos aportes son destinados principalmente para incentivar la investigación y captar a alumnos de buen rendimiento por parte de la universidad.

En los últimos años se ha visto que el aumento de la oferta universitaria ha aumentado, puesto que nuevas universidades privadas se han incorporado al sistema de educación superior. Asimismo, nuevas sedes de distintas universidades se ha abierto a lo largo de todo Chile, más del doble en los últimos 7 años, habiendo alrededor de 204 sedes al año 2007. Este aumento en la oferta universitaria se debe principalmente a una de las estrategias que han adoptado las instituciones con el fin de obtener más recursos públicos para su financiamiento, estrategia que no asegura un nivel de calidad adecuado por parte de dichas sedes. Este aumento en la oferta, ha provocado además que la demanda universitaria haya aumentado en los últimos 5 años, habiendo al año 2007 alrededor de 460 mil alumnos matriculados en alguna universidad.

Esta complejización del sistema de educación universitario, debido a la incorporación de un gran número de universidades privadas, apertura de nuevas sedes y aumento del número de alumnos matriculados, sugiere realizar una evaluación de la calidad que prestan las instituciones de educación superior. Al mismo tiempo, es primordial para el Estado conocer cómo son utilizados los recursos dispuestos para las universidades, ya que la cantidad destinada es una cifra no menor. Conocer la administración eficiente o deficiente de cada institución, entregaría información importante para la toma de decisiones, en pos de una educación universitaria de mayor calidad y mejor aprovechamiento de los recursos fiscales.

Una de las herramientas para medir eficiencia es el Análisis y Encapsulamiento de Datos (DEA), propuesto por Charnes et al (1978), el cual permite calcular la eficiencia relativa de un conjunto de unidades de toma de decisión (DMU) en relación a las mejores prácticas observadas. Una de las ventajas de DEA es que sus resultados pueden ser usados para medir la productividad de una universidad entre dos períodos de tiempo. Esto se logra a través del índice de productividad de Malmquist (IPM). Este índice descompone la productividad en dos factores que capturan los cambios debido a aumento en la eficiencia técnica y los cambios debidos al progreso tecnológico.

El objetivo de este trabajo, es medir la eficiencia y productividad de las universidades chilenas, con el propósito de entregar índices de desempeño, comparaciones e información de la evolución, a fin de facilitar la toma de decisión de las universidades, proporcionar información a futuros estudiantes y dar conocimiento al Estado de la administración de los recursos proporcionados.

Este artículo ha sido estructurado de la forma que se describe a continuación. En la sección 2 y 3 se hablará del modelo DEA y del IPM que se usó en este trabajo. En la sección 4 se aborda la metodología de cómo se midió la eficiencia y la productividad de las universidades, y en la sección 5 se presenta los principales resultados obtenidos. Finalmente, en la última sección, se menciona las principales conclusiones.

### Análisis y encapsulamiento de datos (DEA)

Esta herramienta, propuesta por Charnes et al (1978), calcula la eficiencia relativa de un conjunto DMU's en relación a una frontera eficiente, la que se calcula en aquellas unidades con las mejores prácticas observadas, teniendo en cuenta todos los *inputs* y todos los *outputs* que intervienen en el proceso productivo. Charnes et al (1981) mencionan que la eficiencia puede ser caracterizada teniendo en cuenta dos orientaciones básicas del modelo, estas son: orientación *input* y orientación *output*. En los modelos DEA orientados a los *inputs* se busca la máxima reducción proporcional en los recursos, manteniendo constante los beneficios obtenidos y mientras se permanece dentro de la frontera eficiente. Por otro lado, en los modelos DEA orientados a los *outputs* se busca maximizar el incremento proporcional de los beneficios, dado un nivel de recursos y permaneciendo dentro de la frontera eficiente.

Otra consideración al momento de evaluar la eficiencia es tener en cuenta la tipología de los rendimientos a escala que caracterizan la tecnología de producción. Los rendimientos a escala, que indican los incrementos de la producción que son resultado del incremento de todos los factores de producción en el mismo porcentaje, pueden ser constantes, crecientes o decrecientes. Los dos últimos conceptos fueron introducidos por Banker et al (1984) y son considerados una extensión de los modelos DEA con rendimientos constantes a escala (DEA CCR). Se habla de modelo DEA CCR cuando el incremento porcentual del *output* es igual al incremento porcentual de los recursos productivos; se habla de un modelo DEA con rendimiento creciente a escala (DEA BCC creciente) cuando el incremento porcentual del *output* es mayor que el incremento porcentual de los *inputs*; y se habla de DEA con rendimiento decreciente (DEA BCC decreciente) cuando el incremento porcentual del *output* es menor que el incremento porcentual de los *inputs*.

El modelo DEA puede ser formulado para cada una de las consideraciones anteriores. Además cada una de las formulaciones tiene su problema o modelo dual asociado el que puede ser usado para determinar la solución del problema primal. A esta formulación se le conoce como modelo de la envolvente. Según Coelli et al (1998), en la mayor parte de las aplicaciones DEA, el modelo empleado en la evaluación de la eficiencia es éste, el motivo es porque el programa lineal DEA primal viene definido por un número de restricciones igual a  $n+1$ . Sin embargo, el programa lineal DEA dual tiene  $s+m$  restricciones (siendo  $m$  y  $s$  el número de variables de entrada y salida respectivamente). Por lo tanto, como el número de unidades con las que se trabaja suele ser mucho mayor que el número total de variables *inputs* y *outputs*, entonces se tiene mayor número de restricciones para el problema primal, lo que en ocasiones puede causar problemas al ser resuelto.

