

Dimensión Empresarial

ARTÍCULO RESULTADO DE INVESTIGACIÓN

EFICIENCIA INVESTIGATIVA EN LAS UNIVERSIDADES DE CHILE

EFFICIENCY OF RESEARCH IN UNIVERSITIES OF CHILE

EFICIÊNCIA DA PESQUISA NAS UNIVERSIDADES NO CHILE

Artículo de investigación científica adelantado en la Universidad del Bio Bio, https://ubiobio.cl/admision/sede_chillan/, Chillán, Chile. Fecha de recepción 22/11/2019. Fecha de aceptación 30/06/2020.

Hermes Bastías Aguilera

Magíster en Gestión de Empresas, Investigador Facultad de Ciencias Empresariales, FACE, Universidad del Bío-Bío, sede Chillán. E-mail: hebastia@egresados.ubiobio.cl

César Salazar Espinoza

PhD en Economía, Académico Departamento de Gestión Empresarial, FACE, Grupo de Investigación Análisis Económico Sectorial Aplicado, Grupo de Investigación en Agronegocios, y Centro de Estudios Ñuble, Universidad del Bío-Bío, Chillan, Chile, Núcleo de Investigación en Economía Ambiental y de los Recursos Naturales (NERE) EFD center Chile. Email: csalazar@ubiobio.cl

Luis Améstica-Rivas

Dr. en Administración y Dirección de Empresas, Académico Departamento de Gestión Empresarial, FACE, Universidad del Bío-Bío, Chillán, Chile. Centro de Estudios Ñuble UBB. Grupo de investigación en Dirección Universitaria de la Universidad Politécnica de Cataluña, España. E-mail: lamestica@ubiobio.cl

Cómo citar este artículo

Bastías-Aguilera, Hermes; Salazar-Espinoza, César & Améstica-Rivas, Luis (2020). Eficiencia investigativa en las universidades de Chile. *Dimensión Empresarial*, 18(3). DOI: 10.15665/dem.v18i3.2204

Resumen

Con el objeto de evaluar la gestión de las universidades chilenas en términos de su rol como generadora de conocimiento, se aplicó la metodología DEA sobre un subconjunto de universidades. Seguidamente, se estimó un modelo probit fraccional con las puntuaciones de eficiencia obtenidos para explorar factores que influyen en el desempeño. Los resultados muestran altos niveles de eficiencia en investigación, con las instituciones privadas reportando más altos puntuaciones que las estatales, y detectándose algunos factores importantes en la obtención de ese desempeño. Palabras clave: Universidad, Producción científica, DEA, Eficiencia, Regresión probit fraccional.

Abstract

To evaluate the management of Chilean universities in terms of their role as knowledge generators, the DEA methodology was applied to a subset of universities. Next, a fractional probit model was estimated with the efficiency scores obtained to explore factors that influence performance. The results show high levels of efficiency in research, with private institutions reporting higher scores than state institutions, and some important factors being detected in obtaining that performance. Keywords: University, Scientific production, DEA, Efficiency, Fractional probit regression.

Resumo

A fim de avaliar a gestão das universidades chilenas em termos do seu papel de geradoras de conhecimento, a metodologia AED foi aplicada a um subconjunto de universidades. Em seguida, foi estimado um modelo de sonda fracionária com os scores de eficiência obtidos para explorar os fatores que influenciam o desempenho. Os resultados mostraram elevados níveis de eficiência na investigação, com instituições privadas a reportarem pontuações superiores às das instituições estatais, tendo sido detectados alguns fatores importantes na obtenção desse desempenho. Palavras-chave: Universidade, Produção científica, AED, Eficiência, Regressão de sondas fracionais.



INTRODUCCIÓN

Chile cuenta con un complejo modelo de financiamiento de la educación superior desde 1980, que se caracteriza por ser de tipo mixto con universidades públicas y privadas. Debido al incremento de la oferta educativa desde el sector privado, la cobertura de educación universitaria ha tenido un rápido crecimiento en las últimas décadas. La educación se considera típicamente como un indicador clave del desarrollo humano de un país. En los países que han estado o están en ascenso en el camino del desarrollo, la educación tiene un papel crítico, tanto para mejorar las habilidades y capacidades productivas, como para promover la integración y la movilidad social (Moreno-Brid & Ruiz-Nápoles, 2010).

Independientes de su naturaleza pública o privada, las universidades siguen siendo instituciones como cualquier otra, y deben ser administradas de la mejor forma posible para optimizar sus procesos y resultados. De esta manera, los encargados de administrarlas tienen el gran desafío de gestionarlas adecuadamente y utilizar eficientemente los recursos. Es más, existe un interés por medir y mejorar la eficiencia en las universidades, especialmente relevante en Latinoamérica (Ayaviri & Zamora, 2016).

Este estudio explora la eficiencia en la gestión de la investigación universitaria, considerando los recursos que utilizan las instituciones para este tipo de actividades, y los resultados que estos recursos generan en término de productividad científica. Para tal propósito, este trabajo mide la eficiencia de la investigación científica en las universidades en Chile entre los años 2014 a 2017, a través de la metodología bajo la sigla DEA, en su definición Análisis Envoltante de Datos (Alcaraz-Ochoa & Bernal-Domínguez, 2017). En una segunda etapa, se estima un modelo probit fraccional para explorar los principales determinantes que influyen en la eficiencia técnica en investigación de las universidades.

Algunos estudios que llevaron a cabo análisis similares fueron, en primer lugar y a nivel nacional, González & Verdugo (2010), y Ramírez & Alfaro (2013), ambos trabajos buscar medir la eficiencia de las universidades chilenas, tanto desde el ámbito académico como investigativo, enfocándose en las

diferencias entre instituciones estatales y privadas, con la finalidad de proponer un ranking.

Con respecto a estudios a nivel internacional, se puede encontrar el trabajo de Yang, Fukuyama & Song (2018) con universidades investigativas Chinas, al igual que Chuanyi, Xiaohong & Shikui (2016). Ambos estudios hicieron un análisis general de la eficiencia, pero el primero hizo una comparación entre las universidades del proyecto 985 y las que no pertenecen a él, mientras que el segundo comparó a las universidades investigativas con las convencionales. Guironnet & Peypoch (2018) llevaron a cabo un estudio con universidades estadounidenses desde dos enfoques: la ubicación geográfica y la categoría entre pública o privada, comparando la eficiencia en cada caso. Los estudios de Berbegal-Mirabent (2018) y de Visbal-Cadavid, Martínez-Gómez & Guijarro (2017) llevan a cabo estudios de eficiencia en universidades públicas de España y Colombia, respectivamente, pero ambos incluyen una segunda etapa, en la cual se lleva a cabo un análisis de los factores que influyen en los resultados obtenidos del modelo DEA.

A diferencia de los estudios a nivel nacional, este trabajo pretende se focaliza en la eficiencia en la productividad científica de las universidades, actualizando los resultados presentados por González & Verdugo (2010) y de Ramírez & Alfaro (2013). A nivel internacional, el estudio pretende analizar universidades convencionales, no como ocurre en los trabajos de universidades chinas, y no solo instituciones públicas, como ocurre con los estudios de España y Colombia. Además, este trabajo propone la estimación de una segunda etapa, con lo que se busca conocer las variables que más influyen en los resultados de eficiencia investigativa.

En este contexto, en la sección siguiente se presenta la situación actual de la educación superior en Chile para contextualizar el estudio. Posteriormente, se habla de conceptos como la eficiencia y sus aplicaciones del modelo DEA, se explica la metodología a utilizar con los datos a utilizar, la muestra de universidades y las variables a utilizar para ambas etapas. Posteriormente, se muestra los resultados obtenidos en ambas etapas, y, finalmente, se presenta las conclusiones.

