

## Eficiencia del gasto público entre las universidades mexicanas y sus determinantes: Análisis Envoltante de Datos (AED) con aplicación de modelos semi-paramétricos en dos etapas\*

### Efficiency of Public Spending among Mexican Universities and Its Determinants: Data Envelopment Analysis (DEA) with the Application of Two-Stage Semi-Parametric Models

Raúl Barutch Pimienta Gallardo\*\*, Alejandro Mungaray Lagarda\*\*\* y Marco Tulio Ocegueda Hernández\*\*\*\*

#### RESUMEN

Se busca contribuir a la discusión sobre la eficiencia en las Universidades Públicas Estatales (Upes) de México. Con base en el enfoque metodológico de Simar y Wilson (2007), se utiliza el Análisis Envoltante de Datos (DEA) y un modelo de regresión truncada con remuestreo (bootstrapping) para evaluar el desempeño de las 34 Upes en 2015 y los factores determinantes que explican cambios en la eficiencia comparando con 2017. Los resultados muestran evidencia de que el PIB per cápita, la tasa de pobreza y la tasa de migración interestatal son aspectos del entorno que impactan de manera exógena la eficiencia institucional; mientras que aspectos institucionales como profesores de tiempo completo, número de investigadores, antigüedad de la institución y matrícula de mujeres presentan efectos en los niveles de eficiencia.

**Palabras clave:** Eficiencia, educación superior, gasto público, análisis envoltante de datos, regresión truncada.

**Clasificación JEL:** H21, A22, I21 y H61.

#### ABSTRACT

This paper attempts to contribute to the discussion on efficiency in Mexican public state universities. Based on the methodological approach of Simar and Wilson (2007), Data Envelopment Analysis (DEA) and a truncated regression model with bootstrapping are used to evaluate the performance of 34 universities in 2015 and the determinants that explain changes in efficiency compared to 2017. The results provide evidence that GDP per capita, poverty rate and interstate migration rate are environmental aspects that exogenously impact institutional efficiency, while institutional aspects such as full-time professors, number of researchers, age of the institution and female enrollment affect efficiency levels.

**Keywords:** Efficiency, higher education, public expenditure, data envelopment analysis, truncated regression

**JEL classification:** H21, A22, I21 and H61

\* Fecha de recepción: 13/05/2021. Fecha de aceptación: 07/03/2021.

\*\* Universidad Autónoma de Baja California, México. E-mail: [barutch.pimienta@uabc.edu.mx](mailto:barutch.pimienta@uabc.edu.mx). ORCID: 0000-0003-1983-4534.

\*\*\* Universidad de Sonora, México. E-mail: [mungaray@uabc.edu.mx](mailto:mungaray@uabc.edu.mx). ORCID: 0000-0001-5633-4585.

\*\*\*\* Universidad Autónoma de Baja California, México. E-mail: [marco\\_ocegueda@uabc.edu.mx](mailto:marco_ocegueda@uabc.edu.mx). ORCID: 0000-0001-8723-7884.

## INTRODUCCIÓN

Las instituciones de educación superior (IES) juegan un importante papel como mecanismo que impacta positivamente al bienestar económico en la sociedad. Esto se explica por su relación con la creación de nuevas tecnologías, el incremento en la eficiencia de procesos productivos y la mejora de los niveles de ingreso de la población con estudios universitarios. En este contexto, el estudio de la eficiencia de las IES adquiere relevancia, toda vez que un alto porcentaje del financiamiento de la educación superior proviene de recursos públicos. Según datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), en 2013 el gasto en educación superior fue, en promedio 70.5 por ciento de origen público para los países miembros, mientras que en México fue de 68 por ciento. Diversas investigaciones sobre el tema, han confirmado que la ineficiencia es un fenómeno común en la educación superior a nivel mundial, en particular en instituciones públicas, haciendo evidente la necesidad de mayor regulación por parte del Estado (Cunha y Rocha, 2012).

En el presente artículo, a partir del Análisis Envolvente de Datos (DEA por sus siglas en inglés), se evalúa la eficiencia de las 34 universidades públicas estatales (Upes) de México durante los años 2015 y 2017. Dicha técnica, al ser no paramétrica, presenta pocas restricciones metodológicas para la evaluación del desempeño en sectores como salud o educación (Afonso y St. Aubyn, 2005). Dado que las IES son organizaciones no lucrativas, los tipos de insumos y resultados obtenidos hacen que la tarea de evaluar su eficiencia sea compleja (Johnes, 2006), por lo que la utilización del DEA resulta una estrategia metodológica adecuada.

