

ARTÍCULO

Determinando la eficiencia en docencia e investigación en las universidades mexicanas

Determining efficiency in teaching and research in Mexican universities

ANGÉLICA MARÍA VÁZQUEZ ROJAS, EDUARDO RODRÍGUEZ
JUÁREZ Y MARIBEL GONZÁLEZ CADENA

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Correo electrónico: angelica_vazquez4048@uaeh.edu.mx

Recibido el 03 de julio de 2019; aprobado el 11 de noviembre de 2020

RESUMEN

Actualmente el sector universitario ha puesto especial énfasis en la búsqueda de la eficiencia, la equidad y la calidad de los servicios prestados a la sociedad, debido al mayor rendimiento que exige la cada vez más competitiva sociedad del conocimiento. El contexto universitario mexicano refleja cambios importantes durante las dos primeras décadas del siglo XXI. En este trabajo se evalúa la eficiencia técnica de las universidades mexicanas mediante el Análisis Envoltante de Datos, encontrando que el treinta y tres por ciento de estas instituciones son eficientes, y su desempeño docente e investigador se incrementa en el periodo de estudio.

PALABRAS CLAVE

Eficiencia; Educación superior; Análisis Envoltante de Datos; Eficiencia técnica; México

ABSTRACT

Currently the university sector has placed special emphasis on the search for efficiency, equity and quality of services provided to society,

due to the higher performance required by the increasingly competitive knowledge society. The Mexican university context reflects important changes during the first two decades of the 21st century. In this paper, the technical efficiency of Mexican universities is evaluated through Data Envelopment Analysis, finding that thirty-three percent of these institutions are efficient, and their teaching and research performance increases during the study period.

KEYWORDS Efficiency; Higher education; Data envelopment analysis; Technical efficiency; Mexico

INTRODUCCIÓN

En las dos últimas décadas, el Sistema Universitario Mexicano (SUM) se ha encaminado hacia la búsqueda de la mejora de su rendimiento/desempeño, algunas veces motivado por el gobierno federal y otras por los gobiernos estatales. Ese cambio inició en los años noventa, cuando la educación superior sufrió reformas estrechamente relacionadas con las transformaciones del pacto entre el Estado nacional, la sociedad civil y los sistemas educativos. Y durante las dos primeras décadas del siglo XXI el sector educativo superior manifiesta cambios importantes resultado del modelo neoliberal, así como del establecimiento de nuevas políticas públicas. La evaluación de las universidades como instituciones innovadoras es primordial (Mollis, 2014).

En este sentido el SUM cambió de un modelo basado en la actividad de docencia fundamentalmente a otro que combina la enseñanza e investigación. Mediante el presente análisis empírico se pretende examinar la eficiencia técnica ajustada por la función de producción separada (docencia e investigación) y por homogeneidad para 33 universidades públicas estatales (UPES) mexicanas en los años 2010 y 2015, utilizando la técnica Análisis Envolvente de Datos.

En los últimos años a nivel mundial, un aumento de la atención en el rendimiento de las Instituciones de Educación Superior (en adelante, IES) ha estimulado los estudios que evalúan resultados de las universidades en el mundo académico. Por ejemplo, una serie de estudios sobre la eficiencia de los centros de enseñanza superior en el Reino Unido (Johnes y Johnes, 1993, 1995; Beasley, 1995; Athanassoupoulos y Shale, 1997; Flegg *et al.* 2004; Johnes *et al.* 2005; Johnes, J. 2006; Thanassoullis *et al.* 2011, entre otros) seguido de las medidas de política adoptadas por el gobierno británico destinado en el uso de indicadores de desempeño para la asignación de fondos públicos.

Del mismo modo, las medidas de política en Australia propuestas a aumentar la eficiencia en la educación superior desde la década de 1980, tales como la consolidación

de las IES en un número menor de grandes universidades y la introducción de asignación competitiva de fondos para la investigación, que también ha incrementado los estudios que evalúan la eficiencia de las instituciones de educación superior (Coelli *et al.* 1998; Madden, Savage, y Kemp, 1997; Avkiran, 2001; Abbott y Doucouliagos, 2003). Por otra parte, estudios similares también están disponibles para otros países - por ejemplo, España (Gómez Sancho, 2005; Duch, 2006, Duch y Parrellada, 2006; Hernández *et al.* 2007, Agasisti y Pérez Esparrells, 2010, Vázquez, 2011, De la Torre, 2016), Italia (Agasisti y Dal Bianco, 2006), Brasil (Marinho, Resende y Façanha, 1997), China (Ng y Li 2000; Johns y Yu, 2008), Portugal (Afonso y Santos, 2008), y Taiwán (Kao y Hung 2008), Alemania (Gralka, Wohlrabe y Bornmann, 2018).

Para el caso de México, Sigler (2004) analiza la eficiencia de los centros de investigación económica en la Ciudad de México; Becerril-Torres, Álvarez-Ayuso y Nava-Rogel (2012) evalúan el subsector de escuelas de educación superior y determinan la frontera tecnológica de las entidades federativas; Navarro, Gómez y Torres (2016) analizan la eficiencia de 32 universidades públicas; Alcaraz-Ochoa y Bernal-Domínguez (2017) evalúan la eficiencia técnica de ocho universidades del noroeste de México.

Tras la introducción, este trabajo está organizado en los siguientes cuatro apartados: una revisión de literatura sobre aplicación de la técnica DEA en la educación superior, una descripción del diseño de la investigación para aplicar el DEA, la estimación empírica de la eficiencia técnica en las UPES mexicanas y la correspondiente conclusión.

REVISIÓN DE LITERATURA SOBRE EVALUACIÓN DE EFICIENCIA EN EDUCACIÓN SUPERIOR, MEDIANTE LA TÉCNICA DEA

Estudios a nivel internacional

A partir de los años ochenta, es cuando diversos autores efectúan ciertas aplicaciones de la metodología DEA a las instituciones de educación superior. Desde esos tiempos y hasta la actualidad, la aplicación de la técnica envolvente de datos ha sido continua, aunque no tan constante.

A medida que se tienen avances, se han adoptado nuevas herramientas y el problema se ha abordado de distintas formas. La aplicación de la técnica DEA en el ámbito internacional, ha predominado en el análisis a nivel institucional y un poco menos por departamentos universitarios.

En relación a la técnica DEA y su aplicación en los departamentos universitarios se diferencian entre aquellos que comparan áreas de conocimiento entre diversas universidades, y los que comparan departamentos dentro de la misma universidad. En 1988 se publica el trabajo de Tomkins y Green donde se evalúa la eficiencia global de 20 departamentos de contabilidad en Gran Bretaña. En los trabajos de Beasley (1990 y 1995) se comparan

los niveles de eficiencia productiva alcanzados por 52 y 50 departamentos de Química y Física, respectivamente; además, el segundo estudio busca determinar la eficiencia en investigación y enseñanza conjuntamente, utilizando restricciones ponderadas.

En 1993 Johnes, G. y Johnes, J¹., exploran varios modelos para medir la eficiencia técnica en 36 departamentos de economía del Reino Unido y en 1995 Johnes, G. amplía su estudio para 60 departamentos. En 1995 Pina y Torres, para el caso español evalúan 22 departamentos de contabilidad en el curso 1991-1992. Sarafoglou y Haynes en 1996 efectúan un estudio para los departamentos de economía y empresa en 7 universidades de Suecia. Madden, Savage y Kemp (1997) evalúan la eficiencia en los departamentos de economía en 24 de las universidades australianas. En 2003 Martínez Cabrera evalúa la eficiencia de 23 departamentos de análisis económico en el curso 1994-1995, para las universidades españolas. Çokgezen (2009) evalúa la eficiencia técnica a nivel de facultades de economía comparando instituciones públicas y privadas en Turquía.

Respecto a las aplicaciones del DEA donde comparan departamentos pertenecientes a una misma universidad, destaca el artículo de Sinuany-Stern, Mehrez y Barboy (1994) que evalúan la eficiencia relativa de 21 departamentos académicos en la Universidad Ben-Gurion en Israel², entre otros. Para el caso español, en 1999, García Valderrama y Gómez Aguilar, evalúan 21 grupos de investigación de la facultad de ciencias de la Universidad de Cádiz. En 2002, Trillo del Pozo realiza su estudio para 34 departamentos de la Universidad Politécnica de Cataluña. En 2000 Caballero *et al.* aplican el DEA para la Universidad de Málaga, para el mismo año, Castrodeza y Peña estudian la eficiencia en la Universidad de Valladolid. En 2004, Giménez y García aplican la técnica a 42 departamentos de la Universidad Autónoma de Barcelona. Para el 2005, Martín Rivero estudia la eficiencia en la asignación de recursos en la Universidad de la Laguna. En 2007, De Asís Díez analiza la eficiencia de los departamentos universitarios de la Universidad de Sevilla. Y en 2008, Martín Vallespín analiza el rendimiento en docencia e investigación de 52 departamentos de la Universidad de Zaragoza.