DESARROLLO

La educación superior e investigación en Chile

Durante estas últimas dos décadas ha ocurrido en Chile un ciclo de expansión de la educación superior, el cual se ha caracterizado por la diversificación de las instituciones que ofrecen dicho servicio, el crecimiento de los programas académicos, y una mayor flexibilidad de los requisitos de admisión. Se ha observado que el sistema chileno ha imitado a la tendencia mundial de autofinanciación, privatización, y también en la adopción de modelos de gestión universitaria extranjera. También se ha revelado en el sistema educativo una segmentación, en donde coexisten universidades consolidadas y otras que muestran un desarrollo institucional deficiente, de acuerdo con la calidad de los programas entregados (Busco, Doone & D'Alencon, 2018).

El sistema actual de educación superior en Chile data de principios de la década de los 80s. Uno de los pilares del sistema fue la privatización y creación de universidades privadas e instituciones terciarias no universitarias, bajo condiciones muchos más flexibles y menos exigentes (Bernasconi, 2015). Bajo este contexto, Guzmán-Valenzuela (2016) señala que el concepto de “público” se conceptualiza de manera distinta y confusa, debido a que tanto las universidades estatales como las privadas muestran un financiamiento híbrido, es decir, tanto de fuentes públicas como de privados. De esa forma, el gobierno les entrega a las universidades un apoyo político y financiero, pero a la vez tienen mayor independencia debido al menor financiamiento, lo que les permite tener libertad de adaptar políticas propias bajo el contexto donde se encuentren, y de esa forma crear programas para poder competir en el mercado de educación e investigación (Bernasconi & Celis, 2017).

Según Quezada-Hofflinger & Vallejos-Romero (2018), el sistema educativo actual está diseñado para generar una mayor competencia por el financiamiento estatal, creando así una nueva relación entre el Estado y las instituciones de educación superior. El Aporte Fiscal Directo, distribuido entre las universidades de la agrupación de universidades del Consejo de Rectores de Chile (CRUCH), el cual se distribuye en un 95% en

base a antecedentes históricos, y el 5% de acuerdo con indicadores de desempeño, siendo este último valor el que ha permitido que las universidades intenten ser más competitivas y aumenten su calidad, para así poder tener mejores resultados y adquirir un mejor financiamiento. Uno de los principales indicadores que tienen las universidades para medir su desempeño es su producción científica, por lo cual se puede observar que el sistema busca impulsar la investigación en las universidades del CRUCH.

Según Baker (2007) existen dos tendencias en la educación superior: la primera es su expansión y masificación en la mayoría de las naciones del mundo, y no sólo en las más desarrolladas, lo que ha provocado una revolución educativa que ha aumentado las matrículas en los últimos años. La segunda tendencia es a la institución como unidad investigativa, siendo éste un modelo al cual muchas universidades aspiran. Gracias a sus actividades de investigación, las universidades pueden aportar al mercado tecnología, conocimiento e ideas para promover el desarrollo tecnológico de su país y el mundo (Hamanaka & De Freitas, 2017). Álvarez & Crespi (2015) señala que, en Chile, existen fuertes restricciones de financiamiento para la investigación y desarrollo en general y en particular, para las universidades, en donde la financiación mayor o menor en investigación podría condicionar la producción científica que generan estas instituciones, lo que limitaría la posibilidad de innovación.

Desde un punto de vista más genérico, la investigación y desarrollo en Chile, por sí sola, recibe un reducido aporte del gobierno, totalizando una inversión del PIB de aproximadamente un 0,4% en el año 2015, y sumado a la baja cooperación entre empresas y universidades, Chile se encuentra muy por debajo de la mayoría de los países miembros de la OCDE (OCDE, 2018). Lo anterior evidencia que la mayor productividad científica no es proveniente del Estado o de empresas privadas, dejando a las universidades como principales proveedoras de conocimiento científico del país.

La productividad científica actualmente es uno de los indicadores clave para medir el éxito en actividades de investigación, lo que a su vez puede dar una idea

del nivel de desarrollo del país. Por lo tanto, cambios en los niveles de productividad científica pueden ser vistos como una señal de los avances del país en términos de su desarrollo, entregando información clave a los gobernantes para tomar decisiones (Babić et al., 2016).

Halevi, Moed & Bar-Ilan (2016) plantean que la mejor forma de medir la productividad de un investigador y el impacto de sus trabajos son el número de publicaciones y el número de citas, respectivamente. Dichas medidas, además, permiten que los encargados de realizar dichas investigaciones puedan acceder a mayores oportunidades, pudiendo lograr colaboraciones, lo cual contribuye a alcanzar un mayor éxito científico y/o de impacto (Fell & König, 2016).

Concepto de eficiencia en Educación Superior

Sickles & Zelenyuk (2019), definen la eficiencia a la capacidad de producir una determinada cantidad con una cantidad mínima de insumos, gasto o esfuerzo. En el contexto de la educación superior, se ha utilizado el DEA durante mucho tiempo para evaluar la eficiencia. Sin embargo, un modelo de DEA requiere la decisión sobre qué variables de entrada y salida se deben incluir, por tanto, persiste la preocupación que los resultados se ven afectados por la inclusión o exclusión de una variable (Sagarra, Mar-Molinero & Agasisti, 2017). Es más, aunque en la literatura se observa cierta aceptación de variables generales que conforman la función de producción, el uso de éstos conlleva una cierta discrecionalidad (Alcaraz-Ochoa & Bernal-Domínguez, 2017), especialmente en un sector tan complejo como es la educación, ya que intervienen muchos factores que pueden ser evaluados (Moncayo-Martínez, Ramírez-Nafarrate, & Hernández-Balderrama, 2020).

La literatura económica presenta varias metodologías para evaluar la eficiencia de las unidades que gestionan recurso, diferenciándose en las técnicas de estimación utilizadas (Ayaviri & Zamora, 2016). Para medir la eficiencia de un conjunto de unidades productivas o DMU's, es necesario conocer la función de producción o el conjunto de producción y la frontera de eficiencia.

Existen diversos métodos que pueden clasificarse en función de dos factores: su carácter paramétrico y/o determinístico. Los métodos paramétricos parten de la presunción de que la función de producción

posee una determinada forma (los no paramétricos no presuponen ninguna forma de la función mencionada) y los determinísticos asumen que la distancia de la unidad analizada a la frontera es fruto de la ineficiencia, mientras que los estocásticos parten de la hipótesis de que, al menos parte de esa distancia es debido a perturbaciones aleatorias (Hollingsworth, Dawson & Maniadakis, 1999).

Aplicaciones para el caso de las universidades

Actualmente, Chile no cuenta con una gran variedad de estudios de análisis de eficiencia sobre las universidades, menos aún si se refieren a trabajos enfocados en el área investigativa de dichas instituciones. Esta condición hace que el presente estudio tenga mayor relevancia, al entregar resultados actualizados sobre el estado actual del nivel de eficiencia de las instituciones de educación superior.

Uno de los trabajos relativamente recientes, es el de González & Verdugo (2010), cuyo estudio mide la eficiencia y productividad docente e investigativa de las universidades chilenas entre los años 2003 a 2007. Los autores evalúan tanto a instituciones estatales como privadas utilizando la metodología de análisis envolvente de datos, diferenciando además entre tres perspectivas (Gobierno, Universidad y Alumno), empleando diferentes inputs y outputs para cada una de ellas, alternándose entre una y otra, dependiendo de sus necesidades. Entre las variables usadas se encuentran datos de aportes del estado, docentes, matrículas y graduados, publicaciones, recursos de investigación, capacidad para los alumnos y el ingreso de la universidad. Las conclusiones a las que llegaron los autores fueron, a nivel general, que las universidades estatales fueron las que tuvieron una mejor evaluación con respecto a su eficiencia, mientras que las privadas no destacaron mucho en dicho aspecto.