En relación a las formas de solucionar los modelos, en los últimos tiempos se ha trabajado en la creación de programas que calculen la eficiencia a partir de la entrada de los parámetros de la formulación de los modelos DEA, sin la necesidad de usar programas generales de resolución como CPLEX, OPL Studio, etc. Algunos de estos programas son el EMS (Efficiency Measurement System) en sus diferentes versiones, DEAP (Data Envelopment Analysis Program) en sus diferentes versiones, entre otros.

### Modelo DEA BCC Orientado a los Inputs

El objetivo del modelo DEA BCC orientado a los *inputs* es minimizar el nivel de *inputs* de la DMU analizada ( $DMU_0$ ), manteniendo constante su nivel de *outputs* observados y asumiendo rendimientos de escala variables. Siendo así, la formulación del modelo DEA BCC orientado a los *inputs* para una dada  $DMU_0$  es:

$$(BCC_1) \text{ Min } \omega_0 \quad (1)$$

$$\text{s.a. } \sum_{j=1}^n x_{ij} - s_i = \omega_0 x_{i0}, \quad i = 1, \dots, m, \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} - s_r = y_{r0}, \quad r = 1, \dots, s, \quad (3)$$

$$s_i, s_r \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad r = 1, \dots, s, \quad j = 1, \dots, n, \quad (4)$$

$$s_i, s_r \geq 0, \quad i = 1, \dots, m, \quad r = 1, \dots, s, \quad j = 1, \dots, n, \\ \omega_0 \text{ no restringida.}$$

Donde:

$j$  subíndice del conjunto de DMUs observadas, por lo tanto,  $j = 1, \dots, n$ ,

$i$  subíndice de los *inputs*,  $i = 1, \dots, m$ ,

$r$  subíndice de los *outputs*,  $r = 1, \dots, s$ ,

$\omega_0$  = proporción en que todos los *inputs* de la DMU analizada ( $DMU_0$ ) pueden ser reducidos,

$x_{ij}$  = intensidad de la participación de la DMU  $j$  en la construcción de la DMU “compuesta” o *benchmark*,

$y_{rj}$  = cantidad de *input*  $i$  consumido por la DMU  $j$ ,

$x_{i0}$  = cantidad de *input*  $i$  consumido por la DMU analizada ( $DMU_0$ ),

$y_{r0}$  = cantidad de *output*  $r$  producido por la DMU analizada ( $DMU_0$ ),

$s_i$  = holgura asociada al *input*  $i$ ,

$s_r$  = holgura asociada al *output*  $r$ .

Los  $y_{rj}$ ,  $x_{ij}$  0 representan los valores observados de los  $s$  *outputs* y de los  $m$  *inputs*, respectivamente, para cada una de las  $n$  DMU's.

En el modelo *BCC*, la función objetivo (1) minimiza la proporción del nivel de *inputs* de la  $DMU_0$ , representada por la variable  $\omega_0$ , que puede ser usada para producir por lo menos el mismo nivel de *outputs*. La variable  $\omega_0$  también es conocida como medida de eficiencia técnica. La restricción (2) garantiza la reducción proporcional de los *inputs* hasta alcanzar la frontera eficiente. La restricción (3) impide que la DMU compuesta produzca menos *outputs* que la  $DMU_0$ . Finalmente, la restricción de

convexidad (4) garantiza que las DMU's ineficientes sólo sean comparadas con DMUs que operan en un nivel de producción similar al de ellas.

### Índice de productividad malmquist

Cuando se analiza la eficiencia técnica de una Unidad a través del tiempo, los modelos DEA caracterizados anteriormente, sólo consideran el cambio de eficiencia debido al aumento o disminución como tal, pero no consideran aspectos como el cambio tecnológico en la contribución a un aumento o disminución de la eficiencia. Färe et al (1989 y 1992) establecen un índice, el cual considera el cambio de eficiencia debido a los cambios tecnológicos que pudieren haber ocurrido durante un período de tiempo. Según Thanassoulis (2001), si se está en el caso de un modelo DEA CCR donde no hay un cambio tecnológico (la frontera de producción eficiente es constante en el período  $t$  y  $t+1$ ), la ganancia o pérdida de productividad de una unidad será el resultado de la ganancia o pérdida de eficiencia técnica de dicha unidad en el tiempo. En cambio, si se considera que hay un desplazamiento de la frontera de producción eficiente (existe cambio tecnológico), entonces el aumento o disminución de la productividad se deberá en parte al desplazamiento de la frontera y en otra parte al aumento o disminución de la eficiencia técnica. La contribución al cambio en productividad dependerá exclusivamente del impacto del cambio tecnológico en el desplazamiento de la frontera y el cambio en eficiencia técnica experimentado por la DMU en el período de tiempo estudiado.

Un cambio o progreso tecnológico en el sistema universitario se entiende como: perfeccionamiento académico, innovación académica, renovación curricular, mejora en los procesos de adquisición de materiales (libros e inmuebles), mejora en los canales de comunicación, entre otros.