Por otro lado, los estudios que han utilizado la técnica DEA para investigar la eficiencia relativa de las universidades, en un primer momento, intentaron discernir si eran más eficientes las universidades públicas o las privadas. En 1988, Ahn, Charnes y Cooper examinaron la eficiencia de las universidades estadounidenses, donde resultaron más eficientes las públicas que las privadas. Cabe resaltar que ellos optaron por agrupar las universidades entre aquellas que tenían o no facultades de medicina, justificándolo por su elevado coste. En 1989, dichos autores comparan entre sí IES en el estado de Texas. En 1993, Rhodes y Southwick para el caso estadounidense observaron que las universidades

¹ Estos autores discuten los potenciales problemas en la elección de inputs y outputs. Así también, proveen una buena guía sobre la interpretación de resultados de eficiencia.

² Un desglose detallado sobre la literatura internacional donde se evalúan centros y departamentos se puede encontrar en Gómez Sancho (2005).

privadas eran más eficientes que las públicas. En 1993, Ahn junto a Seiford abren la discusión sobre cómo medir la eficiencia de las universidades, al mismo tiempo comprueban la robustez de los resultados al emplear diferentes especificaciones de los modelos y variando las variables utilizadas, además resultó que las instituciones públicas emergieron como más eficientes que algunas privadas.

A continuación, abordamos los trabajos que han evaluado la eficiencia de las universidades de un mismo país. En la década de los años noventa destacaron: Breu y Raab (1994) que miden la eficiencia relativa de las 25 universidades mejor situadas en los rankings de los Estados Unidos (según el ranking *US News and World Report*). En 1997, Athanassopoulos y Shale examinan la eficiencia comparativa entre costes y resultados de 45 universidades en el Reino Unido. También en el mismo año, Sarrico *et al.* evaluaron 90 instituciones de educación superior del Reino Unido. En 1997, Marinho, Resende y Façana estudian a las universidades federales brasileñas. En 1998, Hanke y Leopoldseder realizan un estudio de eficiencia para el caso de las universidades austriacas. El trabajo de McMillan y Datta (1998) está referido a las universidades canadienses. En 1998, Coelli reportó sus intentos de medir el rendimiento de la Universidad de New England relativo a otras 35 universidades australianas.

En la primera década del siglo XXI, se registran diversos estudios destacando: en el año 2000, Ng y Li examinan la eficacia de la reforma educativa aplicada a mediados de 1980 en China, efectuando un estudio sobre la eficiencia de la investigación de 84 instituciones de educación superior chinas. En 2001, Avrikan investiga la eficiencia técnica y de escala de 36 universidades públicas australianas. En 2003, Abbott y Doucouliagos efectúan un estudio para las universidades públicas australianas, aplicando el DEA para todas las universidades públicas en conjunto, así también fueron analizadas por separado teniendo en cuenta la agrupación por rankings bajos y altos, por tipo de universidades según fuesen regionales o urbanas, por clusters estadísticos y otra agrupación que se basa en la distinción CAE (*Colleges of Advanced Education-University*).

En 2004, Taylor y Harris analizan la eficiencia relativa entre las universidades sudafricanas. Agasisti y Dal Bianco, en 2006, estudian la eficiencia técnica del sistema universitario italiano. Afonso y Santos, en 2008, estiman la eficiencia productiva de las universidades públicas portuguesas con datos relativos al año de 2003. Johnes y Yu realizan un estudio para las instituciones de educación superior chinas en el año 2008. Para el caso de España, Gómez Sancho (2005); Duch (2006); Parrellada y Duch (2006); Hernández *et al.* (2007); Vilalta Ferrer y Guillén Martínez (2009); Duch-Brown y Vilalta (2010) analizan la eficiencia técnica de las universidades españolas, por lo común, dichos análisis DEA consideran sólo un año de estudio.

En esta primera década cobraron importancia los trabajos que estudian en conjunto la eficiencia y la productividad de las universidades para un país, utilizando como metodología base el Análisis Envolvente de Datos. En 2005, Worthington y Lee estudian la

eficiencia, tecnología y el cambio en la productividad en las universidades australianas para 1988-2003. También en el mismo año, Johnes, G. *et al.* evalúan la eficiencia relativa para 121 IES británicas y para cuatro subgrupos (Pre-1992 universidades sin escuelas de medicina, Pre-1992 universidades con escuelas de medicina, Post-92 universidades, y Colegios SCOP) entre 2000/01 y 2002/03, mediante la técnica DEA con una orientación input y output. Como se ha comprobado, el análisis de eficiencia y rendimiento de la educación superior universitaria se ha aplicado usualmente a universidades en un país. Sin embargo, Joumady y Ris (2005) reportan resultados para varios países europeos (Austria, Finlandia, Francia, Alemania, Italia, los Países Bajos, España y Reino Unido), sobre la base de datos de encuestas.

Cabe mencionar también la aplicación de la técnica DEA para evaluar la eficiencia entre sistemas de universidades comparando dos países. Para el año 2009, Abbott y Doucouliagos realizan un estudio sobre competencia y eficiencia en las universidades en Australia y en Nueva Zelanda. En 2009, Agasisti y Johnes evalúan la eficiencia técnica relativa de instituciones de educación superior inglesas e italianas. En 2010, Agasisti y Pérez Esparrells evalúan la eficiencia técnica entre las universidades públicas de España (sistema descentralizado) e Italia (sistema centralizado).

Ya en la segunda década, se tienen estudios como: Thanassoullis *et al.* (2011) evalúan la eficiencia relativa mediante la técnica DEA con orientación input a las Instituciones de Educación Superior en Inglaterra para evaluar su estructura de costes, eficiencia y productividad; Vázquez (2011, 2016) evalúa la eficiencia técnica y la productividad de 47 universidades públicas presenciales españolas, con un enfoque dinámico; De la Torre (2016) analiza la eficiencia de las universidades públicas españolas; Gralka, Wohlrabe y Bornmann (2019) examinan la eficiencia de 72 universidades públicas alemanas en términos del producto de investigación medido en subsidios para la investigación, y como publicaciones.

Como se evidencia, la aplicación del DEA en el contexto internacional para el sector universitario ha sido mucho más prolífica a nivel institucional que en el caso de los departamentos. Dichos trabajos de estimación de eficiencia técnica están configurando un primer avance necesario, tanto en términos positivos porque manifiestan un “*benchmarking*” de eficiencia de las instituciones estudiadas, principalmente universidades públicas, como en términos normativos, al proporcionar información en la definición de políticas públicas en el ámbito de la educación superior (Pérez Esparrells y Gómez Sancho, 2010).

Estudios a nivel latinoamerica

En este apartado se realiza una revisión de la literatura sobre la evaluación de la eficiencia, mediante la técnica DEA, en educación superior para el caso de Latinoamérica y en particular para México. Cabe resaltar que este tipo de estudios es relativamente reciente

respecto a otros países (E.U., Inglaterra, Canadá, Australia, España) dado que las primeras investigaciones tuvieron lugar a inicios de los años noventa.

Coria (2011), miden la eficiencia en 38 universidades de gestión estatal en Argentina. Ramírez y Alfaro (2013) estiman la eficiencia de 25 universidades pertenecientes al Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas. Escorcía, Visbal y Agudelo (2014) evalúan la eficiencia de 44 instituciones educativas públicas de la ciudad de Santa Marta en Colombia. Cáceres, Kristjanpoller y Tabilo (2014) miden la eficiencia en 15 universidades chilenas. Visbal, Mendoza y Corredor (2015) evalúan el desempeño de los docentes universitarios.

Jordán y Quispe (2017) determinan los índices de eficiencia técnica de los años 2014 y 2015 para 69 carreras relacionadas con las Ciencias Económicas y Empresariales de 11 Universidades Públicas Autónomas del Estado Plurinacional de Bolivia, a fin de realizar un análisis comparativo e identificar las causas. Utilizan como inputs: número total de docentes y número total de trabajadores administrativos y; de outputs: número total de matriculados, número total de titulados y número total de matrícula nueva. Para explicar las causas de la baja eficiencia realizan una regresión lineal donde el índice de eficiencia es la variable dependiente en función de las variables de matrícula, personal administrativo, titulados, matrícula nueva, encontrando que el número de alumnos, titulados y docentes son los que explican los altos índices de eficiencia técnica en las carreras.