El objetivo de la investigación es explicar los cambios en el nivel de eficiencia de las Upes entre 2015 y 2017. Se parte de la hipótesis de que, aspectos exógenos relacionados con el entorno socioeconómico de las entidades federativas y endógenos con características institucionales se relacionan con la eficiencia de las universidades. De manera concreta, se espera que las condiciones económicas medidas como el PIB per cápita, la población en condición de pobreza, la tasa de migración interestatal y la región socioeconómica de las entidades, donde se encuentran las universidades, afecten la forma de utilizar recursos institucionales para lograr objetivos educativos y de calidad. Por otra parte, se esperaría que la incorporación de profesores de tiempo completo (PTC) o al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) así como la antigüedad de la institución desde su fundación hasta la actualidad, presenten efectos positivos en la eficiencia institucional, contribuyendo a que las Upes mejoren en su desempeño como unidades tomadoras de decisiones. Finalmente, se incorpora en el modelo la matrícula de mujeres en las universidades para indagar sobre las implicaciones que puede tener el tema del género en los criterios de eficiencia especificados.

Después de realizar una revisión literaria sobre el estado del arte, se argumenta sobre la conveniencia de especificar modelos de regresión truncada, en los que se remuestrea (*bootstrapping*) el indicador estimado de eficiencia. Para esto, se sigue la metodología desarrollada por Simar y Wilson (2007), la cual resulta de gran utilidad para determinar los efectos que pueden tener aspectos del entorno, como los socioeconómicos o institucionales sobre la eficiencia, pero con estimaciones que resultan consistentes, insesgadas y sin autocorrelación. Por último y con base en los resultados obtenidos, se presentan algunas reflexiones finales que contribuyen a la discusión del tema tanto desde una perspectiva económica y educativa como metodológica, ya que los trabajos académicos que han evaluado los determinantes de la eficiencia son escasos para México, en particular, en la implementación de modelos de regresión truncada.

## I. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Diversos trabajos han abordado la eficiencia en IES aplicando el DEA, utilizando distintos tipos de medidas de insumos, como el financiamiento de la institución, financiamiento por estudiante, personal académico, personal administrativo y número de estudiantes. Como medida del producto obtenido, se ha utilizado el número de publicaciones, artículos científicos, graduados, etcétera. (St. Aubyn, Pina, García y Pais, 2009; Cunha y Rocha, 2012; Wolszczak-Derlacz, 2014; Gromov, 2017; Villarreal y Tohme, 2017).

Por otra parte, existe evidencia sobre la importancia de políticas públicas encaminadas a la mejora de la eficiencia (Agasisti, 2011; Agasisti y Haelermans, 2015), sobre todo en un contexto donde la asignación de recursos requiere mayor participación de instituciones públicas que corrijan las imperfecciones inherentes al funcionamiento asimétrico del mercado. En este sentido, St. Aubyn *et al.* (2009) en un estudio en el sistema educativo superior de la Unión Europea (UE), Japón y Estados Unidos, concluyen que reglas adecuadas de financiamiento, evaluaciones institucionales independientes y política autónoma de elección del personal, hacen más eficiente al sistema. Por su parte, Warning (2004) evalúa la eficiencia de 73 universidades públicas de Alemania, utilizando el gasto institucional como insumo, así como publicaciones y graduados para medir resultados eficientes y comparar estrategias institucionales de docencia e investigación, con modelos de regresión por cuantiles que muestran los efectos de diversas variables exógenas sobre los indicadores de eficiencia.

Para América Latina, Villarreal y Tohme (2017) aplican en 2009 el análisis DEA al programa de Contador Público en la Universidad Nacional del Sur en Argentina,

considerando como variables de insumo el número de profesores, auxiliares de docencia, personal técnico-administrativo e infraestructura (biblioteca y laboratorios de computación) y como variables de resultado la matrícula, alumnos aprobados, ausentes y cantidad de horas aula por semana. Asimismo, Quispe y Jordán (2017), evalúan la eficiencia técnica universitaria de 11 universidades pertenecientes al Sistema de Universidades Bolivianas entre los años 2014 y 2015, utilizando el número de profesores y número total de trabajadores administrativos como variables de insumo y la matrícula, titulados y estudiantes de nuevo ingreso como variables de producto. Finalmente, Tello y Flores (2021), determinan la eficiencia de 42 universidades públicas de Perú para 2016, utilizando como único insumo el presupuesto de la institución y como variables de resultado el número de investigadores y la matrícula total.