Posteriormente, los autores Ramírez & Alfaro (2013) llevaron a cabo un nuevo estudio para medir la eficiencia de las universidades chilenas en el año 2011, pero, a diferencia del trabajo de González & Verdugo, consideraron solamente las universidades pertenecientes al Consejo de Rectores, lo que redujo en gran medida la muestra. Los autores utilizaron como variable de entrada los gastos operacionales, mientras que sus variables de salida fueron la cantidad de publicaciones WoS (ISI), representando

a la actividad investigativa, y la matrícula estudiantil, representando a la actividad docente, lo cual ofrece un panorama general de la institución y sus servicios ofrecidos. Los resultados del estudio identifican un número reducido de universidades eficientes en investigación y docencia, además de determinar que no hay diferencias en cuanto a los niveles de eficiencia entre instituciones estatales y no estatales.

Con respecto a estudios internacionales, destaca el trabajo de Yang, Fukuyama & Song (2018), quienes presentan las ineficiencias y productividad científica de una muestra de 64 universidades chinas enfocadas en investigación durante los años 2010 a 2013. Los autores utilizan el Modelo DEA considerando la producción de las instituciones como un proceso de red de dos etapas, y aplicando posteriormente un indicador de productividad de Luenberger. Además, se hace una distinción entre las universidades del proyecto 985, y las que no son parte de éste, el cual consiste en un programa del gobierno chino que tiene por objetivo crear universidades de clase mundial y alto nivel. Entre las variables utilizadas en la primera etapa se encuentran como inputs los fondos de investigación y desarrollo, personal docente e investigador, fondos del gobierno, mientras que los outputs consisten en número de publicaciones SCI / SSCI, número de estudiantes, número de patentes, y número de otras formas de propiedad intelectual. Para la segunda etapa, se utilizaron las últimas dos salidas mencionadas desde la primera etapa como inputs además de una variable que representa el personal realizando labores de Investigación y Desarrollo y los servicios de tecnología, mientras que para la variable output se utilizan los ingresos totales. Entre los resultados que obtuvieron los investigadores, se encuentra que durante el periodo estudiado la eficiencia de las universidades aumentó, aunque los cambios en tecnología fueron, al mismo tiempo, negativos para dichas instituciones. Sumado a eso, se observó que las universidades del proyecto 985 tuvieron un mejor desempeño, demostrando ser un programa que, en efecto, tuvo una influencia sobre la eficiencia.

Otro estudio relacionado con universidades chinas fue el de Chuanyi, Xiaohong & Shikui (2016), quienes aplicaron la metodología DEA y el análisis de frontera estocástica (SFA) en 48 universidades de investigación del país, haciendo una comparación entre ambos modelos y desde varios aspectos, principalmente

el académico, investigación y servicio social. Las variables utilizadas como entrada fueron el personal académico, los gastos, el área de aulas de clases y el área de laboratorios, mientras que las salidas fueron el otorgamiento de doctorados, maestrías y licenciaturas, además de documentos publicados y número de citas, y por último una variable de patentes obtenidas. Además, los autores presentaron una tercera variable, involucrando factores ambientales, para lo cual incluyeron el PIB, el logo educativo y la Inversión Extranjera Directa.

En comparación a las universidades integrales (las cuales tienen un enfoque más equilibrado entre docencia e investigación), las universidades investigativas son menos eficientes en cuanto a actividades académicas, pero son más eficientes que las integrales al momento de incluir las actividades de investigación y servicios sociales, mostrando de esa forma que el hecho de enfocarse en la producción científica si permite tener un mejor desempeño en ella.

Por otro lado, el trabajo de Guironnet & Peypoch (2018) presenta un estudio de eficiencia con DEA de 165 universidades estadounidenses con datos del año 2012, haciendo una distinción tanto geográfica como por su categoría privada o pública. De esa forma, los resultados señalan que, con respecto al aspecto académico dentro del ámbito geográfico, no hay una diferenciación clara entre instituciones localizadas en zonas rurales y urbanas, mientras que la actividad investigativa si fue superior en áreas urbanas. En cuanto a la eficiencia entre universidades públicas y privadas, se observa que las primeras tienen un mejor desempeño en cuanto a lo académico, mientras que las segundas destacan en cuanto a la investigación, gracias a su mejor gestión en campus únicos por cada institución. Para su análisis de eficiencia, los autores presentan en total veinte variables de entrada relacionadas con profesores, estudiantes, graduados, capacidad de dormitorios, tarifas de medio tiempo y, tasas de admisión, tenencia, ayudas y préstamos. Con respecto a las variables de salida, fueron siete en total, las cuales abarcan aspectos como número de graduados, doctores, citas y publicaciones.

Berbegal-Mirabent (2018) realizó un estudio de eficiencia con el modelo DEA tanto en el ámbito académico como investigativo, para 47 universidades públicas de España, analizando su desempeño en los años 2006, 2007 y 2010. Las variables que utilizó para

su trabajo fueron, como entrada, el personal docente, el personal de oficina de transferencia tecnológica (apoyo para investigaciones), y el gasto que utilizan las universidades para la investigación y desarrollo. En cuanto a las variables de salida, se utilizó la cantidad de graduados, la cantidad de publicaciones, los proyectos de investigación y una variable spin-off, que representa la transición hacia la comercialización de las investigaciones.

Dicha investigación también añade una segunda parte al estudio, empleando un análisis de regresión usando la variable de eficiencia como dependiente, y como independientes las variables tamaño de la universidad (representado en la cantidad de estudiantes), la edad de las instituciones y de las oficina de transferencia de tecnología, la diversidad educativa, la existencia o no de incubadora de empresas o de parque científico en la institución, la intensidad de investigación y desarrollo (La proporción de inversión en I+D con respecto a las ventas), y la riqueza de la región (PIB), siendo éstas dos últimas variables exógenas que representen el aspecto geográfico de las universidades. Entre las conclusiones que Berbegal-Mirabent plantea en su trabajo, destaca el aumento de la eficiencia de las universidades públicas durante el periodo estudiado, además de un análisis sobre las variables que pueden influir en mayor medida en dicho desempeño, determinando que el tamaño es un factor que aporta a la eficiencia, mientras que la antigüedad de la oficina

de transferencia tecnológica, la diversidad educativa y la existencia de parques científicos, son factores que afectan de forma negativa a la eficiencia.

Otro estudio de eficiencia a destacar es el de Visbal-Cadavid, Martínez-Gómez & Guijarro (2017), quienes analizaron la eficiencia de 32 universidades públicas colombianas en el año 2012. Sus variables de entrada fueron el personal académico, el personal no académico, los recursos financieros y los recursos físicos. Con respecto a las variables de salida, utilizaron el número de estudiantes de pregrado, estudiantes de postgrado, estudiantes con puntaje en el quintil superior de exámenes Saber PRO (Un examen obligatorio para graduarse de pregrado, de medición de calidad de la educación superior), el número de revistas indexadas, el número de artículos en revistas indexadas y la movilidad docente. Los resultados permiten distinguir las universidades eficientes desde las que presentan ineficiencias. Además, el estudio explora la magnitud relativa de las variables utilizadas para determinar su influencia en el desempeño de las instituciones, encontrándose así que la movilidad docente, seguida de la cantidad de revistas indexadas, fueron las variables que tuvieron un mayor peso en los resultados de eficiencia. Con respecto a los recursos, el personal académico, seguido de los recursos físicos fueron los factores que más influyeron en los indicadores de eficiencia.

PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS

Este estudio utiliza un modelo de Análisis Envolvente de Datos (DEA por su sigla en inglés), el cual es un método no paramétrico, cuyos fundamentos se basan en la determinación de una frontera eficiente multidimensional convexa o frontera de posibilidades de producción (FPP), compuesta de las mejores unidades de producción calificadas, tomadas del conjunto de referencia respecto a los diferentes aspectos.