Para el caso de México, Sigler (2004) calcula la eficiencia relativa y parcial de los centros de investigación económica en la Ciudad de México durante el periodo de 1990 a 2002, mediante el análisis envolvente de datos, con la finalidad de determinar si los recursos públicos fueron eficientemente utilizados. Becerril-Torres, Álvarez-Ayuso y Nava-Rogel (2012) determinan la frontera tecnológica de las entidades federativas y su eficiencia técnica en el subsector de escuelas de educación superior para 2008, mediante el Análisis Envolvente de Datos. Navarro, Gómez y Torres (2016) analizan la eficiencia de 32 universidades públicas en 2012 a través del análisis envolvente de datos con bootstrap. Alcaraz-Ochoa y Bernal-Domínguez (2017) evalúan la eficiencia técnica de ocho Universidades Públicas Estatales del noroeste de México durante el periodo 2014-2015, mediante el Análisis Envolvente de Datos en su modelo CCR-o, utilizando como input el financiamiento federal (ordinario y extraordinario), y como outputs a los alumnos de nuevo ingreso, alumnos egresados, programas educativos acreditados y cuerpos académicos.

Por tanto, la aplicación del DEA en el contexto latinoamericano para el sector universitario ha sido mucho más prolífica en el caso de las universidades, que en el caso de los departamentos o áreas de conocimiento, quizás por los problemas de homogeneidad de la muestra. También se observa que existen diferencias entre los diversos autores al evaluar la eficiencia, porque algunos consideran a todas las universidades públicas como todo un conjunto, y otros forman grupos de universidades con el propósito de aumentar la homogeneidad entre ellas.

DISEÑO DE LA APLICACIÓN DEL DEA

Una vez revisada la literatura sobre la evaluación de la eficiencia técnica en educación superior tanto a nivel internacional como latinoamericano, en este apartado se explícita el diseño de la aplicación del DEA para evaluar la eficiencia de las Universidades Públicas Estatales de México. Para ello, hacemos un breve recuento de la elección del enfoque y algunas de sus limitaciones, como son la selección de la muestra y la selección de variables.

De entre los enfoques existentes para cuantificar la eficiencia de unidades productivas como se ha indicado hemos optado por el enfoque no paramétrico, el análisis envolvente de datos (DEA), por las mayores ventajas que manifiesta para el ámbito de estudio (la educación superior pública). De acuerdo a Johnes y Johnes (1995), es la carencia de disponibilidad de las variables “precio” de este tipo que hace la técnica DEA un método atractivo para su uso en este contexto.

En el siguiente epígrafe hemos de señalar el modelo seleccionado para cuantificar la eficiencia en nuestro objeto de evaluación, lo cual nos llevará a especificar el tipo de rendimientos a escala que exhibe la tecnología de producción, así como la orientación del modelo (maximización de outputs o minimización de inputs).

Selección del modelo y sus opciones de análisis DEA

Habiendo elegido el enfoque para medir la eficiencia productiva, es preciso seleccionar el modelo más adecuado a aplicar a nuestro objeto de evaluación, así como señalar las opciones de análisis disponibles en el DEA, con la finalidad de cuantificar la eficiencia técnica de la mejor manera posible.

La evaluación de la eficiencia a través del DEA puede realizarse mediante la aplicación de diferentes modelos, entre los más utilizados en la educación superior (universidades), destacan el modelo DEA convencional (CCR y BCC) aplicado sobre el conjunto de actividades (docencia e investigación) desarrolladas por las universidades. Así también, suele aplicarse el modelo DEA convencional (CCR y BCC) sobre un único programa universitario: docencia o investigación, donde estas actividades se consideran independientes. Por otro lado, se tienen la aplicación del modelo DEA con restricciones de ponderaciones en los inputs y outputs, y del modelo DEA multiactividad, (donde se asume que la docencia e investigación se producen conjuntamente compartiendo parte de los recursos).

En este trabajo se ha optado por el modelo DEA convencional aplicado en dos escenarios 1) sobre la actividad docente e investigadora por separado para el conjunto de universidades, 2) sobre la actividad docente e investigadora por separado para grupos homogéneos de universidades. Una vez seleccionado el enfoque y el tipo de modelo a utilizar, así como los diversos escenarios para el caso de las Universidades Públicas Estatales,

es preciso elegir entre las opciones de análisis disponibles en el DEA, que a continuación se mencionan:

- a) Minimización de inputs (también conocida como orientación input) que instruye al DEA para reducir los inputs tanto como fuese posible sin disminuir los niveles de outputs. Por ejemplo, el analista podría optar por minimización de inputs en un ejercicio para ahorrar o disminuir costes.
- b) Bajo la maximización de outputs, los outputs son incrementados sin acrecentar los inputs. Por ejemplo, si el gestor se enfoca en incrementar la productividad sin extender los recursos base, la maximización del output (comúnmente denominado como orientación output o expansión) sería especificada (Avkiran, 2001). Es importante notar que cuando ninguno de los inputs son controlables por el gestor, uno puede solo especificar el modelo de maximización de output.

En el sector universitario cabe destacar la característica de que los gestores de dichas unidades de evaluación buscan incrementar la productividad sin incrementar sus recursos, además de que manifiestan un grado de control mínimo sobre los recursos, ya que éstos vienen determinados por niveles superiores de la administración en función de unos criterios preestablecidos y fundamentalmente basados en la demanda.

La naturaleza del objeto de estudio nos conduce a seleccionar la opción de un análisis de maximización de output, es decir, un modelo DEA con orientación al output, para la evaluación de la eficiencia, lo que nos permitirá analizar en qué porcentaje las universidades públicas estatales en México pueden incrementar sus outputs de la actividad docente e investigadora a partir de los recursos disponibles.

Así también, el uso de esta orientación se sustenta por su aplicación en otros estudios de la misma índole. Dicho enfoque se refiere a que la eficiencia de cada unidad productiva observada está en función de la capacidad de cada productor para mejorar sus resultados, bajo ciertas limitaciones que representen la actividad del resto de unidades productivas.

Otra opción de análisis en el DEA es escoger entre rendimientos constantes a escala (CCR) y rendimientos variables a escala (BCC). Los rendimientos constantes a escala asumen que no hay una relación significativa entre la escala de operaciones y la eficiencia, esto es, las grandes universidades son tan eficientes como algunas pequeñas en convertir inputs a outputs. Por otro lado, los rendimientos variables a escala (BCC) significan que a un incremento en inputs se espera obtener un desproporcionado aumento en outputs. La opción BCC es preferida cuando una correlación significativa entre el tamaño de la unidad evaluada y la eficiencia puede ser demostrada en una gran muestra.

Para evitar la elección *a priori* de uno u otro tipo de rendimientos, se tiene la opción que consiste en cuantificar la eficiencia técnica bajo los dos supuestos y sí la mayoría de

las DMUS resultan con diferentes puntuaciones en los dos supuestos, entonces es seguro asumir BCC. Dicho de otra manera, si la mayoría de las DMUS se consideró que tenía una misma eficiencia, se puede utilizar CCR sin preocuparse de que la ineficiencia de escala podría confundir a la medida de la eficiencia técnica (Avkiran, 2001).

En nuestro caso, se ha optado por calcular la eficiencia considerando ambos supuestos (rendimientos constantes y variables a escala) y mediante los resultados obtenidos se observó que el número de DMU eficientes se incrementa al pasar de CCR a BCC³, por lo que decidimos quedarnos con el modelo BCC y presentar únicamente los resultados con rendimientos variables a escala.

La evaluación de la eficiencia a través de la metodología DEA exige una serie de requerimientos, tales como: la selección de la muestra, la selección de variables *proxy* de inputs y outputs y los datos, para su adecuada aplicación.

Selección de la muestra, las variables y los datos

Las IES han sido tradicionalmente tratadas como un grupo homogéneo, aunque hay demasiada variedad entre ellas. Las IES en México en el año 2019 ascienden a un total de 1129 instituciones públicas, las cuales son identificadas por subsistemas: Universidades Públicas Federales (9), Universidades Públicas Estatales (34), Universidades Públicas Estatales con Apoyo Solidario (23), Institutos Tecnológicos (266), Universidades Tecnológicas (104), Universidades Politécnicas (51), Universidades Interculturales (13), Centros Públicos de Investigación (32), Escuelas Normales Públicas (511), y Otras instituciones públicas (86) (SEP, 2019).