El índice de la variación de productividad Malmquist fue introducido por Caves et al (1982), inspirado en el trabajo de Malmquist (1953), y su objetivo es medir la variación de la productividad entre dos períodos de tiempo.

Al examinar los cambios entre dos períodos de tiempo, se puede tener dos tecnologías de producción para establecer la comparación: la del período inicial y la del período final. Por lo tanto, es posible obtener dos índices de productividad según la tecnología de referencia asumida. Färe et al (1992) construyeron un índice Malmquist basado en DEA, el cual corresponde a la media geométrica de dichos índices.

A diferencia de otras aproximaciones para la medición de la productividad, el índice de Malmquist también entrega información sobre el origen del cambio de productividad a través de la descomposición de este índice en una componente de cambio técnico y otra, de cambio en la eficiencia. La primera recoge la variación debida al desplazamiento de la frontera eficiente, por lo que expresa el grado en que la unidad analizada ha experimentado un cambio técnico. La segunda expresa la variación atribuible a la mejoría del rendimiento relativo de la unidad respecto a las mejoras de cada período, esto es, la unidad analizada ha experimentado un cambio de eficiencia.

### Índice de Variación de la Productividad Malmquist basado en DEA

Asúmase que existe una función de producción en el tiempo  $t$  y otra en el tiempo  $t+1$ . Para una dada  $DMU_0$ , el cálculo de su respectivo índice de Malmquist requiere de dos medidas obtenidas a partir de las observaciones realizadas en cada período de tiempo por separado y de dos medidas obtenidas a partir de una mezcla de las observaciones hechas en cada período de tiempo. De esta forma, el índice de productividad Malmquist orientado a los *inputs* propuesto por Färe et al (1992), el cual mide la variación de productividad para una dada  $DMU_0$  entre los períodos  $t+1$  y  $t$ , está dado por:

$$M_0 = \frac{D_0^t(x_0^{t-1}, y_0^{t-1})}{D_0^t(x_0^t, y_0^t)} \frac{D_0^{t-1}(x_0^{t-1}, y_0^{t-1})}{D_0^{t-1}(x_0^t, y_0^t)}^{1/2} \quad (5)$$

Donde:

$D_0^t(x_0^t, y_0^t)$  corresponde a la medida de eficiencia técnica de la  $DMU_0$  en el período  $t$ , la cual es obtenida usando las observaciones de todas las DMU's en el período  $t$ , es decir,

$$D_0^t(x_0^t, y_0^t) = \dots$$

$D_0^{t-1}(x_0^{t-1}, y_0^{t-1})$  corresponde a la medida de eficiencia técnica de la  $DMU_0$  en el período  $t-1$ , la cual es obtenida usando las observaciones de todas las DMU's en el período  $t-1$ , es decir,

$$D_0^{t-1}(x_0^{t-1}, y_0^{t-1}) = \dots$$

$D_0^t(x_0^{t-1}, y_0^{t-1})$  corresponde a la medida de eficiencia técnica de la  $DMU_0$  obtenida al sustituir los datos de la  $DMU_0$  en el período

$t$  por los del periodo  $t+1$ , mientras que las observaciones de las demás DMU's han sido realizadas en el periodo  $t$ ,

$D_0^{t-1} x_0^t, y_0^t$  corresponde a la medida de eficiencia técnica de la DMU<sub>0</sub> obtenida al sustituir los datos de la DMU<sub>0</sub> en el periodo  $t+1$  por los del periodo  $t$ , mientras que las observaciones de las demás DMU's han sido realizadas en el periodo  $t+1$ .

En el caso de que  $M_0 > 1$ , supone que la DMU<sub>0</sub> es más productiva en relación al período inicial. Este incremento en la productividad relativa de la DMU<sub>0</sub> podría deberse a diferentes causas. Por un lado, es posible que la DMU<sub>0</sub> haya mejorado su eficiencia relativa. Por otro lado, es posible que la tecnología disponible haya mejorado.

Färe *et al* (1992) propusieron una descomposición del índice Malmquist que permite separar ambas fuentes de variación de la productividad en dos términos:

$$M_0 = \frac{D_0^{t-1}(x_0^{t-1}, y_0^{t-1})}{D_0^t(x_0^t, y_0^t)} \frac{D_0^t(x_0^{t-1}, y_0^{t-1})}{D_0^t(x_0^t, y_0^t)} \frac{D_0^{t-1}(x_0^{t-1}, y_0^{t-1})}{D_0^{t-1}(x_0^t, y_0^t)}^{1/2}$$

Donde:

$EF_0^{t,t-1} = \frac{D_0^{t-1}(x_0^{t-1}, y_0^{t-1})}{D_0^t(x_0^t, y_0^t)}$  mide el cambio de la eficiencia técnica de la DMU<sub>0</sub> entre el período  $t$  y el período  $t+1$  y

$$T_0^{t,t-1} = \frac{D_0^t(x_0^{t-1}, y_0^{t-1})}{D_0^t(x_0^t, y_0^t)} \frac{D_0^{t-1}(x_0^{t-1}, y_0^{t-1})}{D_0^{t-1}(x_0^t, y_0^t)}^{1/2}$$

mide el cambio de la frontera tecnológica de la DMU<sub>0</sub> entre el período  $t$  y el período  $t+1$ .