En los modelos DEA, cada organización se conoce como DMU (Decisión Making Units), la cual emplea unos recursos o entradas para obtener unas salidas o resultados. Los modelos DEA proponen considerar como referencia eficiente la mejor práctica observada de entre la muestra de empresas objeto de estudio, y calcular así los índices de eficiencia de cada una

por comparación con la/s que presenta/n un mejor comportamiento económico. De esta forma, se obtiene una medida de eficiencia que tiene un carácter relativo, es decir, depende de la muestra objeto de estudio (Ayaviri & Zamora, 2016).

En los modelos DEA se pueden dar básicamente dos orientaciones: a entradas y a salidas (aunque existen modelos no orientados). En las primeras se busca minimizar las entradas mientras se produce al menos un nivel dado de salidas y en las segundas se pretende maximizar los outputs, usando las mismas cantidades observadas de inputs.

Los modelos DEA permiten suponer rendimientos constantes o crecientes a escala. Los rendimientos

constantes a escala suponen que un crecimiento proporcional en los insumos tendrá como resultado un aumento en la misma proporción en la producción. De esta manera, éstos suponen una estructura factorial propia de una función Cobb-Douglas normalizada. Sin embargo, en el contexto de las universidades como DMU, la construcción de conocimiento e investigación no se basa estrictamente en el factor capital, sino en la creatividad de los investigadores para la construcción de estos saberes. En este sentido, un modelo DEA con rendimientos crecientes de escala cobra especial

relevancia. Para efectos de este trabajo, se estiman ambos modelos y se comparan los resultados.

Modelo DEA con rendimientos constantes a escala (CCR)

Este modelo nace a partir del trabajo de Charnes, Cooper & Rhodes (1978), quienes retoman el trabajo de Farrell (1957) e introducen una nueva forma de medir la eficiencia, superando las falencias que tenía el trabajo original. Estos autores asumen rendimientos constantes a escala, tal como se muestra en la ecuación (1).

$$Productividad = \frac{ProduccionCreada}{RecursosConsumido} = \frac{Salida}{Entrada} \quad (1)$$

Lo anterior hace referencia a que el cálculo de productividad tiene una sola salida y entrada, sin embargo, en la realidad se observa que las unidades productivas poseen múltiples recursos, que posibilitan los resultados, así como también se observan múltiples resultados. Es por ello por lo que el modelo CCR (por las iniciales de los autores) implementa múltiples entradas y salidas -mediante la metodología DEA- no teniendo que agrupar en una misma expresión recursos (entradas) y resultados (salidas).

y mejoras al modelo CCR. Estos autores proponen un enfoque alternativo, que permite evaluar la eficiencia de una DMU bajo el supuesto de que ésta se ejecuta a escala variable. Sin embargo, el grado de eficiencia de cada DMU se continúa determinando a través de proyecciones equiproportionales (radiales).

Basado en Gómez & Mancebón (2012), el modelo CCR proporciona medidas de eficiencia radiales, inputs u outputs orientadas y rendimientos constantes a escala, es decir, un aumento porcentual de los inputs provocará un aumento en los outputs en la misma magnitud (orientación inputs). Cabe destacar que este modelo supone que la tecnología satisface, entre otras, la propiedad de rendimientos constantes a escala y proporcionan una medida de eficiencia técnica global (ETG).

La operatividad del supuesto -rendimientos variables a escala- se traduce en la incorporación de una restricción de convexidad $\sum \lambda = 1$ en la versión dual del modelo DEA-CCR, eliminando de esta forma la influencia de la escala de producción. La medida de eficiencia así obtenida es una medida de Eficiencia Técnica Pura (ETP), libre de cualquier efecto a escala.

Modelo DEA con rendimientos crecientes a escala (BCC)

El modelo BCC fue creado por Banker, Charnes & Cooper (1984) y se construyen sobre modificaciones

La relación por cociente entre la ETG y ETP, es decir, $DB3 / DB4$, produce como resultado la eficiencia de escala (EE). Tal eficiencia puede ser interpretada como la parte de la ineficiencia presente en ETG que obedece a la escala de producción de la entidad que se evalúa, es decir, es el resultado de descontar a la ETG la ETP (Pastor, 1996). Por tanto, se tiene que:

$$ETG = ETP * EE \quad (2)$$

Modelo Probit Fraccional

Dado que las puntuaciones de eficiencia están típicamente definidas dentro del intervalo cero y uno, se propone la estimación de modelos de respuesta fraccional para datos de panel como sugerido por

Papke & Wooldridge, (2008) para explicar los niveles de eficiencia. Este modelo se estima por métodos de cuasi-verosimilitud sobre la base de una distribución Bernoulli para asegurar que los valores predichos de eficiencia se encuentren entre cero y uno. El modelo se especifica a continuación:

$$ET_{it} = \Phi(Z_{it}\beta + C_i) \quad (3)$$

Donde ET_{it} es el valor esperado de los puntajes de eficiencia para cada universidad i y momento t , Φ

denota una distribución normal acumulada estándar, β son los parámetros estimados del modelo, Z_{it} es un

vector caracterizando un conjunto de variables explicativas en esta segunda etapa y C_i corresponde a características no observadas específicas a cada institución.

Para controlar por las características individuales no observadas, Wooldridge (2010) sugiere agregar al

$$C_i = \psi + \varphi \bar{z}_i + a_i \quad (4)$$

Donde \bar{z}_i es un vector de los promedios de tiempo y $a_i \sim (0, \sigma_a)$ es un residuo con distribución normal

$$ET_{it} = \Phi (\psi + z_{it}\beta + \varphi z_i + a_i) \quad (5)$$

modelo el promedio de las variables que muestran una variación a través del tiempo, controlando así, la heterogeneidad individual de éstas, lo cual se especifica de la siguiente manera:

estándar. De esa forma, cuando incluimos la ecuación (4) en (3), el modelo queda especificado como sigue:

Datos

La investigación es de carácter cuantitativo y utiliza datos de panel de universidades chilenas pertenecientes al CRUCH. Para esta investigación se utilizaron los datos del periodo 2014 a 2017 reportados por estas instituciones al Ministerio de Educación de Chile (MINEDUC, 2019). Finalmente, el análisis se realizó con una muestra de 25 instituciones, omitiendo, en primer lugar, a la Universidad de Aysén y a la Universidad de O'Higgins, debido a que su creación es relativamente reciente, y en segundo lugar a todas las universidades privadas adscritas al sistema, principalmente debido a que aún no forman parte formalmente del CRUCH.

A partir del modelo DEA propuesto, se determinará la Eficiencia Técnica Global (ETG) y la Eficiencia Técnica Pura (ETP) teniendo una orientación a las salidas, dado que los recursos de las universidades vienen determinados por un nivel superior de administración, por tanto, los gestores orientaran sus esfuerzos a obtener mejores resultados en términos de investigación. Las variables entrada y salida se detallan a continuación:

Variables de entrada (Inputs)

- Gastos de Funcionamiento: Corresponde al total del Gasto de Administración y ventas devengados al 31 de diciembre, dividido por el número de Jornada Completa Equivalente (JCE). Dentro de su composición se encuentran gastos de investigación, entre otros (Díaz, 2005).
- Docentes con jornada completa equivalente con postgrado: Número total de Jornada Completa Equivalente (JCE) de Académicos con el grado de Doctor o Magíster por Institución durante el periodo, siendo los académicos con postgrado los principales responsables de la investigación en las universidades (Ferro, Martínez & Otero, 2009).

- Aporte fiscal directo (AFD): Monto fijado anualmente en la ley de Presupuesto del Sector Público, el cual está destinado al financiamiento de las universidades existentes al 31 de diciembre de 1980 y de las instituciones que de ella hayan derivado (González & Verdugo, 2010).
- Alumnos matriculados de programas de postgrado académico: Número total de alumnos que se encuentran oficialmente matriculados en los diferentes programas de Magíster o Doctorado en las universidades, omitiendo los programas MBA, los cuales no suelen enfocarse en el área investigativa. (Athanasopoulos & Shale, 1997).