En este trabajo el objeto de estudio son las Universidades Públicas Estatales, en 2017 las UPES es el subsistema del total de universidades públicas que ocupa el primer lugar en matrícula (26.6%), en Personal Docente con el 21.1%, en Profesores reconocidos en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) del CONACYT (33.7%), en patentes solicitadas observa el 22.5%, y en Producción Institucional (ISI-artículos) ocupa el segundo lugar con el 39.5% después de las IES públicas federales, y en términos de presupuesto federal se ubica también en segundo lugar. Cabe destacar que en el año 2017, las IES públicas en términos del total nacional, la matrícula representa el 47.96 por ciento, en Personal Docente se tiene el 41.3 por ciento, Profesores con SNI reflejan el 63.7 por ciento, en Producción científica (ISI-artículos) tienen el 73.5 por ciento, y en patentes solicitadas reflejan el 45.8 por ciento (EXECUM, 2019).

Hemos elegido este subsistema formado por 34 instituciones (excepto el Instituto Tecnológico de Sonora) como un grupo homogéneo, exigencia importante en la evaluación de la eficiencia al utilizar la metodología DEA. Sin embargo, se hace necesario

³ Disponible bajo petición a los autores.

clasificarlas en subgrupos por sus magnitudes tan disímiles, por ejemplo la Universidad de Guadalajara es preciso compararla con sus pares del mismo tamaño, para lo cual se ha recurrido a la técnica de agrupación de objetos (cluster) para su clasificación.

El conjunto de 33 universidades será segmentado en grupos homogéneos para realizar evaluaciones independientes para cada uno de ellos. El criterio de segmentación es la rama de conocimiento o de enseñanza, en nuestro caso son ocho: I. Educación; II. Artes y Humanidades; III. Ciencias Sociales, Administración y Derecho; IV. Ciencias Naturales, Exactas y de la Computación; V. Ingeniería, Manufactura y Construcción; VI. Agronomía y Veterinaria; VII. Salud y VIII. Servicios. Y la variable seleccionada para diferenciar las ramas de enseñanza entre las distintas UPES es el número de alumnos en cada rama. En este caso, se considerará que dos universidades son homogéneas si su estructura de alumnos por rama de conocimiento es similar.

En la base de datos generada por la Subsecretaría de Educación Superior (SEP, 2019) se encuentra información del número de alumnos por rama del conocimiento para las universidades públicas. En el apéndice 1, se presentan los datos de alumnos por rama de enseñanza para las 33 UPES objeto de estudio.

En este trabajo se aplica la técnica cluster⁴ para explorar y clasificar las variables (Universidades) formando grupos con características similares, y así contar con una muestra homogénea para después utilizar la técnica de DEA. La agrupación de los objetos se realiza atendiendo a medidas de correlación buscando un patrón en la estructura de los alumnos por parte de las universidades en estudio. La matriz de correlaciones está en función de la cantidad de alumnos por rama de enseñanza.

Otro de los aspectos clave que el investigador debe tener presente en la medición de la eficiencia a través de la técnica DEA es la selección cuidadosa de las variables *proxy* de inputs y outputs involucrados en el proceso de producción de la educación superior.

Como ya se ha mencionado una de las ventajas del DEA es la flexibilidad de incluir multi-inputs y multi-outputs, sin embargo, no debe olvidarse la selección cuidadosa de las variables, porque de acuerdo a los expertos al agregar más variables al análisis es posible que el número de DMU eficientes se incremente por que da lugar a que, aquellas unidades ineficientes tengan un parámetro más para compararse con el resto, lo cual podría llevar a resultados sesgados (Nunamaker, 1985; Sexton *et al.* 1986). Así también, incluir muchas variables reduce el poder discriminatorio de la técnica (Athanasopoulos and Shale, 1997).

Según versa en Johnes y Johnes (1995), queda bien establecido que “los índices de eficiencia no pueden bajar cuando las variables adicionales, ya sean outputs o inputs, son agregadas al modelo” en un entorno DEA. Esto es análogo a los efectos de la adición de variables en el coeficiente de determinación en un análisis de regresión. Desafortunadamente, mientras que la inferencia estadística se puede utilizar como un medio para juzgar

⁴ “El análisis de conglomerados (clusters) tiene por objeto agrupar elementos (observaciones, variables) en grupos homogéneos en función de las similitudes entre ellos” (Peña, 2002).

sí una variable debe ser incluida como un regresor en un análisis paramétrico, en el DEA no se dispone directamente de esta técnica estadística.

Mediante la revisión de literatura internacional y nacional sobre la evaluación de la eficiencia en la educación superior, se decide adoptar un enfoque parsimonioso en la combinación de inputs y outputs. Donde hemos seleccionado tres inputs para aproximar los recursos utilizados por las universidades evaluadas (Personal docente, Financiamiento, Matrícula) y dos outputs (graduados, producción científica -número de artículos Scopus-) para los resultados de la actividad docente e investigadora. Y las combinaciones de estas variables para evaluar la eficiencia de las UPE mexicanas mediante el modelo DEA convencional (bajo rendimientos variables a escala y con orientación al output), desde los siguientes escenarios.

En los siguientes escenarios se evalúa la eficiencia separando la función de producción educativa (en docencia e investigación), para todas las universidades y por grupos homogéneos y se utilizan las siguientes combinaciones de inputs y outputs:

Escenario 1), se estima la eficiencia por la función de producción separada (docencia e investigación), para lo cual se tienen las siguientes combinaciones de variables *proxy* inputs y outputs:

a) Actividad docente (Tabla 1):

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
-Matrícula Total (Técnico Superior, Licenciatura, Especialidad, Maestría y Doctorado)	-Número de egresados (Técnico Superior, Licenciatura, Especialidad, Maestría y Doctorado)
-Personal Docente Total (equivalente a tiempo completo, tres cuartos de tiempo, medio tiempo y por horas)	
-Financiamiento: Subsidio público integrado por el subsidio ordinario federal, el subsidio ordinario estatal, el subsidio extraordinario federal y el subsidio extraordinario estatal (Millones de pesos, en valores constantes).	

b) Actividad investigadora (Tabla 2):

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
-Matrícula Parcial (Maestría y Doctorado)	-Número de egresados (Maestría y Doctorado)
-Personal Docente (equivalente a tiempo completo)	
-Financiamiento: Subsidio público integrado por el subsidio ordinario federal, el subsidio ordinario estatal, el subsidio extraordinario federal y el subsidio extraordinario estatal (Millones de pesos en valores constantes).	-Número de artículos Scopus, documentos publicados al año por universidad

Escenario 2) se refiere a estimar la eficiencia de la función de producción separada (docencia e investigación) por grupos homogéneos de universidades con la misma combinación de variables *proxy* inputs y outputs que el escenario 1.

Haciendo uso de una de las ventajas del Análisis Envoltente de Datos, que el investigador puede elegir distintas combinaciones de inputs y outputs, hemos elegido las anteriores combinaciones de inputs y outputs, lo que nos permitirá analizar la eficiencia de las UPES mexicanas desde diversas perspectivas o aproximaciones⁵.

Es preciso mencionar que, una de las mayores dificultades, al aplicar la técnica DEA en instituciones universitarias, es la complejidad en la obtención de los datos. Athanassopoulos y Shale (1997) subrayan la importancia de la calidad de los datos necesarios para la evaluación de la eficiencia.

En este trabajo, se han empleado como fuentes para las variables *proxy* de inputs y outputs las publicaciones del Explorador del Estudio Comparativo de las Universidades por la Universidad Nacional Autónoma de México (EXECUM), del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), para dos cursos académicos (2010 y 2015) de 33 universidades públicas estatales mexicanas.

Una vez revisados los dos cursos académicos seleccionados, y satisfechos dentro de lo posible los requisitos que contempla la utilización de la metodología DEA para evaluar la eficiencia técnica, estamos preparados para la aplicación de la misma en el caso de las universidades públicas estatales mexicanas.

ESTIMACIÓN EMPÍRICA DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DE LAS UNIVERSIDADES MEXICANAS

Como se señaló con anterioridad el enfoque de la mayoría de los estudios DEA aplicados al caso mexicano ha sido sobre el desempeño relativo de las universidades en función de su producción total. Cómo se ha visto en los últimos años destacan los trabajos que aplican la técnica DEA a nivel institucional, para la función de producción educativa agrupada, por ejemplo: Becerril-Torres *et al.*, 2012 quienes utilizan datos de las escuelas públicas y privadas de educación superior por entidad federativa; Sigler, 2004, quien analiza sólo los centros de investigación en la Ciudad de México; Navarro, Gómez y Torres (2016) analizan la eficiencia de 32 universidades públicas; Alcaraz-Ochoa y Bernal-Domínguez (2017) evalúan la eficiencia técnica de ocho Universidades Públicas Estatales del noroeste de México. Sin embargo, dichos estudios sobre instituciones consideran la función de producción educativa agrupada.