$EF_0^{t,t-1}$  refleja el cambio que se ha producido en la eficiencia relativa de la DMU (variación en la distancia que la separa de su frontera contemporánea), mientras que  $T_0^{t,t-1}$  refleja el cambio en la productividad que puede atribuirse al movimiento de la frontera entre los periodos  $t$  y  $t+1$ .

Por lo tanto, el índice de cambio técnico mide el desplazamiento de la frontera producido por la DMU evaluada (definiéndose como una media geométrica con el fin de evitar decidir el nivel de actividad de referencia).

## Metodología

La herramienta DEA es una técnica de medición de la eficiencia bien estructurada, donde los pasos a seguir para la construcción del modelo DEA a resolver son: determinar las variables de entrada y salida, definir las unidades de toma de decisiones, determinar la tipología de los rendimientos a escala y determinar la orientación del modelo. Por último, para calcular el índice de productividad de Malmquist se utiliza los resultados y el modelo DEA ya definido. A continuación se explica cómo se construye el modelo.

## Unidades de Toma de Decisiones y Selección de Variables

El contexto de este trabajo es medir la eficiencia del sistema de educación universitario, el cual lo conforman universidades públicas y privadas. Por lo tanto, las unidades de toma de decisiones corresponden a todas las universidades chilenas. En relación a las variables a usar en los modelos, es necesario especificar que se hizo el análisis a partir de tres puntos de vista: perspectiva gobierno, perspectiva universidad y perspectiva alumnos. Para cada una de las perspectivas se tiene diferentes variables tanto de entrada como de salida.

Para la selección de variables se consideró aquellas variables que según la perspectiva tengan un rol importante en la medición de la eficiencia, además se analizó las variables que utilizaron otros autores que midieron eficiencia universitaria en otros países. En la Tabla 1 se resume los autores y las variables usadas por ellos.

**Tabla 1.** Variables usadas por algunos autores en la medición de eficiencia a través de DEA

Referencia	Variables de Entrada	Variables de Salida
Gómez Sancho (2001)	- Número de Estudiantes - Gastos Corrientes - Tiempo Profesorado - Sueldos	- Tesis Publicadas - Alumnos Graduados - Fondos Investigación
Murias Fernández (2003)	- Capacidad docente - Becarios - Recursos de Investigación - Matriculados	- Alumnos Tercer Ciclo - Carga docente - Aprobados - Producción de Investigación
Moreno Sáez et al. (2001)	- Profesores Doctores - Profesores No Doctores - Recursos para Investigación	- Investigaciones Desarrolladas - Ingresos por Proyectos - Profesores Evaluados Positivamente
Athanassopoulos et al. (1997)	- Académicos - Recursos por investigación - Gastos de Biblioteca y salas de computación - Alumnos Pregrado y Postgrado	- Número de Titulaciones - Número deserción - Calidad de Investigación

Luego del análisis de las diferentes variables usadas por los autores, se busca los datos en los anuarios estadísticos del Consejo de Rectores y del Consejo Superior de Educación y en el Mineduc. Las variables para las cuales se encontró datos se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Variables para las cuales se encontró datos en anuarios estadísticos

Variables
- Aporte fiscal Directo
- Aporte Fiscal Indirecto
- Proyectos Fondecyt
- Matrícula Total Alumnos
- Docentes Doctores
- Docentes Magíster
- Docentes Profesionales sin Postgrado
- Alumnos Egresados
- Publicaciones ISI
- Total Docentes
- Libros en Biblioteca
- Computadores para Alumnos
- Alumnos por Docente
- Programas de Pregrado
- Número de Vacantes
- Alumnos Titulados
- Ingreso Universidad

Para cada una de las perspectivas de análisis se tiene diferentes variables a considerar, puesto que a partir de determinados *inputs*, se obtendrá diferentes *outputs*. Además, para cada una de las perspectivas no se puede considerar al conjunto de universidades, puesto que no necesariamente usan los mismos *inputs* para un mismo fin; por ejemplo, en la perspectiva de Gobierno, las universidades públicas poseen financiamiento AFI y AFD, mientras que las universidades privadas sólo reciben AFI, por lo tanto se hace imperioso separar el análisis para la perspectiva Gobierno en dos análisis.

### Modelo Perspectiva Gobierno

Como se mencionaba anteriormente, es necesario separar el análisis de la perspectiva de Gobierno en dos modelos, esto es, un modelo que considere sólo las universidades públicas y otro modelo que considere sólo las universidades privadas. Al Gobierno le interesa saber cómo administra una universidad los recursos fiscales en el desarrollo de investigación y en poseer una planta docente adecuada para recibir a los alumnos. Por lo tanto, para el análisis de universidades públicas se tiene como *inputs* el AFI y el AFD; como *outputs* se tiene la cantidad de recursos para proyectos Fondecyt,

cantidad de publicaciones ISI, cantidad de docentes (doctores y no doctores). Para el análisis de las universidades privadas, se tiene como *input* solamente el AFI, y se tiene como *output* la cantidad de docentes (doctores y no doctores) y la cantidad total de alumnos matriculados.