Variables de salida (Outputs)

- Publicaciones científicas de mayor impacto: Corresponde al número de publicaciones anuales indexadas en Web of Science (WOS) y las publicaciones anuales indexadas en SCIELO pero no en Web of Science, aproximadamente un tercio de las publicaciones en SCIELO no están indexadas en WOS. (Ramírez & Alfaro, 2013; Gómez & Mancebón, 2012 y Cáceres, Kristjanpoller & Tabilo, 2014).
- Ubicación en el Ranking QS: Clasificación académica desde la perspectiva nacional de universidades chilenas dispuestas con un criterio de jerarquía, acorde con su posición original en el ranking oficial. Se plantea que la evaluación objetiva de este instrumento tiene consecuencias en la competitividad de las universidades. Extraído de la página oficial del Ranking QS. (Améstica, Gaete & Llinas-Audet, 2013). A continuación, en la tabla 1, se presenta un análisis que describe estadísticamente las dos variables de salida, y las cuatro variables de entrada utilizadas para el modelo DEA:

Tabla 1. Resumen estadístico de Inputs y Outputs para DEA

Variables	Promedio	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Nº Publicaciones de mayor impacto	345,3	504,8	9	2.341
Posición Ranking nacional	8,4	5,7	1	20
AFD M\$ Total asignado	8.436.375,8	8.456.935,1	1.345.407	40.180.468
Nº JCE Postgrado	449,4	369,7	75	1.542
M\$ Gastos adm. y ventas por JCE	21.938,9	15.625,8	6.496	86.423
Matriculados Postgrado	971,6	1.498,4	0	7.479

Fuente. elaboración propia.

Determinantes de la eficiencia

- Aporte fiscal directo (AFD)
- Gastos de Funcionamiento: Corresponde al total del Gasto de Administración y ventas devengados al 31 de diciembre, dividido por el número de Jornada Completa Equivalente (JCE).
- Matrícula Total
- JCE Doctorado / JCE Total: Variable que presenta al personal académico con formación doctoral, los cuales se espera que sean más productivos en investigaciones (Singh, 2018).
- Matrículas Doctorado / Matrículas Totales: Esta variable representa la proporción de estudiantes de doctorado en las universidades, con respecto al total, siendo potenciales agentes de investigaciones durante su formación.
- Matrículas Magíster / Matrículas Totales: Esta variable representa la proporción de estudiantes de magíster en las universidades, con respecto al total, siendo también potenciales actores de investigaciones durante su formación.
- Acreditación en investigación: Variable dicotómica que toma el valor de 1 si una institución está acreditada investigación durante el periodo estudiado, y el valor de 0 si no lo está (Farrokhyar et al., 2016).
- Región (Capital): Variable dicotómica que toma el valor de 1 si una institución pertenece a la capital de Chile, Santiago, y el valor de 0 si pertenece a otra región. (Sánchez-Barrioluengo & Benneworth, 2019).
- Programas de doctorado: Esta variable representa la cantidad de programas de doctorado que posea cada una de las universidades de la muestra, siendo éstos un posible aporte a la productividad científica (Farrokhyar et al., 2016).
- Categoría: Variable dicotómica que toma el valor de 1 si una institución es clasificada como estatal, y el valor de 0 si es privada, en busca de conocer si es relevante en la actividad investigativa de las mismas (Guironnet & Peypoch, 2018).

En esta etapa del estudio, de acuerdo con el modelo Probit fraccional para datos de panel, se agregan variables anuales para medir la evolución de los resultados en el tiempo, y el valor promedio por institución de cada variable para controlar por heterogeneidad individual. En la tabla 2 se presenta un resumen de las variables utilizadas en este estudio:

Tabla 2. Resumen estadístico de las variables para el modelo fraccional

Variables	Promedio	D. Estándar	Mínimo	Máximo
AFD M\$ Total asignado	8436375,8	8456935,1	1345407	40180468
M\$ Gastos adm. y ventas por JCE	21938,913	15625,75	6496,1268	86422,78274
Matriculados	13638,7	8326,7398	4049	38815
JCE Doctorado / JCE Total	33%	0,1166827	14%	59%
Matriculados Doctorado / Total	1%	0,0100479	0%	4%
Matriculados Magíster / Total	4%	0,0324953	0%	16%
Acreditación en Investigación	0,61	0,4902071	0	1

Variables	Promedio	D. Estándar	Mínimo	Máximo
Programas Doctorado	8,17	10,275061	0	41
Región (Capital - Región)	0,2	0,4020151	0	1
Categoría (Estatad - Privada)	0,64	0,4824182	0	1

Fuente. elaboración propia.

PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS

Resultados Eficiencia Técnica Global

Las puntuaciones de eficiencia obtenidas al emplear el modelo CRS se resumen en la tabla 3, presentada esta última a continuación, incluyendo los promedios de las 25 universidades durante los 4 años estudiados. Los resultados se ordenan de niveles de eficiencia

mayores a menores, clasificándose como Eficiente las universidades con un 100% de eficiencia promedio, con Alta Eficiencia para las que están por sobre 60%, Media Eficiencia para las que están entre 30% y 60%, y Baja Eficiencia a las que están por debajo de 30% (Fontalvo, Mendoza & Visbal, 2015):

Tabla 3. Niveles de Eficiencia de eficiencia técnica global promedio, 2014 – 2017

Nivel	Institución	Categoría	Promedio
Eficiente 32%	U. de Chile	Estatad	100%
	U. de Santiago de Chile	Estatad	100%
	U. de Valparaíso	Estatad	100%
	U. de la Frontera	Estatad	100%
	U. de Magallanes	Estatad	100%
	Pontificia U. Católica de Chile	Privada	100%
	U. de Concepción	Privada	100%
	U. Austral de Chile	Privada	100%
Alta Eficiencia 48%	U. de La Serena	Estatad	99,40%
	Pontificia U. Católica de Valparaíso	Privada	98,70%
	U. Técnica Federico Santa María	Privada	93,90%
	U. de Tarapacá	Estatad	91,20%
	U. Católica de Temuco	Privada	90,90%
	U. Católica del Norte	Privada	86,80%
	U. de Atacama	Estatad	83,50%
	U. de Antofagasta	Estatad	81,90%
	U. Católica de la Santísima Concepción	Privada	77,50%
	U. de Talca	Estatad	76,60%
	U. de Los Lagos	Estatad	75,60%
	U. del Bío Bío	Estatad	67,90%
Media Eficiencia 12%	U. Arturo Prat	Estatad	56,00%
	U. Católica del Maule	Privada	53,20%
	U. Tecnológica Metropolitana	Estatad	34,10%
Baja Eficiencia	U. de Playa Ancha	Estatad	29,70%

Nivel	Institución	Categoría	Promedio
8%	U. Metropolitana de Ciencias de la Educación	Estatal	18,80%

Fuente. elaboración propia.

Los resultados de eficiencia constante a escala promedio presentan que, durante los 4 años de estudio, se reportan 8 universidades (32%) cuya eficiencia alcanzó el 100% y 12 universidades (48%) con alta eficiencia por sobre el 60%. Por otro lado, 3 universidades (12%) obtuvieron un promedio por debajo del 60% de eficiencia y encima del 30%, clasificándose como de eficiencia media, y las últimas dos instituciones (8%) están por debajo de dicho valor, clasificándose como de baja eficiencia. Esto nos dice que, en general, las universidades chilenas tienen un alto nivel de eficiencia investigativa, lo cual se corrobora en la tabla 4.

Tabla 4. Rendimientos constantes a escala, promedios anuales periodo 2014 – 2017

Año	2014	2015	2016	2017	Promedio
Eficiencia anual	79%	86%	80%	78%	81%

Fuente. elaboración propia.