Por el contrario, en este trabajo se estima la eficiencia técnica ajustada por la función de producción separada y por homogeneidad. Los cursos académicos 2010 y 2015 fueron escogidos porque suponen una consolidación del SUPM en su conjunto y especialmente

⁵ Dada la revisión de literatura, se ha corroborado que existen discrepancias respecto a las variables que caracterizan el proceso productivo, en términos de inputs y outputs. Sin embargo, la elección decisiva de las variables está en función de la información disponible de cada universidad, lo que confirma las diferencias encontradas en los trabajos analizados.

de las 33 UPES (donde las IES más jóvenes están consolidadas⁶), y fue caracterizado por una expansión del SUPM, afectando al volumen de financiación pública, al número de estudiantes y de personal académico y no académico involucrados. En adición, las estadísticas universitarias tienen una base de datos consistente sobre las variables claves para este período.

A continuación, se explica la aplicación del modelo DEA convencional asumiendo rendimientos variables a escala (BCC) y con una orientación output a cada uno de los escenarios planteados con anterioridad, donde iremos de lo agregado a lo desagregado, presentando resultados y su respectiva interpretación en los cursos académicos 2010 y 2015, los cuales se describen en el siguiente orden:

Escenario 1. Evaluación de la eficiencia técnica ajustada por la función de producción separada (docencia e investigación) para las 33 UPES, denominado también como “Modelo DEA ajustado por actividad”;

Escenario 2. Evaluación de la eficiencia productiva ajustada por homogeneidad para los grupos de universidades, denominado “Modelo DEA ajustado por homogeneidad”.

Para ajustar a las universidades por homogeneidad se emplea la técnica cluster⁷, esto implica construir una matriz de distancias o similitudes entre variables (para que la distancia no dependa de las unidades, las variables deben estar estandarizadas-correlación-), y aplicar a esta matriz un método jerárquico de clasificación, y utilizando una vinculación media (entre grupos) se obtuvieron tres grupos, cortando el dendograma a un nivel de distancia de 17 (véase el apéndice 2). A continuación, se presenta el resultado del análisis de conglomerados (Tabla 3):

Grupo	Universidades
1	UANL, BUAP, UADY, UABC, UAEH, UNISON, UAT, UDG, UACAM, UACH, UAQ, UAEM, UMSNH, UABJO, UAS, UAN, UQROO
2	UAGRO, UJED, UAEMEX, UAZ, UATLAX, UABCS
3	UCOL, UNACH, UGTO, UNACAR, UACJ, UJAT, UASLP, UV, UAA, UADEC

Fuente: Elaboración propia.

⁶ Con carácter general, se suele considerar como una universidad consolidada aquella que cumple quince años de antigüedad (Ortega, Pérez Esparrells y Rahona, 2005).

⁷ Los cálculos correspondientes se hicieron utilizando el programa IBM statistics (SPSS), versión 22.

GRUPO 1 (17 UNIVERSIDADES), instituciones con perfiles en las áreas IV. Ciencias Naturales, Exactas y de la Computación; III. Ciencias Sociales, Administración y Derecho; y VII. Salud.

GRUPO 2 (6 UNIVERSIDADES), instituciones con un perfil definido en el área III. Ciencias Sociales, Administración y Derecho.

GRUPO 3 (10 UNIVERSIDADES), instituciones con un perfil orientado en el área VII. Salud y, IV. Ciencias Naturales, Exactas y de la Computación.

Modelo DEA ajustado por la función de producción separada (escenario 1)

Este tipo de modelo es el comúnmente utilizado en el análisis de la eficiencia en instituciones de educación superior, donde tradicionalmente las universidades son tratadas como un grupo homogéneo, aunque haya demasiada variedad entre ellas. Como una primera aproximación, con este modelo se pretende evaluar la eficiencia para 33 universidades públicas estatales mexicanas en dos cursos académicos⁸.

Este modelo recoge como inputs la matrícula total, el personal docente total y el financiamiento, y como outputs se han seleccionado el número de egresados total y el número de publicaciones (artículos Scopus). Una vez aplicada la técnica DEA a todas las universidades como un único grupo y evaluando por separado las actividades de docencia e investigación, bajo rendimientos variables a escala y con orientación output, podemos observar que tanto en docencia como en investigación el índice de eficiencia no refleja una relación con el tamaño de las instituciones (medido en número de estudiantes). Tanto universidades mega⁹ (Universidad de Guadalajara, Universidad Autónoma de Nuevo León), grandes (Universidad Autónoma de Tamaulipas, Universidad Autónoma de Guerrero, etc.), medianas (Universidad Autónoma de Baja California Sur, Universidad Autónoma de Campeche), y pequeñas (Universidad de Quintana Roo, Universidad Autónoma del Carmen) resultan eficientes (véase apéndice 3, cuadro 1.1).

Modelo DEA ajustado por homogeneidad (escenario 2)

En este modelo se estima la eficiencia técnica de las UPES donde la muestra está segmentada en grupos homogéneos dados los resultados del análisis clúster a partir de la

⁸ Se hace uso del programa informático *DEAP2.1* (Coelli, 1996).

⁹ De acuerdo a la Secretaría de Educación Pública (2019), las universidades son clasificadas como: a) Mega: Más de 50 mil alumnos; b) Grande: De 10 mil hasta 50 mil alumnos; c) Mediana: De 5 mil hasta 10 mil alumnos; d) Pequeña: De 1 mil hasta 5 mil alumnos; y e) Micro: Hasta 1 mil alumnos.

variable de estudiantes que permita diferenciar las ramas de enseñanza entre las distintas universidades, para realizar evaluaciones independientes para cada conglomerado.

Este modelo incluye como inputs la matrícula total, el personal docente total y el financiamiento, y como outputs el número de egresados total y el número de publicaciones (artículos Scopus). Una vez aplicada la técnica DEA a los tres grupos de universidades y estimando la eficiencia por separado de las actividades de docencia e investigación, bajo rendimientos variables a escala y con orientación output. Los resultados se presentan en los Cuadros 1.2., 1.3, y 1.4 (véase apéndice 3).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cálculo de la eficiencia técnica para las 33 universidades, en el año 2010, tanto en docencia como en investigación, fueron 7 instituciones eficientes (UABJO, UABCS, UAC, UAGRO, UAEH, UDG, UQROO), mientras que en 2015, en ambas funciones resultaron 5 universidades eficientes (UACH, UANL, UAT, UADY, UQROO). Cabe mencionar, que la Universidad de Quintana Roo registró ser eficiente en ambos años de estudio.

En el escenario donde las universidades son agrupadas, en los años de 2010 y 2015, en el grupo 1, cuatro de éstas se ubican como líderes en docencia e investigación (UABJO, UAC, UAT, UQROO), en el grupo 2, resultaron eficientes cuatro instituciones (UABCS, UAGRO, UATLAX, UAEM), y en el grupo 3 se tienen tres (UNACH, UNACAR, UCOL).

Cuando las universidades son evaluadas como un solo grupo la eficiencia promedio en las funciones de docencia e investigación fue de 0.8, mientras que si las universidades son agrupadas los valores de la eficiencia promedio se encuentran en el rango de 0.872 y 1.000 (grupo 2, rubro de investigación para el año 2010).

Los hallazgos del presente análisis aportan a la literatura sobre la evaluación de las instituciones educativas, llámense universidades, centros de investigación. Este estudio al igual que Sigler (2004) encuentra que la eficiencia educativa relativa es parcial y muy baja. En sus resultados Sigler observó que la eficiencia relativa parcial promedio de los centros públicos de investigación económica en la Ciudad de México de 1990 a 2002 fue de 62.6%, cifra relativamente baja si se considera el 100% como lo máximo a lograr; siendo 1999 el año más eficiente y 2002 el menos eficiente. Mientras que, nosotros encontramos que las universidades públicas estatales en México reflejan una eficiencia relativa promedio de 80 %, en los años 2010 y 2015, con la diferencia de que la evaluación separa la docencia y la investigación, y también agrupa a las universidades de tal forma que éstas sean lo más homogéneas posibles requisitos para la aplicación de la técnica DEA.

Cabe mencionar que el estudio de Sigler (2004) fue parcial debido a que sólo incluye a los investigadores pertenecientes al SNI y no al total de investigadores, a diferencia del actual estudio que engloba al total de investigadores.