### Modelo Perspectiva Universidad

En este caso, también es necesario separar el análisis haciendo la distinción entre universidades públicas y universidades privadas, puesto que para las últimas no se cuenta con información completa de los datos en relación a los ingresos que poseen, puesto que, a parte del AFI, reciben aportes privados. La universidad destinará los ingresos en forma directa o indirecta en tener una alta cantidad de alumnos titulados y en desarrollar proyectos de investigación, como los financiados por Fondecyt. Las variables *inputs* para el análisis de las universidades públicas son los ingresos totales, la cantidad de docentes y la cantidad de alumnos matriculados, mientras que las variables *outputs* corresponden al financiamiento de proyectos por Fondecyt y a la cantidad de alumnos titulados. Por otro lado, para el análisis de universidades privadas, las variables *inputs* corresponden a la cantidad de alumnos matriculados y a la cantidad total de docentes, mientras que las variables *outputs* se consideran el financiamiento por Fondecyt para proyectos de investigación y a la cantidad de alumnos titulados.

### Modelo Perspectiva Alumno

Para el caso de la perspectiva de los alumnos se tiene las siguientes variables *inputs* a considerar: alumnos por docente, número de vacantes, alumnos titulados, alumnos egresados, libros por alumnos, computadores por alumno y cantidad de programas o planes de estudio. Mientras que, como variable *output*, se tiene la cantidad de alumnos matriculados a primer año. Es decir, se estudia la eficiencia de las universidades en relación a la cantidad de alumnos que reciben al primer año a sus diferentes programas de estudio, teniendo en cuenta lo que se ofrece al alumno que postula a primer año de universidad.

Debido a la gran cantidad de variables de entrada, se

obtiene un comportamiento ineficiente al tratar de resolver el modelo, además muchas universidades pueden ser consideradas ineficientes. Por lo tanto, una forma de solucionar este problema, es eliminar del análisis algunas de las variables de entrada, para llevar a cabo esto, se utiliza una propuesta de mejora al método de selección de variables de Soares de Mello et al (2004), la que fue introducida por Valdés (2006) en su memoria para optar el título. Al seleccionar las variables, se busca obtener una buena discriminación entre las unidades eficientes e ineficientes. Las variables *inputs* que se usarán en definitiva son: número de programas, vacantes, alumnos por docente y libros por alumno. Mientras que, la variable *output* es la cantidad de alumnos matriculados a primer año.

### Resolución de los Modelos DEA

Para la resolución de los modelos DEA se utiliza el software Efficiency Measurement System (EMS, versión 1.3.0). Por otro lado, para calcular el índice de productividad de Malmquist se utiliza el software DEAP versión 2.1. Para el análisis DEA se considera un período de tiempo comprendido entre los años 2003 y 2007. Además, para calcular la productividad se considera como período base el año 2003 y el período final el año 2007. De esta forma el cambio tecnológico tiene mayor impacto en el caso de que haya.

## RESULTADOS

Para cada uno de los modelos se calcula la eficiencia técnica y el índice de productividad de Malmquist para las universidades analizadas. Para cada modelo se muestra la puntuación de eficiencia promedio obtenida por el conjunto de universidades analizadas, el cambio en los rendimientos a escala entre el período de tiempo estudiado y el índice de productividad de Malmquist.

### Resultados modelo perspectiva gobierno, universidades públicas

La Tabla 3 muestra la eficiencia técnica promedio alcanzada por el conjunto de universidades públicas dentro de los años 2003 y 2007.

**Tabla 3.** Eficiencia técnica promedio de universidades públicas para el período 2003-2007

Año	2003	2004	2005	2006	2007	Promedio
<b>Eficiencia Promedio</b>	79,27%	76,55%	77,92%	80,83%	76,42%	<b>78,20%</b>

Estos resultados, muestran que aproximadamente un 22% de los recursos que el gobierno destinó a las universidades no fueron usados en investigación, planta docente adecuada y para incentivar a la postulación de proyectos Fondecyt, monto que pudo haber sido usado en mejorar infraestructura, apertura de nuevas sedes, nuevos programas o carreras, entre otros por parte de la universidad. Si este porcentaje se lleva a cifras monetarias, se tendría 25 mil millones aproximadamente que no se destinaron o bien, no fueron aprovechados para investigación y docencia.

El año con menor eficiencia lo alcanza el 2007 mientras que el de mayor eficiencia lo alcanza el 2006. Aquellas universidades que obtuvieron bajas puntuaciones de eficiencia se debe principalmente a un bajo número de publicaciones ISI. Por otro lado, las instituciones que alcanzan mayores puntuaciones no necesariamente poseen un

gran financiamiento fiscal, pero logran con ello, una gran cantidad de proyectos Fondecyt, publicaciones ISI y planta docente razonable en relación a la magnitud de los aportes que recibe y en comparación a otras instituciones.

Con respecto a los rendimientos a escala, sólo 4 universidades pasan de tener rendimientos a escala decreciente, mientras que el resto o se mantiene en un rendimiento a escala creciente o constante. Por lo tanto, las universidades públicas han tenido un aprendizaje de la utilización de los recursos públicos en pos de realizar un mayor aporte a investigación y docencia.

En la Tabla 4 se muestra la productividad promedio (IPM) que obtuvieron las universidades. Además se muestra el cambio en eficiencia técnica (CE), progreso técnico (CT), cambio en eficiencia técnica pura (CETP) y el cambio en eficiencia a escala (CEE).