Con respecto a los factores determinantes de la eficiencia en educación superior, diversos trabajos académicos han contribuido a esta discusión. Se han especificado distintos modelos estadísticos multivariados y empleado distintas metodologías para lograr este objetivo (Wolszczak-Derlacz y Parteka, 2011; Selim y Bursalioglu (2013); Wolszczak-Derlacz, 2014; Gromov, 2017; Quiroga-Martínez, Fernández-Vázquez y Lucía, 2018; Nugraha, Subekti y Purwanti, 2019; Salas-Velasco, 2020).

Quiroga-Martínez *et al.* (2018), analizan la eficiencia en la educación superior de Argentina durante el periodo 2004-2013, tomando como insumos la matrícula, presupuesto y número de profesores, y como variables de resultados los alumnos graduados y publicaciones científicas. Mediante un modelo de datos de panel, concluyen sobre los efectos del nivel de clasificación del profesor o por su categoría de tiempo completo o parcial sobre la calidad de su ejercicio docente. En ambos casos, se encontró evidencia de mejoras en la eficiencia.

Algunas investigaciones sobre el tema han buscado explicar la eficiencia en educación superior, mediante modelos de regresión truncada. Lo anterior, dada la naturaleza de los estimadores DEA. Selim y Bursalioglu (2013) especifican modelos de panel tipo Tobit para determinar los factores que impactan la eficiencia en 51 universidades públicas de Turquía durante el periodo 2006 y 2010. De acuerdo con los autores, la empleabilidad y el número de publicaciones presentan efectos positivos sobre la eficiencia, mientras que las asignaciones presupuestarias del gobierno la afectan negativamente, sugiriendo sobre la importancia de buscar esquemas de financiamiento más vinculados al sector privado. Nugraha *et al.* (2019), también emplean un análisis en dos etapas mediante la especificación de un modelo Tobit para determinar que los ingresos no relacionados con el servicio, la independencia financiera y el costo de los servicios presentaron un impacto positivo sobre la eficiencia técnica de 32 universidades públicas de Indonesia durante el periodo 2013-2015.

Por su parte, Gromov (2017) utiliza la misma estrategia metodológica para analizar 120 IES en Rusia durante el periodo 2012-2014, con la diferencia de que

realiza un análisis dinámico, mediante el cálculo del índice Malmquist. Los resultados muestran una relación positiva con la modernización del proceso de asignación en las IES, lo que lleva a concluir sobre la importancia de los mecanismos de política pública para incrementar la eficiencia de aquellas instituciones que están alejadas de las mejores prácticas.

Por último, se tienen algunos trabajos que han implementado el análisis DEA en dos etapas propuesto por Simar y Wilson (2007). Dicha metodología utiliza un proceso de remuestreo que, a diferencia de los modelos Tobit, corrige el sesgo en las estimaciones. En este sentido, Wolszczak-Derlacz y Parteka (2011), al analizar 259 IES de siete países europeos durante 2001-2005, encuentran diferencias en los niveles de eficiencia según el país y muestran evidencia de efectos positivos asociados al financiamiento externo y a la participación de un mayor número de mujeres en los equipos académicos de trabajo. Posteriormente, Wolszczak-Derlacz (2014) mostró que el tamaño, composición y localización de los departamentos económicos, así como la estructura del financiamiento, incrementaron la eficiencia de 10 universidades de Estados Unidos y Europa durante 2000-2010. Mientras que Salas-Velasco (2020) realiza el análisis DEA con un enfoque orientado hacia el producto para determinar la eficiencia de 45 universidades públicas españolas y, en la segunda etapa, muestra los efectos positivos que tienen los profesores con nombramiento en propiedad de su posición académica, así como de los egresados que gozaron de una beca Erasmus y las concesiones por parte del gobierno.