Becerril-Torres, Álvarez-Ayuso y Nava-Rogel (2012) analizan la eficiencia técnica del subsector de escuelas de educación superior privadas y públicas en las 32 entidades federativas de México para el año 2008. Utilizan como output la Producción Bruta Total, y en inputs la Formación Bruta de Capital Fijo y el Personal Ocupado Total. En sus resultados reflejan 14 entidades con niveles de eficiencia alto, y 18 entidades con valores de eficiencia bajo y medio. En el sentido de rendimientos variables a escala se tienen resultados similares, estos autores obtienen que la eficiencia técnica promedio de las escuelas de educación en las entidades federativas es de 0.71, mientras que en términos de universidades públicas estatales la eficiencia promedio es de 0.80, lo que nos indica que aún es posible expandir la producción en aproximadamente 30 o 20% haciendo un mejor uso de los factores productivos.

Una diferencia notoria del presente estudio con el de Becerril-Torres, *et al.* (2012), es la muestra analizada dichos autores engloban a todas las escuelas de educación superior sin diferenciar si son públicas y privadas, en nuestro caso se estudian las escuelas públicas, además se agrupan en función de la estructura por área de conocimiento y estudiantes.

Navarro, Gómez y Torres (2016) analizan la eficiencia de 32 universidades públicas en 2012 a través del análisis envolvente de datos (bootstrap) con orientación input, encontrando que con rendimientos variables a escala la eficiencia técnica promedio fue de 0.77. Sin embargo, las universidades de estudio incluyen desde las instituciones federales, estatales, centros de investigación, por tanto se comparan instituciones con estructuras docentes e investigadores totalmente disímiles.

Acaraz-Ochoa y Bernal-Domínguez (2017) evalúan la eficiencia técnica de ocho Universidades Públicas Estatales del noroeste de México durante el periodo 2014-2015, mediante el Análisis Envolvente de Datos en su modelo CCR-O, utilizando como input el financiamiento federal (ordinario y extraordinario), y como outputs a los alumnos de nuevo ingreso, alumnos egresados, programas educativos acreditados y cuerpos académicos.

Las autoras encuentran una eficiencia promedio de 0.86, siendo técnicamente eficientes las Universidad Autónoma de Baja California y el Instituto Tecnológico de Sonora. La diferencia del presente estudio es el tipo de modelo VRS-O, así como las variables utilizadas.

El análisis de la evidencia empírica nos lleva a corroborar la importancia de evaluar la eficiencia en las instituciones educativas, con distintas combinaciones de inputs y outputs, bajo una orientación output o input, bien considerando a las instituciones como un grupo total o específico para distintos momentos en el tiempo, encontrando hallazgos que aportan información al diseño de las políticas educativas.

CONCLUSIONES

El análisis empírico de la eficiencia para las universidades públicas estatales en los dos años de estudio (2010 y 2015) nos lleva a concluir que el treinta y tres por ciento de éstas

resultaron con eficiencia técnica en docencia e investigación. Cuando se agrupan las universidades de acuerdo a su número de estudiantes por área de conocimiento, la eficiencia relativa se incrementa para la producción de investigación y docencia.

De estos resultados, se observa que el grupo 2, donde se aglomeran las universidades con un perfil definido en el área III, se reconoce una eficiencia técnica total en el año 2010. Es decir, las universidades realizaron las mejores prácticas con sus recursos para obtener los mejores resultados y garantizaron una frontera eficiente.

En términos de política educativa, si las universidades públicas estatales se plantean incrementar su eficiencia y por ende su productividad académica e investigadora, bajo la técnica DEA se pueden tomar tres vías: 1) que sus inputs se reduzcan manteniendo constantes sus outputs; 2) que sus outputs se incrementen manteniendo constantes sus inputs; 3) la combinación de ambas.

Apéndice 1. Información de la matrícula por área de conocimiento

Cuadro 1. Matrícula de Educación Superior - Ciclo Escolar 2017-2018
Por Institución y Área de Conocimiento.

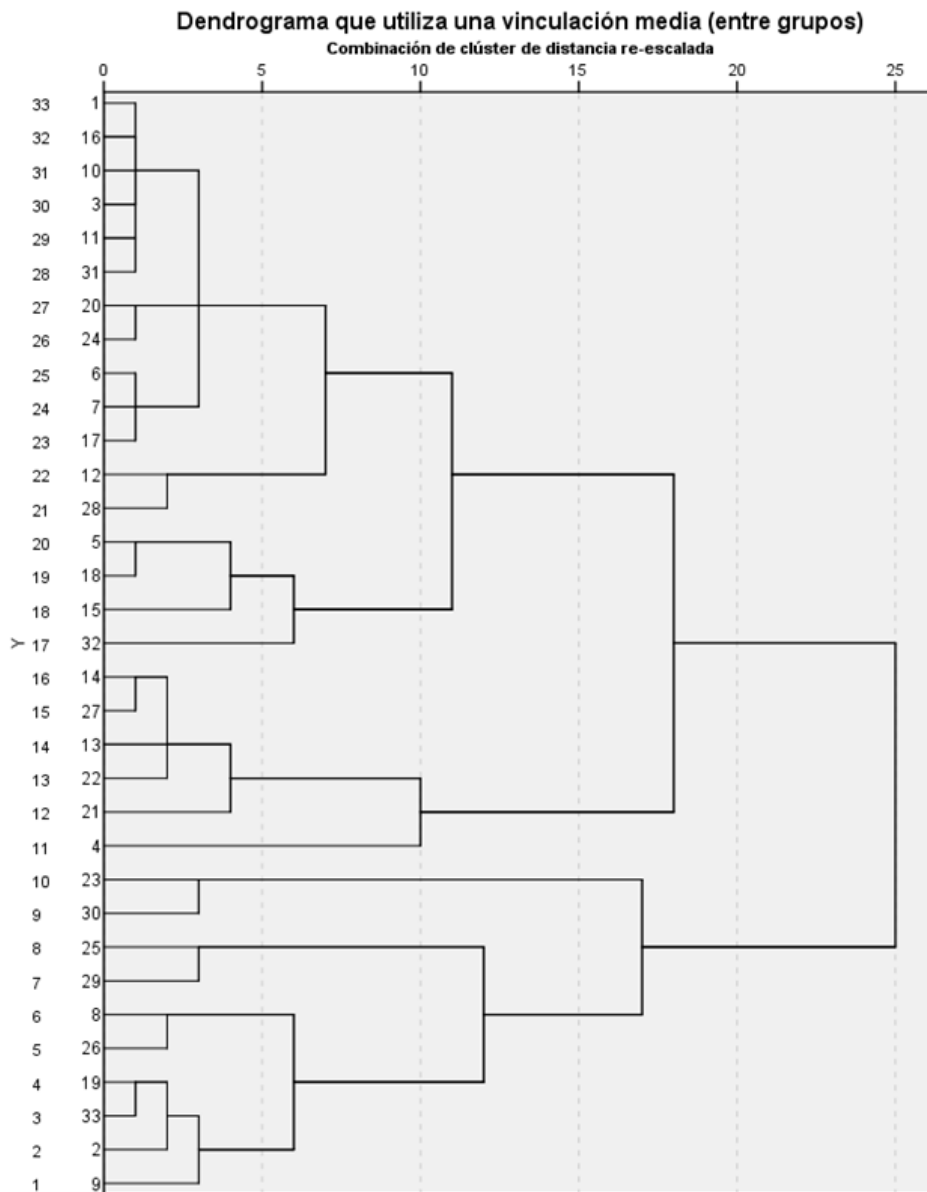
Entidad	Institución	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Total	Tamaño
JALISCO	UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA	1,326	7,216	22,972	25,567	4,775	8,029	14,601	5,514	117,221	Mega
NUEVO LEÓN	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON	1,064	5,348	24,977	22,932	4,508	7,240	20,657	1,590	106,690	Mega
SINALOA	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SINALOA	3,358	1,521	19,388	20,287	1,164	2,173	7,038	6,671	79,545	Mega
PUEBLA	BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA	2,430	4,148	14,622	14,678	4,929	3,184	13,285	1,693	75,425	Mega
BAJACALIFORNIA	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA	3,929	3,606	16,053	12,357	1,845	1,949	11,205	1,733	63,495	Mega
VERACRUZ	UNIVERSIDAD VERACRUZANA	3,422	2,872	8,982	12,305	2,668	2,905	12,305	2,649	61,064	Mega
ESTADO DE MÉXICO	UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO	831	3,591	16,978	9,240	3,105	5,346	5,665	2,480	58,235	Mega
MICHOACÁN	UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO	0	1,380	8,953	4,916	3,739	728	6,501	3,447	38,648	Grande
GUERRERO	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUERRERO	713	612	9,244	4,503	3,243	762	2,622	1,747	34,334	Grande
TAMALIPAS	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE TAMALIPAS	810	1,176	6,276	7,167	210	1,812	4,195	1,270	32,969	Grande
TABASCO	UNIVERSIDAD JUAREZ AUTONOMA DE TABASCO	1,239	1,683	5,064	4,616	1,572	890	5,836	1,117	30,548	Grande
ESTADO DE HIDALGO	UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO	713	1,249	6,131	4,927	1,594	1,479	4,595	1,122	29,934	Grande
CHIHUAHUA	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CD JUAREZ	2,032	1,721	5,563	3,920	861	990	6,632	1,049	29,680	Grande
SAN LUIS POTOSÍ	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI	201	1,129	4,606	7,409	2,162	685	7,508	1,097	29,014	Grande
SONORA	UNIVERSIDAD DE SONORA	280	1,338	7,726	5,312	1,110	546	6,318	560	28,702	Grande
ESTADO DE MORELOS	UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MORELOS	1,865	1,571	6,487	3,476	1,589	613	4,594	806	27,077	Grande
CHIHUAHUA	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIHUAHUA	1,788	1,343	6,358	4,993	1,362	480	3,348	1,359	26,575	Grande
ZACATECAS	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE ZACATECAS	0	1,262	6,893	2,428	1,023	714	3,194	1,763	24,469	Grande
GUANAJUATO	UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO	408	2,044	2,310	5,203	1,219	852	5,491	797	23,554	Grande
COAHUILA	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE COAHUILA	188	819	4,473	7,538	1,158	847	4,980	0	23,515	Grande
CHIAPAS	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIAPAS	2,560	345	3,067	7,023	1,206	885	2,597	2,495	22,203	Grande
QUERETARO	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO	384	1,941	5,134	4,450	1,223	746	2,424	577	19,972	Grande
OAXACA	UNIVERSIDAD AUTONOMA BENITO JUAREZ DE OAXACA	1,698	365	4,309	3,732	279	154	1,533	668	18,506	Grande
NAYARIT	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NAYARIT	861	285	4,097	4,116	1,073	446	482	1,146	17,525	Grande
AGUASCALIENTES	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE AGUASCALIENTES	498	1,455	2,043	3,915	796	941	3,076	599	15,880	Grande
TLAXCALA	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE TLAXCALA	1,602	384	6,000	2,119	282	289	906	310	15,558	Grande
YUCATAN	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE YUCATAN	652	762	2,844	2,964	1,218	684	2,361	711	15,430	Grande
COLIMA	UNIVERSIDAD DE COLIMA	1,238	472	1,695	4,014	387	836	1,907	631	12,799	Grande
CAMPECHE	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CAMPECHE	0	112	1,605	1,054	170	212	843	227	7,099	Mediana
BAJACALIFORNIA SUR	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR	93	569	2,162	997	594	558	249	760	6,682	Mediana
CAMPECHE	UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARMEN	206	319	745	1,085	138	295	1,950	0	5,827	Mediana
QUINTANA ROO	UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO	0	586	1,201	1,767	183	221	256	0	5,413	Pequeña
DURANGO	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE DURANGO	117	85	1,449	368	0	141	447	0	4,072	Pequeña
		36,506	53,309	240,407	221,378	61,385	48,632	169,611	46,588	1,107,660	