**Tabla 4.** Valores para la descomposición del índice de productividad de Malmquist (IPM).

	CE	CT	CETP	CEE	IPM
Valor	1,051	1,921	1,026	1,056	<b>1,993</b>

En promedio, la mayoría de las universidades aumentan su productividad (IPM mayor a 1). Este aumento se debe principalmente a la mejora en eficiencia técnica y al progreso tecnológico. Este último tiene una mayor contribución en la productividad.

#### **Resultados modelo perspectiva gobierno, universidades privadas**

A diferencia del modelo anterior, se tiene que

eliminar del análisis aquellas universidades para las cuales hubo una insuficiencia de datos; han terminado de ejercer sus funciones o han iniciado sus actividades recientemente (14 fueron eliminadas). Lo anterior se realizó para el resto del análisis.

La Tabla 5 muestra la eficiencia técnica promedio alcanzada por el conjunto de universidades privadas dentro de los años 2003 y 2007.

**Tabla 5.** Eficiencia técnica promedio de universidades privadas para el período 2003-2007

Año	2003	2004	2005	2006	2007	Promedio
<b>Eficiencia Promedio</b>	49,70%	45,97%	49,37%	33,00%	50,27%	<b>45,66%</b>

Estos resultados muestran que aproximadamente un 54% de los recursos que el gobierno destinó a las universidades, a través del AFI, no fue utilizado para captar mayor número de estudiantes, y al mismo tiempo para aumentar la planta docente.

En relación a los rendimientos a escala, la mayor parte de las instituciones cambian la tipología de sus rendimientos a escala, pasan de tener

rendimientos de escala Decreciente o Constante a tener rendimientos de escala Creciente. Es decir, en el año 2003 un aumento en el aporte fiscal indirecto a una cierta institución, provocaba un aumento menos que proporcional en la cantidad de alumnos matriculados a primer año en dicha universidad. Mientras que, en el año 2007, un aumento en el aporte fiscal de una determinada institución,

produce un aumento más que proporcional en la cantidad de alumnos que se matrículan a primer año y en la planta docente de dicha institución (Rendimiento a escala creciente). Es decir, las universidades privadas han aprendido a aprovechar los recursos fiscales, logrando que se obtenga un mayor beneficio con una menor cantidad de recursos. Esto lo han logrado con una buena gestión

en el proceso universitario, ya sea por un aumento en las facilidades de financiamiento para los alumnos o por un posible aumento en los recursos proporcionados por parte de privados.

En la Tabla 6 se muestra el IPM que obtuvieron las universidades, además se muestra el CE, CT, CETP y CEE.

**Tabla 6.** Valores para la descomposición del índice de productividad de Malmquist (IPM).

	CE	CT	CETP	CEE	IPM
Valor	43,447	0,061	11,591	61,696	<b>2,657</b>

En promedio las universidades aumentan la productividad. Dicha productividad se debe en gran medida al aumento en eficiencia técnica, dentro del cual es por el cambio en eficiencia escala, que el sistema aumenta su productividad. Por otra parte, la productividad se ve disminuida por el progreso tecnológico. Esto último sugiere que, son otras instituciones las que han aprovechado los progresos tecnológicos, como por ejemplo las universidades pertenecientes al Consejo de Rectores. Siguiendo con la eficiencia escala (CEE),

las universidades que aumentaron en promedio su tamaño, al mismo tiempo aumentaron su eficiencia y con ello su productividad en relación al uso eficiente del financiamiento fiscal.

#### **Resultados modelo perspectiva universidad, universidades públicas**

La Tabla 7 muestra la eficiencia técnica promedio alcanzada por el conjunto de universidades públicas dentro de los años 2003 y 2007.

**Tabla 7.** Eficiencia técnica promedio de universidades públicas para el período 2003-2007

Año	2003	2004	2005	2006	2007	Promedio
<b>Eficiencia Promedio</b>	77,30%	86,31%	86,63%	87,72%	84,32%	<b>84,46%</b>

El promedio obtenido es alto, es decir que las universidades del consejo de Rectores, usan sus Ingresos, Docentes totales y los Alumnos Matriculados con alto rendimiento para obtener Titulados y al mismo tiempo aportar a la investigación con proyectos Fondecyt. De los datos,

se obtiene que la ineficiencia técnica se debe en gran medida a un exceso de recursos, tanto de Ingresos, Total Docentes y Alumnos Matriculados.

En la Tabla 8 se muestra el IPM que obtuvieron las universidades, además se muestra el CE, CT, CETP y CEE.

**Tabla 8.** Valores para la descomposición del índice de productividad de Malmquist (IPM)

	CE	CT	CETP	CEE	IPM
Valor	1,570	1,841	1,105	1,407	<b>2,607</b>

Se observa que, en promedio, las universidades públicas aumentan su productividad. Lo que sugiere que dichas universidades han sabido aprovechar sus ingresos, cantidad de alumnos que se matrículan y planta docente, en pos de aumentar el número de titulados y lograr un mayor número de proyectos financiados por Fondecyt. La productividad, que se mide por el cambio en eficiencia técnica y el cambio por progreso tecnológico, se debe principalmente por éste

último. Por otra parte, el cambio en eficiencia técnica, se debe principalmente al cambio en eficiencia escala. Esto es, las universidades del Consejo de Rectores, han sabido sacar un mejor rendimiento a los recursos que poseen y han logrado posicionarse en una escala óptima.