Gracias a que la gran mayoría de las instituciones obtuvieron resultados por encima del 60%, incluso habiendo 8 de ellas que tuvieron en cada año una eficiencia del 100%, el promedio de todo el conjunto en el periodo estudiado fue de 81%. Al comparar dicho valor con otros estudios relacionados, y considerando que los periodos no coinciden exactamente con el periodo estudiado en este trabajo, se puede señalar que Chile se encuentra con una eficiencia superior a Estados Unidos en el año 2012 (Guironnet y Peypoch, 2018) y a China en los años 2010 a 2013 de acuerdo con Yang, Fukuyama y Song (2018), pero es inferior a países como España, donde se tuvo menos del 10% de ineficiencia durante el periodo 2006 a 2010 (Bergal-Mirabent, 2018), y a Colombia considerando la medición en el año 2012 (Visbal-Cadavid, Martínez-Gómez y Guijarro, 2017).

Con respecto a la evolución de la evaluación de las instituciones, se observa que la eficiencia aumentó en gran medida para el año 2015, en donde tuvo su mejor resultado en todo el periodo estudiado (86%), período desde el cual comienza una disminución de la eficiencia llegando a un 78% en el año 2017, siendo éste su año con menor eficiencia promedio.

La tabla 5 realiza una comparación entre los dos tipos de universidades, estatales y privadas. Al resumir los resultados, se puede observar que las universidades estatales tuvieron, en general, valores inferiores de eficiencia que las privadas, en cada uno de los años estudiados. Eso permitió que el promedio general obtenido tuviera una diferencia de 13% entre ambos tipos de instituciones, dejando a las estatales con 76% de eficiencia, y a las privadas con un 89% promedio.

Tabla 5. Comparación de eficiencias constantes a escala, universidades estatales versus privadas, periodo 2014 – 2017

Año	2014	2015	2016	2017	Promedio
Eficiencia Estatal	74%	81%	77%	73%	76%
Eficiencia Privada	87%	95%	87%	86%	89%

Fuente. elaboración propia.

Resultados Eficiencia Técnica Pura

Las puntuaciones de eficiencia promedio obtenidas al emplear el modelo VRS se muestran en la tabla anexa 2

y en la tabla 6. Para tal efecto se empleó la clasificación sugerida por Fontalvo, Mendoza y Visbal (2015):

Tabla 6. Niveles de eficiencia técnica pura promedio periodo 2014 – 2017

Nivel	Institución	Categoría	Promedio
Eficientes 48%	U. de Chile	Estatal	100%
	U. de Santiago de Chile	Estatal	100%
	U. de Valparaíso	Estatal	100%
	U. de la Frontera	Estatal	100%
	U. de Magallanes	Estatal	100%
	U. de Atacama	Estatal	100%
	Pontificia U. Católica de Chile	Privada	100%
	U. de Concepción	Privada	100%
	Pontificia U. Católica de Valparaíso	Privada	100%
	U. Técnica Federico Santa María	Privada	100%
	U. Austral de Chile	Privada	100%
	U. Católica de la Santísima Concepción	Privada	100%
Alta Eficiencia 44%	U. de La Serena	Estatal	99,40%
	U. Católica de Temuco	Privada	97,00%
	U. Católica del Norte	Privada	94,20%
	U. de Tarapacá	Estatal	92,00%
	U. de Talca	Estatal	89,70%
	U. de Antofagasta	Estatal	87,00%
	U. de Los Lagos	Estatal	79,00%
	U. del Bío Bío	Estatal	74,70%
	U. Metropolitana de Ciencias de la Educación	Estatal	63,90%
	U. Católica del Maule	Privada	62,10%
	U. Arturo Prat	Estatal	60,20%
Media Eficiencia 8%	U. Tecnológica Metropolitana	Estatal	39,50%
	U. de Playa Ancha	Estatal	30,40%

Fuente. elaboración propia.

Similarmente a los resultados de eficiencia para el caso de rendimientos constantes a escala, las universidades de la muestra parecen mostrar eficiencias variadas, pero con una mayor proporción de ellas en valores altos de eficiencia, aunque se observan nuevamente un importante número de instituciones por debajo del percentil 60%. En este modelo más flexible, se obtienen un mayor número

de universidades en niveles altos de eficiencia investigativa, comprendiendo un 92% del grupo de instituciones analizadas.

Para conocer la situación actual general de las universidades del país, se calculan los promedios anuales de todos los resultados obtenidos con este modelo, las cuales se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Niveles de eficiencia técnica pura promedio periodo 2014 – 2017

Año	2014	2015	2016	2017	Promedio
Eficiencia anual	88%	91%	85%	83%	87%

Fuente. elaboración propia.

Se puede observar que, teniendo una tendencia similar al modelo de rendimientos constantes a escala, el año 2015 fue el que tuvo una mejor eficiencia en promedio, obteniendo una evaluación del 91%, y, por otro lado, el año 2017 fue el que tuvo la calificación más baja, siendo ésta de un 83%. El promedio general del periodo estudiado fue de un 87%, siendo éste un valor bastante

elevado, y levemente superior al modelo que asume rendimientos constantes de escala.

Por último, en la tabla 8 se lleva a cabo una comparación entre las universidades estatales y privadas, teniendo en cuenta sus promedios de eficiencia durante los 4 años de estudio.

Tabla 8. Comparación de eficiencias variables a escala por tipo de universidad

Año	2014	2015	2016	2017	Promedio
Eficiencia Estatal	83%	88%	79%	78%	82%
Eficiencia Privada	96%	96%	95%	92%	95%

Fuente. elaboración propia.

Al comparar ambos tipos de instituciones, se tienen niveles de eficiencia promedio más altos que el modelo DEA CRS, con un leve aumento de las universidades estatales, desde un 76% en el modelo anterior, a un 78% promedio con rendimientos variables a escala. Las universidades privadas también obtuvieron mejores resultados, pasando de un 89% obtenido en el modelo anterior, a un valor de 95% cuando considerando rendimientos variables a escala. De esa forma, la brecha en eficiencia investigativa entre ambos tipos

de universidades se mantiene en torno al 13%, lo que demuestra que, en general, las universidades privadas tienen un mejor rendimiento que las estatales, independiente del modelo DEA utilizado.

Factores determinantes de la eficiencia investigativa

Con respecto a los determinantes de los niveles de eficiencia, la tabla 9 muestra los resultados de una serie de regresiones utilizando el modelo Probit Fraccional, para un conjunto de especificaciones.

Tabla 9. Resultados Probit Fraccional

VARIABLES	1 CRS	2 CRS	3 CRS	4 CRS	5 CRS	6 CRS	7 CRS
	2.38e-07***	2.40e-07**	1.81e-07**	2.98e-07***	2.19e-07***	2.17e-07***	2.35e-07***
AFD Total	(7.79e-08)	(1.15e-07)	(8.14e-08)	(1.00e-07)	(7.59e-08)	(6.55e-08)	(8.38e-08)
	8.73e-06	2.87e-05	2.15e-05	9.11e-06	2.57e-06	6.55e-06	6.01e-06
Gastos / JCE	(2.61e-05)	(3.00e-05)	(2.59e-05)	(2.94e-05)	(2.97e-05)	(2.42e-05)	(2.58e-05)
	-0.000109	-0.000215	-0.000130	-0.000173	-8.30e-05	-9.91e-05	-8.45e-05
Matriculados	(0.000143)	(0.000131)	(0.000145)	(0.000129)	(0.000130)	(0.000135)	(0.000136)
	4.134**	5.025**	4.139*	4.767***	4.257**	4.291**	4.728**
JCE Doctorado / JCE Total	(1.852)	(2.489)	(2.350)	(1.652)	(1.688)	(2.033)	(2.057)
	-148.1***			-192.2***	-167.9***	-134.2***	-159.8***
Matrículas Doct. / Total	(45.36)			(51.86)	(52.95)	(50.59)	(38.64)
	-10.38***		-12.21***		-8.206**	-8.920***	-11.30***
Matrículas Mag / Total	(3.657)		(3.389)		(3.444)	(3.358)	(3.913)
	0.184	0.137	0.210	0.132	0.128		0.161
Acreditación Investigación	(0.267)	(0.253)	(0.260)	(0.266)	(0.263)		(0.265)
	-1.362***	-1.352***	-1.398***	-1.278***		-1.412***	-1.383***
Región (Capital)	(0.307)	(0.468)	(0.309)	(0.434)		(0.310)	(0.328)
	-0.0383	-0.149**	-0.147***	-0.00839	0.00312	-0.0340	