Para el caso mexicano, diversos trabajos han implementado técnicas no paramétricas en la estimación de la eficiencia en universidades públicas. Uno de los aspectos que mayor interés ha despertado, es evaluar la eficiencia con que se ejerce el financiamiento federal de las IES (Mungaray, Ocegueda, Moctezuma y Ocegueda, 2016). Para medir el resultado, se han utilizado aspectos como alumnos de nuevo ingreso, alumnos egresados, programas acreditados, cuerpos académicos, matrícula, graduados, profesores, profesores con doctorado, profesores pertenecientes al SNI y publicaciones que se encuentran indexadas en el International Scientific Index (ISI) (Alcaraz-Ochoa y Bernal-Domínguez, 2017; Navarro, Gómez y Torres, 2016). Vázquez, Rodríguez y González (2020) realizan, con datos del 2017, una amplia revisión de distintos indicadores de educación superior del subsistema educativo al que pertenecen las Upes en México. Bajo el agumento de la heterogeneidad presente entre dichas IES, se segmentan en ocho distintas ramas de conocimiento o enseñanza y se evalúa la eficiencia de 33 universidades, utilizando enfoques de docencia e investigación. Para el primero, se toman como variables de insumo a la matrícula total, personal docente y el financiamiento de la universidad, mientras que como variables de producto, se utilizan el número de egresados; para el segundo enfoque, se emplean las variables de matrícula en maestría y doctorado, profesores de tiempo completo y el financiamiento como insumos y a los egresados de maestría y doctorado, junto con el número de publicaciones como variables de resultado.

Reyes, Nande y Hernández (2020) plantean un análisis dinámico y calculan índices de productividad Malmquist para 44 Upes durante el periodo 2007-2017. Muestran que, en promedio, la productividad institucional se ha ido incrementando 5.2 por ciento y se explica por mejoras en los procedimientos de investigación más que por el uso eficiente de los recursos disponibles.

Por último, González-Cadena y Coronado-Meneses (2021) efectúan un análisis de eficiencia destacando la importancia de diferenciar las distintas dimensiones (como la docencia, investigación y aspectos vinculados con el emprendimiento y la innovación) sobre las que las universidades tienen un impacto social para poder elegir las variables de insumo y de producto.

Con base en la anterior revisión literaria, en esta investigación se plantea un análisis de eficiencia para las 34 Upes mexicanas, utilizando el análisis DEA y estimando los efectos que tienen distintas variables institucionales y socioeconómicas sobre dicha eficiencia, mediante un modelo de regresión truncada y siguiendo la metodología propuesta por Simar y Wilson (2007). Dicho análisis contribuye, de manera importante, a la discusión del tema en México, ya que los trabajos que aplican dicha estrategia metodológica son escasos.

## II. METODOLOGÍA

El concepto de eficiencia tiene que ser definido de manera relativa, como la relación entre un insumo (*input*) utilizado para obtener un producto (*output*) a través de un proceso. Para esto es necesario que al medir los recursos empleados por un agente se pueda comparar con la misma relación de otro agente que cuente con la mejor práctica observada. La medición de la eficiencia productiva en empresas o instituciones, tanto públicas como privadas, tiene su origen en Farrell (1957), quien propone una técnica no paramétrica basada en programación lineal (PL). Es una alternativa empírica a planteamientos metodológicos que sólo considera la productividad promedio del trabajo con base en la función de producción propia de la teoría económica neoclásica. A partir de esta técnica, Charnes, Cooper y Rhodes (1978) y Banker, Charnes, y Cooper (1984), desarrollan el DEA bajo el supuesto de Rendimientos Constantes a Escala (RCE) o Modelo CCR, por las siglas de los autores. Al considerar un conjunto de Unidades Tomadoras de Decisión (DMU por sus siglas en inglés), utilizan un conjunto común de insumos para la obtención de un conjunto común de productos y crean una frontera de producción que permite determinar cuales de las DMU resultan más cercanas a dicha frontera y, por ende, más eficientes (Martić, Novaković y Baggia, 2009).

De manera general se puede entender al DEA como una técnica no estadística y no paramétrica que, al no hacer supuestos sobre la distribución de las observaciones ni sobre la forma funcional en la función de producción (Johnes, 2006), resulta ade-

cuada para evaluar la eficiencia en procesos del sector de educación superior donde establecer una forma funcional resulta complicado (Harbison y Hanushek, 1992; Clements, 1999).