#### **Resultados modelo perspectiva universidad, universidades privadas**

Para este análisis no se pudo encontrar información

suficiente para los años 2003 y 2006, por lo tanto no se analizaron. La Tabla 9 muestra la eficiencia técnica promedio alcanzada por el conjunto de

universidades privadas en los años 2004, 2005 y 2007.

**Tabla 9.** Eficiencia técnica promedio de universidades privadas año 2004, 2005 y 2007.

Año	2004	2005	2007	Promedio
Eficiencia Promedio	58,73%	53,26%	54,70%	<b>55,56%</b>

De la tabla anterior, se extrae que existe un 56% de eficiencia técnica promedio para el conjunto de universidades privadas en relación a obtener titulados, en base a su planta docente y alumnos matriculados. Existen 3 instituciones que obtienen eficiencia técnica sobre el 85%, de las cuales, una de ellas tiene un alto desarrollo en investigación. Tres instituciones alcanzan eficiencias menores al 25%, de las cuales, todas poseen aportes nulos a investigación.

De las instituciones que han aportado al desarrollo

de la investigación (proyectos Fondecyt), han alcanzado puntuaciones de eficiencia técnica promedio sobre el 60%. Lo que refleja que, el dedicarse a la investigación y docencia, no contribuye a una pérdida en la eficiencia, sino que son un complemento.

En la Tabla 10 se muestra el IPM que obtuvieron las universidades, además se muestra el CE, CT, CETP y CEE. Para este caso el período de tiempo base fue el año 2004.

**Tabla 10.** Valores para la descomposición del índice de productividad de Malmquist (IPM).

CE	CT	CETP	CEE	IPM
Valor	0,67	3,51	0,94	0,58

En promedio, las universidades privadas aumentan la productividad, dicho aumento, se debe principalmente al progreso técnico que han vivido las instituciones en su proceso, por sobre el cambio en eficiencia escala (CEE). Es decir, si las instituciones privadas no hubiesen sido influenciadas por algún progreso técnico, la productividad hubiera disminuido, puesto que, se obtuvo valores promedio menores a 1, tanto para

cambio en eficiencia técnica pura (CETP) como para cambio en eficiencia escala (CEE).

#### Resultados modelo perspectiva alumnos

Se analizaron 43 universidades, tanto privadas como públicas. La Tabla 11 muestra la eficiencia técnica promedio alcanzada por el conjunto de universidades del sistema de educación superior en los años 2004, 2005 y 2007.

**Tabla 11.** Eficiencia técnica promedio de universidades año 2004, 2005 y 2007.

Año	2004	2005	2007	Promedio
Eficiencia Promedio	88,71%	91,62%	96,25%	<b>92,19%</b>

Se obtiene una eficiencia muy alta, ya que tan sólo debe haber una reducción porcentual promedio de los inputs del 8% y obtener la misma cantidad de alumnos matriculados a primer año.

Todas las instituciones, individualmente obtienen una eficiencia técnica promedio superior al 75%. Por otro lado, tan sólo dos instituciones pertenecientes al consejo de rectores, alcanzan la máxima puntuación de eficiencia técnica promedio, mientras que las otras corresponden a universidades privadas. Esto sugiere que, son las universidades privadas las que han mejorado la captación de alumnos y al mismo tiempo, los estudiantes cada vez más optan por este tipo de instituciones. En

relación a la mejora en la captación de estudiantes, se puede deber a la gran cantidad de programas ofrecidos en comparación a universidades públicas.

Por lo general, existe una eficiente captación de alumnos matriculados por parte de las universidades, tanto de instituciones del Consejo de Rectores como Privadas, utilizando como recurso de captación de alumnos matriculados a primer año, variables como: cantidad de programas que se imparte, vacantes ofrecidas en los distintos programas, libros por alumnos (lo que corresponde a la capacidad de la biblioteca) y alumnos por docente (lo que sugiere, el tamaño de la planta docente con que se espera a los estudiantes de

primer año). Para el caso de las universidades privadas, éstas obtienen un 95% de eficiencia promedio, mientras que para el caso de las universidades pertenecientes al Consejo de Rectores, sólo poseen un 90% de eficiencia técnica promedio.

**Tabla 12.** Valores para la descomposición del índice de productividad de Malmquist (IPM).

	CE	CT	CETP	CEE	IPM
Valor	1,005	1,126	1,105	0,906	<b>1,126</b>

Se observa que en promedio, tanto las instituciones privadas como no privadas, alcanzaron un aumento en la productividad. Dicho cambio, se debe al cambio en eficiencia técnica y al progreso técnico, en mayor medida este último (CTPromedio mayor a

CEPromedio). Si se compara el promedio de cada uno de estos valores, pero separados por universidades privadas y las pertenecientes al Consejo de Rectores, se obtiene los resultados mostrados en la tabla 13.