Programas Doctorado	(0.0607)	(0.0656)	(0.0458)	(0.0678)	(0.0622)	(0.0626)	
	-0.338	-0.425	-0.480	-0.208	-0.138	-0.231	-0.705**
Categoría (Es- total-Privada)	(0.320)	(0.304)	(0.322)	(0.345)	(0.471)	(0.283)	(0.322)
	0.247	0.203	0.201	0.274	0.230	0.264	0.236
2015	(0.175)	(0.193)	(0.184)	(0.179)	(0.161)	(0.173)	(0.167)
	-0.0904	-0.0871	-0.121	-0.0512	-0.0911	-0.0581	-0.104
2016	(0.115)	(0.143)	(0.122)	(0.130)	(0.0999)	(0.120)	(0.104)
	-0.310*	-0.287	-0.344*	-0.256	-0.305*	-0.272*	-0.334**
2017	(0.172)	(0.212)	(0.180)	(0.205)	(0.159)	(0.163)	(0.160)
	2.634**	3.548***	2.956***	2.918***	1.026	2.112**	3.162***
Constant	(1.030)	(0.997)	(0.979)	(1.088)	(1.531)	(0.979)	(1.009)
Observations	100	100	100	100	100	100	100

Fuente. elaboración propia.

Los resultados de la regresión señalan que, en primer lugar, el AFD resulta ser uno de los principales factores que influyen en la eficiencia de las universidades (valor positivo y significativo), posiblemente al tratarse de fondos con los que se pueden facilitar las actividades investigativas. Algo similar ocurre con la proporción de doctores contratados, en comparación al total de académicos de las instituciones, el cual obtuvo un resultado positivo y significativo independiente de la especificación asumida. Este resultado puede explicarse gracias al recurso intelectual que representa un investigador con doctorado, quien puede tener una mejor formación en investigación, permitiéndole, en general, tener un mejor desempeño en actividades de investigación.

Uno de los factores que influyen de forma negativa y significativa a la eficiencia de las universidades es la proporción de estudiantes de magister y de doctorado con respecto a los estudiantes totales. Este resultado podría explicarse por el hecho que, a pesar de existir una mayor cantidad de alumnos de postgrado en las universidades, y eventualmente, investigadores, los recursos humanos y financieros deben ser repartidos entre un mayor número de estudiantes, lo que podría dificultar obtener resultados en productividad científica destacados. Los resultados

también señalan que las universidades localizadas en la capital obtienen puntuaciones más bajas en relación con las universidades de regiones.

Lo anterior podría parecer contraintuitivo ya que se espera que las universidades en la Región metropolitana tengan mayor acceso a recursos intelectuales y mejores redes académicas, lo que facilitaría la productividad científica. Sin embargo, al observar los resultados de eficiencia de las universidades de Santiago, se puede apreciar que, si bien tres de ellas fueron clasificadas como eficientes, las dos restantes, la Universidad Tecnológica Metropolitana y la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, fueron clasificadas como Media y Baja eficiencia, respectivamente, siendo esta última la universidad que obtuvo el desempeño más bajo del conjunto. Por lo tanto, se puede señalar que existe una alta heterogeneidad con respecto al desempeño investigativo en la capital del país, en donde, si bien puede haber instituciones que aprovechan el entorno más desarrollado en el que se encuentran y obtienen mejores resultados de producción científica, también se encuentran algunas que no demuestran tener ese nivel de eficiencia.

CONCLUSIÓN

Después de aplicar el método DEA para la muestra de universidades chilenas entre los años 2014 a 2017, los resultados permiten concluir niveles de eficiencia técnica altos en el sistema universitario chileno,

con una proporción importante de universidades mostrando puntajes cercanos al 100%. Lo anterior sugiere que las universidades presentan un buen nivel de desempeño en cuanto al uso y manejo de los

recursos destinados a las actividades investigativas. Considerando que son las universidades quienes principalmente desempeñan las labores de investigación en Chile, este estudio permite concluir que la función de creación de conocimiento canalizada a través de la investigación está siendo llevada a cabo de manera eficiente con los recursos existentes.

Los resultados también muestran niveles de eficiencia diversos entre instituciones, presentando su mejor puntuación promedio en el año 2015, año desde el cual los niveles de eficiencia han descendido. Esta situación merece especial atención y es digna de investigar en un futuro.

Una tercera conclusión del modelo es que, en general, las universidades privadas tuvieron una más alta eficiencia investigativa que las estatales, lo que puede ser señal de una mayor flexibilidad en su gestión o una mayor cantidad de recursos, así como una mayor importancia a los aspectos de gestión, puesto que cuentan con financiamiento privado. Sin embargo, también hay que tener presente la cantidad de la muestra, existiendo casi el doble de universidades estatales con respecto a las privadas, lo que permitió que existiera una mayor probabilidad de que las primeras tuvieran resultados más variados, incluyendo aquellos con una baja eficiencia.

En relación a los factores que explican las puntuaciones de eficiencia, los resultados del modelo

probit fraccional sugieren que tanto el AFD asignado a las universidades, como la cantidad de académicos con doctorado trabajando en ellas, influyen de forma positiva y significativa en la eficiencia de la investigación, mientras que la proporción de estudiantes de postgrado, tanto de doctorado como de magíster, y la ubicación geográfica de la institución dentro de la capital del país, son factores que influyen de forma negativa y significativa en la eficiencia en la producción científica.

Los resultados de este estudio son relevantes ya que contribuyen a generar indicadores de gestión de las universidades en relación con su producción científica, considerando que son las universidades en Chile las que aportan mayoritariamente en esta función. Teniendo conocimiento de la situación actual en la que se encuentran con respecto a su actividad investigativa, las universidades serán capaces de tomar acciones al respecto y así buscar mejorar sus resultados para eliminar las ineficiencias que pudieran tener. Por otro lado, entre las principales limitaciones que presenta este trabajo es su foco exclusivo en la productividad científica, ya que las universidades son instituciones multiproducto (King-Domínguez, Backhouse & Améstica-Rivas, 2020), y es posible que algunas instituciones no estén tan enfocadas en investigación y, por ende, dedican más recursos hacia las actividades de docencia, lo que lógicamente podría generar ineficiencias en la generación de conocimiento.

REFERENCIAS

- Abbott, M. & Doucouliagos, C. (2003) The efficiency of Australian universities: a data envelopment analysis. *Economics of Education Review*, 22 (1), 89-97.
- Alcaraz-Ochoa, D. & Bernal-Domínguez, D. (2017) Evaluación de la eficiencia técnica de las Universidades Públicas Estatales (UPE) del noroeste de México mediante Análisis Envolvente de Datos (DEA). *Nova Scientia*, 9(19), 393-410.
- Álvarez, R. & Crespi, G. A. (2015) Heterogeneous effects of financial constraints on innovation: Evidence from Chile. *Science and Public Policy*, 42 (1), 711-724.
- Améstica, L.; Gaete, H. & Llinàs-Audet, X. (2014). Segmentación y clasificación de las universidades en Chile: desventajas de inicio y efectos de las políticas públicas de financiamiento. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 22 (3), 384-397.
- Athanassopoulos, A. & Shale, E. (1997). Assessing the comparative efficiency of higher education institutions in the UK by means of data envelopment analysis. *Education Economics*, 5 (2), 117-134.
- Ayaviri, V. & Zamora, G. (2016) Medición de la eficiencia en las Universidades. Una propuesta metodológica. *Revista Perspectivas*, (37), 7-22.
- Babić, D.; Kutlača, Đ.; Živković, L.; Štrbac, D.; & Semenčenko, D. (2016) Evaluation of the quality of scientific performance of the selected countries of Southeast Europe. *Scientometrics*, 106 (1), 405-434.
- Baker, D. (2007) Mass higher education and the super research university. *International Higher Education*, 49, 9-10.
- 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.
- Berbegal-Mirabent, J. (2018) The influence of regulatory frameworks on research and knowledge transfer outputs: An efficiency analysis of Spanish public universities. *Journal of Engineering and Technology Management*, 47, 68-80.