## II.1. *Análisis Envolvente de Datos (DEA)*

Inicialmente, el modelo PL se especifica de forma fraccional y se resuelve para determinar la eficiencia  $h_j$  de cada una de las  $n$  observaciones. Sea  $x_{ij}$  el *input*  $i$  con  $i = 1, 2, \dots, m$  para la  $DMU_j$  con  $j = 1, 2, \dots, n$  donde  $x_{ij} > 0$  y por otra parte, sea  $y_{rj}$  el *output* obtenido  $r$  con  $r = 1, 2, \dots, s$  para la  $DMU_j$  con  $j = 1, 2, \dots, n$ . El modelo CCR que resuelve el problema para la  $DMU_k$  eficiente, queda formulado como sigue:

$$\begin{aligned} \max h_j &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} & (1) \\ \text{s.a} & \\ \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} &\leq 1; \quad j = 1, 2, \dots, j_k, \dots, n. \\ u_r, v_i &\geq 0; \quad r = 1, 2, \dots, s; \quad i = 1, 2, \dots, m. \end{aligned}$$

Donde  $u_r$  y  $v_i$  representan las ponderaciones de las variables que serán determinadas al resolver el problema. La eficiencia relativa  $h_j$  queda definida como el cociente entre la suma ponderada de los productos y la de los insumos para la  $k$ -ésima  $DMU$ ; dada las restricciones del modelo, resulta evidente que  $0 < h_k \leq 1$  y por lo tanto  $h_k = 1 = h_0^*$  representa que la  $DMU_0$  es eficiente mientras que  $h_k < 1$  indicaría que la  $DMU_k$  sería relativamente ineficiente con respecto a la  $DMU_0$ .

El modelo 1, al presentar una función objetivo y restricciones fraccionales, resulta en un modelo no lineal y no convexo que no puede resolverse por los métodos convencionales de PL. Charnes y Cooper (1962) lo reducen a uno con características lineales y resoluble por PL. El modelo CCR transformado implica maximizar el numerador mientras que el denominador se iguala a 1. Incorporando las restricciones necesarias, el modelo queda de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \max h_k &= \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} & (2) \\ \text{s.a} & \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0; \quad j = 1, 2, \dots, j_k, \dots, n. \\ u_r, v_i &\geq 0; \quad r = 1, 2, \dots, s; \quad i = 1, 2, \dots, m. \end{aligned}$$



Por último, se tiene que el modelo DEA-CCR, fue extendido por Banker *et al.* (1984) suponiendo Rendimientos Variables a Escala (RVE). Para esto se determina el modelo CCR dual, que facilita la interpretación del resultado, al representar los precios sombra de las DMU e interpretándolos como el grado de ineficiencia de éstas. Para esto, se incorpora en el modelo la restricción  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$  quedando un problema en la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \min \theta_k & \quad (3) \\ \text{s.a} & \\ \sum_{r=1}^s \lambda_j x_{ij} & \leq \theta_k x_{ik}; \quad i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{r=1}^s \lambda_j y_{jr} & \geq y_{rk}; \quad r = 1, 2, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j & = 1 \\ \lambda_j & \geq 0; \quad j = 1, 2, \dots, j_k, \dots, n. \end{aligned}$$

En este modelo, lo que se busca es minimizar la función  $\theta$  de la  $k$ -ésima DMU que representa al índice de eficiencia y sujeto a que la suma ponderada, por el factor  $\lambda_j$ , de los *inputs*  $x_{jr}$  debe ser menor o igual que el valor del *input* de la DMU analizada y a que la suma ponderada de los *outputs*  $y_{jr}$  debe ser mayor o igual que el valor del *output* de la DMU analizada. El factor  $\lambda_j$  representa las ponderaciones que reciben cada una de las DMU y es clave para especificar el tipo de rendimientos supuestos. El DEA-CCR no restringe para que dichas ponderaciones sumen 1 de manera global, lo que implica que la DMU eficiente de referencia, es la misma para todas las observaciones, independientemente del peso que éstas tengan. Por su parte, el DEA-RVE, al imponer una restricción donde la suma de dichas ponderaciones sea igual a 1, permite que unidades con distintos pesos puedan ser eficientes al compararse sólo con aquellas que tengan los mismos pesos. Esto último permite tener convexidad en la función de producción.