**Tabla 13.** Valores para la descomposición del índice de productividad de Malmquist (IPM).

	CE	CT	CETP	CEE	IPM
Valor U. Públicas	0,974	1,282	1,116	0,878	<b>1,245</b>
Valor U. Privadas	1,038	0,962	1,095	0,936	<b>1,003</b>

Las universidades pertenecientes al Consejo de Rectores, han tenido un aumento en la productividad mucho mayor que las privadas. Así mismo, el aumento para las universidades del Consejo de Rectores, se debe principalmente por el progreso técnico, mientras que sucede todo lo contrario con las instituciones privadas, ya que debido al progreso técnico han disminuido la

productividad. Por lo tanto, se deduce que el progreso técnico ha ido a favor de las instituciones públicas, a la hora de captar alumnos para matrículas de primer año.

Por último, se puede extraer, que si no hubiese existido progreso técnico, hubiesen sido las universidades privadas, la que habrían alcanzado la mayor productividad.

## CONCLUSIONES

1. Se analiza la eficiencia técnica del sistema universitario chileno, para lo cual se consideró tres perspectivas de análisis. Además, para cada una de las perspectivas, se obtuvo la productividad que se ha alcanzado de un período de tiempo a otro, y los factores que causan el aumento o disminución de ésta.
2. Es importante señalar que este es el primer trabajo en el que se mide la eficiencia técnica de las universidades chilenas aplicando el análisis envolvente de datos (DEA).
3. Algunas de las conclusiones que se puede obtener de los análisis de los resultados son que no necesariamente las instituciones con mayor financiamiento público obtendrán las mayores puntuaciones de eficiencia. En el caso de las universidades privadas, dependerá de las condiciones en que se encuentre para recibir alumnos a primer año, en términos de planta docente y recursos propios. Con respecto a la

productividad, las instituciones públicas la aumentan; por lo tanto, han aprovechado de mejor manera sus ingresos, planta docente y cantidad de alumnos matriculados, en pos de obtener una mayor cantidad de alumnos titulados y aportes a la investigación. Dicho aumento en la productividad, se debe en gran medida al progreso técnico más que por el aumento en eficiencia técnica, donde el cambio en eficiencia escala ha contribuido para este último.

4. Para el futuro se espera continuar con el análisis teniendo en consideración otros aspectos como por ejemplo, la existencia o no existencia de facultad de medicina, puesto que las instituciones que poseen facultad de medicina tienen un gasto mucho mayor en lo referente a equipos e infraestructura, por lo tanto gran cantidad de dinero público o privado lo destinan para este fin en desmedro de usarlo en incentivo para investigación o planta docente.

## REFERENCIAS

- Athanassopoulos A.D., SHALE E. 1997. "Assessing the Comparative Efficiency of Higher Education Institutions in the UK by Means of Data Envelopment Analysis". *Educations Economics*, 5(2). Pag. 117-134.
- Banker, R. D., Charnes, A., Cooper, W.W. 1984, Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science*, 30 (9), 1078–1092.
- Caves, D.W., Christensen, L.R., Diewert, W.E. 1982, Multilateral Comparisons of Output, Input and Productivity using Superlative Index Numbers, *The Economic Journal*, 92, 73–86.
- Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. 1978, Measurement the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research*, 2, 429–444.
- Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. 1981. "Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through". *Management Science*, 27(6): 668-697.
- Coelli, T.J., Prasada Rao, D.S., Battese, G.E. 1998, An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis, 1a. Ed., Boston, Kluwer Academic Publishers.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B., Roos, P. 1992, Productivity Change in Swedish Pharmecies 1980–1989: A Nonparametric Malmquist Approach, *Journal of Productivity Analysis*, 3, 85–102.
- Farrell, M. J. 1957, The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of Royal Statistical Society Series A*, 120 (3), 253–281.
- Gattoufi, S., Oral, M., Kumar, A. and Reisman, A. 2004, Epistemology of Data Envelopment Analysis and Comparison with other Fields of OR/MS for Relevance to Applications, *Socio-Economic Planning Sciences*, 38 (2–3), 123–140.
- Gomez Sancho J. M. 2001. "La Evaluación de la Eficiencia en las Universidades Públicas Españolas". X Jornadas de la Asociación de la Economía de la Educación, páginas 411-434.
- Malmquist, S. 1953, Index Numbers and Indifference Surfaces, *Trabajos en Estadística*, 4, 209–242.
- Moreno Sáez A., Trillo del Pozo D. 2001. "Clasificación de los Departamentos Universitarios por perfiles de actividad a partir del Análisis de Frontera Estocástica". Universidad Rey Juan Carlos, Madrid, España.
- Murias Fernández M. P. 2003. "Eficiencia Técnica y Calidad del Output en la Universidad de Santiago de Compostela". Tesis Doctoral, Departamento de Métodos Cuantitativos, Universidad de Santiago de Compostela.
- Soares de Mello J.C., Gonçalves E., Angulo L., Pereira M. 2004. "Selección de Variables para el Incremento del Poder de Discriminación de los Modelos DEA". *Investigación Operativa*, Año XII, N°24.
- Thanassoulis E. 2001. "Introduction to the theory and Application of Data Envelopment Analysis. A Foundation Text with Integrated Software". Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Valdés N. 2006. "Estudio de Impacto Tecnológico en el Proceso Productivo de la Manzana en una Empresa Exportadora de Fruta". Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad de Talca, Chile.

### Correspondencia:

Marcela González-Araya  
Merced N°437. Curicó. Chile.  
mgonzalez@utalca.cl.