Fuente:
https://www.dgesu.sees.sep.gov.mx/Panorama_de_la_educacion_superior.aspx, consultada el 10 de abril de 2019.

I. Educación
II. Artes y Humanidades
III. Ciencias Sociales, Administración y Derecho
IV. Ciencias Naturales, Exactas y de la Computación

V. Ingeniería, Manufactura y Construcción
VI. Agronomía y Veterinaria
VII. Salud
VIII. Servicios

Apéndice 2. Análisis de conglomerados (33 universidades)



Apéndice 3. Resultados de la aplicación de la técnica Análisis Envolvente de Datos**Cuadro 1.1. Índices de eficiencia técnica para las UPEs mexicanas**

Output orientated DEA/Scale assumption: VRS	2010		2015	
Universidad	Docencia	Investigación	Docencia	Investigación
BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA	0.832	1.000	0.834	1.000
UNIVERSIDAD AUTONOMA BENITO JUAREZ DE OAXACA	1.000	1.000	0.938	0.894
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE AGUASCALIENTES	0.645	0.478	0.826	0.937
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA	0.424	0.688	1.000	0.690
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR	1.000	1.000	0.977	1.000
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CAMPECHE	1.000	1.000	0.969	1.000
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIAPAS	0.976	1.000	1.000	0.919
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIHUAHUA	0.912	1.000	1.000	1.000
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CIUDAD JUAREZ	0.550	0.471	0.625	0.666
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE COAHUILA	0.968	0.826	0.433	0.359
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUERRERO	1.000	1.000	1.000	0.896
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NAYARIT	0.506	0.553	0.724	0.965
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON	0.812	1.000	1.000	1.000
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO	0.941	0.967	0.840	0.918
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI	0.696	0.978	0.697	1.000
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SINALOA	1.000	0.870	1.000	0.599
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE TAMAULIPAS	0.955	1.000	1.000	1.000
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE TLAXCALA	1.000	0.847	0.937	0.633
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE YUCATAN	0.829	0.676	1.000	1.000
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE ZACATECAS	0.647	0.525	0.657	0.412
UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARMEN	1.000	0.966	0.490	1.000
UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO	1.000	1.000	0.761	0.750
UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO	0.862	0.622	0.964	0.670
UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MORELOS	0.946	1.000	0.520	1.000
UNIVERSIDAD DE COLIMA	1.000	0.960	0.968	0.810
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA	1.000	1.000	1.000	0.988
UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO	0.788	1.000	0.826	0.989
UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO	1.000	1.000	1.000	1.000
UNIVERSIDAD DE SONORA	0.702	0.522	0.720	0.908
UNIVERSIDAD JUAREZ AUTONOMA DE TABASCO	1.000	0.960	0.829	0.514
UNIVERSIDAD JUAREZ DEL ESTADO DE DURANGO	0.842	0.592	1.000	0.877
UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO	1.000	0.818	1.000	0.874
UNIVERSIDAD VERACRUZANA	0.639	0.698	0.645	1.000
Media	0.863	0.849	0.854	0.857

Fuente: Resultados de investigación y elaboración propia.

REFERENCIAS

- Abbott, Malcom y Doucouliagos, Hristos (2003). The efficiency of Australian universities: a data envelopment analysis. *Economics of Education Review*, 22, 89-97.
- Abbott, Malcom y Doucouliagos, Hristos (2009). Competition and efficiency: overseas students and technical efficiency in Australian and New Zealand universities. *Education Economics*, 17(1), 31-57.
- Afonso, António y Santos, Mariana (2008). A DEA approach to the relative efficiency of Portuguese public universities. *Portuguese Journal of Management Studies*, XIII (1), 67-87.