La diferencia entre rendimientos supuestos lleva a considerar dos tipos de eficiencia. La eficiencia técnica (ET), resultado de asumir RCE y también conocida como eficiencia administrativa (EA), que mide el éxito de una DMU en producir lo mejor posible resultados, dado un conjunto de *inputs* sin tomar en cuenta la ineficiencia atribuida a distintas combinaciones de *inputs* y *outputs*. Por otra parte, se tiene la eficiencia técnica pura (ETP) que resulta del supuesto de RVE y no considera las ineficiencias propias de la escala de operación de la unidad analizada, lo cual se logra por la comparación entre unidades del mismo tamaño o



escala. En términos prácticos, la medición de la eficiencia puede ser definida como sigue:

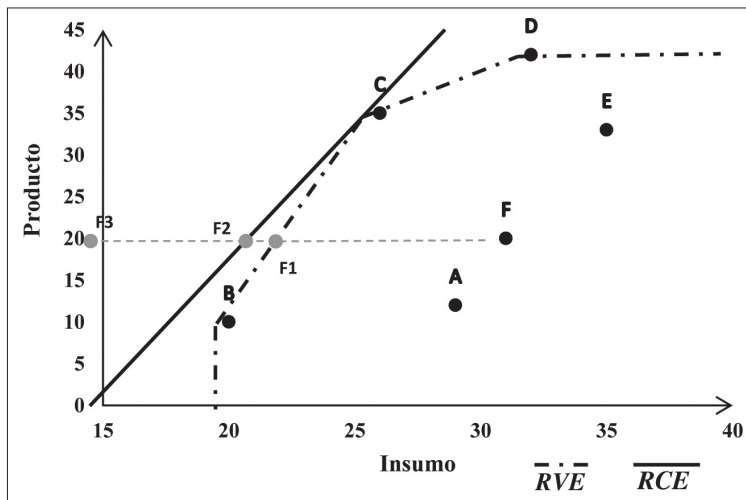
$$\text{Eficiencia de Escala de la DMU}_k = \frac{\text{Eficiencia con RCE}}{\text{Eficiencia con RVE}} = EE_k = \frac{ET_k}{ETP_k} \quad (4)$$

Donde  $EE_k \leq 1$ , lo que significa que la ET nunca puede exceder la ETP. Asimismo, se puede plantear una descomposición para la ET que resulta del modelo DEA-CCR con la expresión:

$$ET_k = ETP_k \times EE_k$$

La figura 1 muestra las fronteras de producción según el tipo de rendimientos supuestos. Si se analiza bajo el supuesto de RCE, la única observación eficiente es el punto C al encontrarse sobre la frontera, mientras que el resto se consideran ineficientes con respecto a C. Por otro lado, la frontera RVE, al asumir convexidad, se vuelve menos restrictiva permitiendo que las DMU B y D presenten una eficiencia relativa con relación a aquellas observaciones que tienen la misma ponderación. Con base en la figura 1 y desde un enfoque *input*, la interpretación sería que las unidades A, E y F resultaron ser más ineficientes, ya que podrían ubicarse en la frontera productiva obteniendo el mismo resultado con una cantidad de insumo menor, tal como lo muestra la línea F-F1.

Figura 1. Fronteras de producción del DEA por tipo de rendimiento.



Fuente: Elaboración propia.

El cálculo de la eficiencia de escala puede resultar importante en estudios de sectores donde las mejoras en la productividad puedan acompañarse de la generación de economías de escala (Schuschny, 2007). Por lo que, con respecto al análisis de las IES o cualquier otra institución de carácter público, la eficiencia de mayor interés es la EFT. Por lo tanto, el supuesto de RVE resulta más adecuado.

## II.2. Inferencia Estadística

Modelar los efectos que distintas variables institucionales o socioeconómicas tienen sobre los estimadores DEA, presenta dificultades estadísticas debidas a la naturaleza determinística del proceso generador de datos (PGD) del cual resultan variables truncadas (con valores entre 0 y 1) y, como consecuencia, las estimaciones resultan inconsistentes, sesgadas y autocorrelacionadas. Para resolver esto, se especifican modelos de regresión truncada tipo Tobit (Selim y Bursalioglu, 2013; Gromov, 2017; Nugraha, Subekti y Purwanti, 2019) o se corrigen los resultados del DEA por medio de remuestreo o *bootstrapping* (Simar y Wilson, 2007) y se especifica un modelo de regresión truncada con las correcciones estadísticas necesarias (Wolszczak-Derlacz y Parteka, 2011; Wolszczak-Derlacz, 2014; Quiroga-Martínez, Fernández-Vázquez y Lucía, 2018; Nugraha, Subekti y Purwanti, 2019; Salas-Velasco, 2020).