- Bernasconi, A. (2015) Inclusion programs at elite universities: The case of Chile. *Mitigating Inequality: Higher Education Research, Policy, and Practice in an Era of Massification and Stratification*, 303-310. DOI: 10.1108/S1479-358X2015000011018
- Bernasconi, A. & Celis, S. (2017) Higher education reforms: Latin America in comparative perspective. *Education Policy Analysis Archives*, 25 (67), 1-11.
- Buitrago, O.Y.; Espitia, A.A. & Molano, L. (2017) Análisis envolvente de datos para la medición de la eficiencia en instituciones de educación superior: una revisión del estado del arte. *Revista Científica General José María Córdova*, 15 (19), 147-173.
- Busco, C.; Dooner, C. & D'Alencon, A. (2018) Universidad de Chile: self-assessment and its effects on university's management. *Higher Education*, 75 (3), 431-447.
- Cáceres, H.; Kristjanpoller, W. & Tabilo, J. (2014) Análisis de la eficiencia técnica y su relación con los resultados de la evaluación de desempeño en una Universidad Chilena. *Innovar*, 24 (54), 199-217.
- Charnes, A.; Cooper, W. W. & Rhodes, E. (1978) Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 2 (6), 429-444.
- Chuanyi, W.; Xiaohong, L. & Shikui, Z. (2016) The Relative Efficiencies of Research Universities of Science and Technology in China: Based on the Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12 (10), 2753-2770.
- Díaz, A.S. (2005) Análisis de la eficiencia técnica en la Educación Secundaria. *Estudios de economía aplicada*, 23 (2), 299-322.
- Farrokhyar, F.; Bianco, D.; Dao, D.; Ghert, M.; Andruszkiewicz, N.; Sussman, J. & Ginsberg, J. S. (2016). Impact of research investment on scientific productivity of junior researchers. *Translational Behavioral Medicine*, 6 (4), 659-668.
- Fell, C.B. & König, C.J. (2016). Is there a gender difference in scientific collaboration? A scientometric examination of co-authorships among industrial-organizational psychologist. *Scientometrics*, 108 (1), 113-141.
- Ferro, C.; Martínez, A.I. & Otero M.C. (2009) Ventajas del uso de las TICs en el proceso de enseñanza-aprendizaje desde la óptica de los docentes universitarios españoles. *Revista electrónica de Tecnología educativa*, 29, a119.
- Fontalvo, T.; Mendoza, A. & Visbal, D. (2015). Comparative analysis of financial efficiency: a case study of BASC sector in Barranquilla. *Prospect*, 13 (2), 16-24.
- Gómez, J. M. & Mancebón, M. J. (2012) La evaluación de la eficiencia de las universidades públicas españolas: En busca de una evaluación neutral entre áreas de conocimiento. *Presupuesto y gasto público*, 67 (1), 43-70.
- González, M. & Verdugo, G. (2010) Análisis de eficiencia y productividad de las universidades chilenas mediante análisis y encapsulamiento de datos. *Revista Aporte Santiaguino*, 3 (2), 245-256.
- Guironnet, J. P. & Peypoch, N. (2018) The geographical efficiency of education and research: The ranking of U.S. universities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 62, 44-55.
- Hamanaka, T.D. & De Freitas, M. (2017). Impact evaluation for University-Business Cooperation and Technology Transfer in higher education systems: cluster analysis. *Production*, 27(spe), 1-15.
- Guzmán-Valenzuela, C. (2016) Unfolding the meaning of public(s) in universities: toward the transformative university. *Higher Education*, 71 (5), 667-679.
- Halevi, G.; Moed, H. F. & Bar-Ilan, J. (2016) Researchers' Mobility, Productivity, and Impact: Case of Top Producing Authors in Seven Disciplines. *Publishing Research Quarterly*, 32 (1), 22-37.
- Hollingsworth, B.; Dawson, P. J. & Maniadakis, N. (1999) Efficiency measurement of health care: a review of non-parametric methods and applications. *Health care management science*, 2 (3), 161-172.
- King-Domínguez, A.; Backhouse Erazo, P. & Améstica-Rivas, L. (2020) Deserción y graduación. Midiendo la eficiencia de las universidades estatales en Chile. *Mendive Revista de Educación*, 18(2), 326-335.
- Mineduc (2019). *Informe SIES- Sistema de Información de la Educación Superior*, Mineduc. Retrieved from www.mineduc.cl
- Moncayo-Martínez, L. A.; Ramírez-Nafarrate, A. & Hernández-Balderrama, M. G. (2020) Evaluation of public HEI on teaching, research, and knowledge dissemination by Data Envelopment Analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, 69, 100718.
- Moreno-Brid, J.C. & Ruiz-Nápoles, P. (2010) La educación superior y el desarrollo económico en América Latina. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 1 (1), 171-188.
- OECD (2018). *OECD Economic Surveys: Chile 2018*. OECD Publishing.
- Papke, L.E. & Wooldridge, J. M. (2008) Panel data methods for fractional response variables with an application to test pass rates. *Journal of Econometrics*, 145 (1-2), 121-133.
- Pastor, J.T. (1996) Translation invariance in data envelopment analysis: A generalization. *Annals of Operations Research*, 66 (2), 91-102.
- Quezada-Hofflinger, Á. & Vallejos-Romero, A. (2018) Producción científica en Chile: las limitaciones del uso de indicadores de desempeño para evaluar las universidades públicas. *Revista Española de Documentación Científica*, 41 (1), e195.
- Ramírez, P.E. & Alfaro, J.L. (2013). Evaluación de la eficiencia de las universidades pertenecientes al consejo de rectores de las universidades chilenas: Resultados de un análisis envolvente de datos. *Formación Universitaria*, 6 (3), 31-38.
- Sagarra, M.; Mar-Molinero, C. & Agasisti, T. (2017) Exploring the efficiency of Mexican universities: Integrating data envelopment analysis and multidimensional scaling. *Omega*, 67, 123-133.

- Sánchez-Barrioluengo, M. & Benneworth, P. (2019) Is the entrepreneurial university also regionally engaged? Analysing the influence of university's structural configuration on third mission performance. *Technological Forecasting and Social Change*, 141 (1), 206-218.
- Sickles, R. C. & Zelenyuk, V. (2019) *Measurement of Productivity and Efficiency*. Cambridge University Press.
- Singh, V. (2018) Comparing research productivity of returnee-PhDs in science, engineering, and the social sciences. *Scientometrics*, 115 (3), 1241-1252.
- Sinuany-Stern, Z.; Mehrez, A. & Barboy, A. (1994) Academic department's efficiency via DEA. *Computers & Operations Research*, 21 (5), 543-556.
- Visbal-Cadavid, D.; Martínez-Gómez, M. & Guijarro, F. (2017) Assessing the efficiency of public universities through DEA. A case study. *Sustainability*, 9 (8), 1416, 1-19.
- Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. P. MIT, Ed., second edición.
- Yang, G.L.; Fukuyama, H. & Song, Y.Y. (2018) Measuring the inefficiency of Chinese research universities based on a two-stage network DEA model. *Journal of Informetrics*, 12 (1), 10-30.