- Agasisti, Tommaso y Pérez Esparrells, Carmen (2010). Comparing efficiency in a cross-country perspective: the case of Italian and Spanish State Universities. *Higher Education*, 59 (1), 85-103.
- Ahn, Taesik. S. y Seiford, Lawrence. M. (1993). Sensitive of DEA to Models and Variable Sets in a Hypothesis Test Setting: The Efficiency of University Operations en Ijiri, Y. (editor): *Creative and Innovative Approaches to the Science of Management*, Quorum Books, New York, 191-208.
- Ahn, Taesik. S., Charnes, Abraham y Cooper, William (1988). Efficiency characterizations in different DEA models. *Socio-Economic Planning Sciences*, 22 (6), 253-257.
- Alcaraz-Ochoa, Daniela y Bernal-Domínguez, Deyanira (2017). Evaluación de la eficiencia técnica de las Universidades Públicas Estatales (UPE) del noroeste de México mediante Análisis Envoltante de Datos (DEA), *Nova Scientia*, 19, 9 (2), 393-410.
- Athanassopoulos, Antreas D. y Shale, Estelle (1997). Assessing the Comparative Efficiency of Higher Education Institutions in the UK by Means of Data Envelopment Analysis. *Education Economics*, 5 (2), 117-134.
- Avkiran, Necmi K. (2001). Investigating technical and scale efficiencies of Australian Universities through data envelopment analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, 35, 57-80.
- Battese, G. E. y Coelli, T. J. (1995). A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data. *Empirical Economics*, 20, 325-332.
- Beasley, J. E. (1990). Comparing university departments. *Omega-International Journal*, 18(2), 171-183.
- Beasley, J. E. (1995). Determining Teaching and Research Efficiencies. *Journal of the Operational Research Society*, (46), 441-452.
- Becerril-Torres, Osvaldo. U., Álvarez-Ayuso, Inmaculada C. y Nava-Rogel, Rosa M. (2012). Frontera tecnológica y eficiencia técnica de la educación superior en México. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 17 (54), 793-816.
- Breu, Theodore M. y Raab, Raymond L. (1994). Efficiency and Perceived Quality of the Nation's "Top 25" National Universities and National Liberal Arts Colleges: An Application of Data Envelopment Analysis to Higher Education. *Socio-Economic Planning Sciences*, 28 (1), 33-45.
- Caballero, R., Galache, T., Gómez, T. y Torrico, A. (2000). Análisis de la eficiencia vía DEA y multiobjetivo. Una aplicación al caso de la Universidad de Málaga. *IX Jornadas de la A.E.D.E*, Jaén, 81-96.
- Coelli, Tim (1996). A Guide to DEAP Version 2.1.: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program. *Centre for Efficiency and Productivity Analysis (CEPA) Working Papers*, (8), 1-50.
- Coelli, T., Prasada Rao, D.S. y Battese, G.E. (1998). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishers.
- Çokgezen, Murat (2009). Technical efficiencies of faculties of economics in Turkey. *Education Economics*, 17(1), 81-94.
- De la Torre, Eva (2017). Tipologías de universidades: Relevancia de la tercera misión para las políticas y estrategias universitarias en el nuevo marco de la educación superior. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- Duch, Néstor (2006). La eficiencia de las universidades españolas. *Informe C y D 2006*. Universidad de Barcelona, IEB y Fundación CyD, 310-325.
- Duch-Brown, Néstor y Vilalta, Montserrat (2010). Can better governance increase university efficiency?. *Documents de Treball de l'IEB* 2010/52.
- Flegg, A. T., Allen, D. O. y Thurlow, T.W. (2004). Measuring the Efficiency of British Universities: A Multi-period Data Envelopment Analysis. *Education Economics*. 12 (3), 231-249.

- Gralka Sabine, Wohlrabe, Klaus y Bornmann, Lutz (2019). How to measure research efficiency in higher education? Research grants vs. publication output. *Journal of Higher Education Policy and Management*. 41(3), 322-341. DOI: 10.1080/1360080X.2019.1588492
- Gómez Sancho, José M. (2005). *La evaluación de la eficiencia productiva de las Universidades Públicas Españolas*. Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza.
- Gómez Sancho, José. M. y Mancebón Torrubia, María J. (2010). A new approach to measuring scientific production in JCR journals and its application to Spanish public universities. *Scientometrics*, DOI: 10.1007/s11192-010-0217-5.
- Hair, Joseph F.; Anderson, Rolph E.; Tatham, Ronald L.; Black, William (2001). *Análisis Multivariante*, 5ª edición, Ed. Prentice Hall.
- Johnes, Geraint (1995). Scale and technical efficiency in the production of economic research: data envelopment analysis of the 1992 research assessment exercise of British university departments of economics. *Applied Economics Letters*, 2, 7-11.
- Johnes, Geraint y Johnes, Jill (1993). Measuring the research performance of UK economics departments: an application of data envelopment analysis. *Oxford Economic Review*, 44, 322-347.
- Johnes, Geraint; Johnes, Jill; Thanassoulis, Emmanuel; Lenton, Pam y Emrouznejad, Ali (2005). An exploratory analysis of the cost structure of higher education in England, Department of Education and Skills, Research Report RR641, 60-84.
- Johnes, Jill (2006). Efficiency and productivity change in the English higher education sector from 1996/97 to 2002/03. *Working Paper 2006/017* Lancaster: Lancaster University Management School.
- Johnes, Jill. y Yu, Li (2008). Measuring the research performance of Chinese higher education institutions using data envelopment analysis. *China Economic Review*, 19 (4), 679-696.
- Johnes, Jill y Johnes, Geraint (1995). Research funding and performance in U.K. economics departments of economics: A frontier analysis. *Economics of Education Review*, 14(3), 301-314.
- Jordán, M. Wendy y Quispe, F. Gabith (2017). Aplicación del análisis envolvente de datos en las Universidades Autónomas de Bolivia. *European Scientific Journal*, 13 (28), 155-181.
- Joumady, Otham y Ris, Catherine (2005). Performance in European Higher Education: A non-parametric Production Frontier Approach. *Education Economics*, 13 (2), 189-205.
- Madden, Gary, Savage, Scott y Kemp, Steven (1997). Measuring public sector efficiency: a study of economics departments at Australian universities. *Education Economics*, 5, 153-168.
- Martín Vallespín, Emilio (2008). Rendición de cuentas y eficiencia de la Universidad pública en el proceso de convergencia europea. *Estudios de Hacienda Pública*. Instituto de Estudios Fiscales, 191- 233.
- Martín, R. Raquel (2005). *La eficiencia en la asignación de recursos destinados a la educación superior: el caso de la Universidad de La Laguna*. Tesis doctoral, Universidad La Laguna.
- Martínez Cabrera, Marcelino (2003). *Análisis de la Eficiencia Productiva en las Instituciones de Educación Superior*. Ed. Fundación BBVA, Bilbao.
- Martínez Cabrera, Marcelino (2000). Análisis de la Eficiencia Productiva de las Instituciones de Educación Superior. *Papeles de Economía Española*, (86), 179-191.
- Mollis, Marcela (2014). Administrar la crisis de la educación pública y evaluar la calidad universitaria en América Latina: dos caras de la misma reforma educativa. *Revista de la Educación Superior*, XLIII(1), 169, 25-45.

- Navarro, C. José C.; Gómez, M. Rodrigo y Torres, H. Zacarías (2016). Las universidades en México: una medida de su eficiencia a través del análisis de la envolvente de datos con bootstrap. *Acta Universitaria*, 26(6), 49-58.
- Nunamaker, R. Thomas (1985). Using data envelopment analysis to measure the efficiency of non-profit organizations: a critical avaluation. *Managerial and Decision Economics*, 6, 1, 50-58.
- Ortega, Vicente; Pérez Esparrells, Carmen y Rahona, L. Martha (2005). *La financiación de las Universidades Públicas de la Comunidad de Madrid y su aplicación a la Universidad Politécnica de Madrid*, Ed. Consejo Social de la Universidad Politécnica de Madrid.
- Peña, D. (2002): *Análisis de datos multivariantes*, Ed. Mc. Graw Hill.
- Pérez Esparrells, Carmen y Gómez Sancho, José M. (2010). Los rankings internacionales de las instituciones de educación superior y las clasificaciones universitarias en España: Visión panorámica y prospectiva de futuro. *Fundación de las Cajas de Ahorros*, Documento de trabajo, nº. 559/2010.
- Secretaría de Educación Pública (2019). Panorama de la educación superior. (2019), https://www.dgesu.sep.gob.mx/Panorama_de_la_educacion_superior.aspx, (10 de abril de 2019).
- Sexton, Thomas R.; Silkman, H. Richard y Hogan, Andrew J. (1986). Data envelopment analysis: critique and extensions, en Silkman, R. H. (editor): *Measuring Efficiency: an assessment of data envelopment analysis*, San Francisco, Jossey Bass.
- Sigler, M. Luis A. (2004). Aplicación del Data Envolvement Analysis a la producción de investigación económica en la Ciudad de México: La eficiencia relativa del CIDE, COLMEX, IPN, UAM y UNAM (1990-2002). Ponencia presentada en el 4th. International Symposium of Data Envelopment Analysis and Performance Management, Birmingham (Inglaterra).
- Trillo, David (2002). *La función de distancia: un análisis de la eficiencia en la Universidad*. Tesis doctoral. Universidad Rey Juan Carlos.
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2019). Explorador de datos del Estudio Comparativo de Universidades Mexicanas (ExECUM), <http://www.execum.unam.mx/> (05 de febrero de 2019).
- Vázquez Rojas, Angélica M. (2011). *Eficiencia técnica y cambio de productividad en la educación superior pública: un estudio aplicado al caso español (2000-2009)*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- Vázquez Rojas, Angélica M. y Pérez-Esparrells, Carmen (2016). Cambios en la productividad en las universidades públicas españolas, 2002-2009. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 18(1), 197-207.
- Worthington, Andrew C. y Lee, Boon L. (2005). Efficiency, technology and productivity change in Australian universities 1998-2003. *Working Paper 05/01*, University of Wollongong School of Accounting and Finance.