De acuerdo con Simar y Wilson (2007) el procedimiento para estimar modelos estadísticos que permitan realizar inferencia sobre los efectos que pueden tener distintas variables sobre la eficiencia, requiere de dos etapas. En la primera, se determina la eficiencia de la DMU mediante el análisis DEA, pero aplicando un proceso de remuestreo o *bootstrapping* a dichos indicadores. Una vez realizado dicho proceso estadístico, se puede especificar un modelo en el que los efectos estimados sobre la eficiencia no presenten sesgos en sus valores, tal como ocurre cuando se especifican modelos convencionales de regresión truncada.

Los modelos incorporan al indicador de eficiencia DEA ( $\hat{\theta}_i$ ) como variable dependiente, en función de un vector de variables ( $Z_i$ ) que pueden tener algún tipo de influencia sobre la eficiencia o la productividad, especificados de la siguiente manera:

$$\hat{\theta}_i = \alpha + Z_i\beta + \varepsilon_i, \quad (6)$$

donde  $\varepsilon_i \leq 1 - \alpha - Z_i\beta$ , toda vez que  $\hat{\theta}_i \leq 1$ . El término de error ( $\varepsilon_i$ ) se correlaciona con el vector ( $Z_i$ ), debido a la correlación entre las variables *input* y *output* utilizadas en el análisis de eficiencia y los aspectos sociales, económicos o institucionales que pudieran afectarla.

### I.3. Datos y criterios de eficiencia

Para evaluar la eficiencia en IES durante 2015 y 2017, se recurre a las 34 Upes que pertenecen a la Dirección General de Educación Superior Universitaria (DGESU). Se establecen criterios de eficiencia con base en dos dimensiones del ámbito de las instituciones universitarias que se definen por los objetivos fundamentales de éstas. A saber, la dimensión de docencia y la de investigación. Dichas dimensiones permiten definir los recursos necesarios para llegar a un objetivo determinado y así poder utilizar las variables más adecuadas (véase cuadro 1).

Cuadro 1. *Universidades Públicas Estatales de México (Upes).*

Benemérita U. A. de Puebla	BUBUAP	U. A. de Tamaulipas	UAT
Instituto Tecnológico de Sonora	ITSITSON	U. A. de Tlaxcala	UATX
U. A. Benito Juárez de Oaxaca	UAUABJO	U. A. de Yucatán	UADY
U. A. de Aguascalientes	UAUAA	U. A. de Zacatecas	UAZ
U. A. de Baja California	UAUABC	U. A. del Carmen	UNACAR
U. A. de Baja California Sur	UAUABCS	U. A. del Estado de Hidalgo	UAEH
U. A. de Campeche	UAUACAM	U. A. del Estado de México	UAEMEX
U. A. de Chiapas	UNUNACH	U. A. del Estado de Morelos	UAEM
U. A. de Chihuahua	UAUACH	U. de Colima	UCOL
U. A. de Ciudad Juárez	UAUACJ	U. de Guadalajara	UDG
U. A. de Coahuila	UAUADEC	U. de Guanajuato	UGTO
U. A. de Guerrero	UAUAGRO	U. de Quintana Roo	UQROO
U. A. de Nayarit	UAUAN	U. de Sonora	UNISON
U. A. de Nuevo León	UAUANL	U. Juárez Autónoma de Tabasco	UJAT
U. A. de Querétaro	UAUAQ	U. Juárez del Estado de Durango	UJED
U. A. de San Luis Potosí	UAUASLP	U. Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	UMICH
U. A. de Sinaloa	UAUAS	U. Veracruzana	UV

Fuente: Elaboración propia.

En el marco de la dimensión de docencia, se asumen las variables del financiamiento de las Upes y el número de profesores como los insumos necesarios para poder obtener un número de egresados y programas acreditados de calidad; mientras que para la dimensión de investigación se toma como insumo al número de investigadores y de publicaciones como variable para medir el resultado (véase cuadro 2).

Cuadro 2. *Criterios de eficiencia.*

Dimensión	Variables de insumo	Variables de producto
Docencia	Gasto de la Upe	Egresados
	Número de profesores	Programas acreditados de calidad por Copaes y Ciees
Investigación	Investigadores	Publicaciones

Fuente: Elaboración propia.

Los datos se toman del Estudio Comparativo de las Universidades Mexicanas (Execum) publicado anualmente por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Para el financiamiento se consideran los subsidios ordinarios federales y estatales, y los subsidios extraordinarios en los casos que hayan sido ejercidos. También, se toman los datos del número total de profesores y egresados. Asimismo, para los programas de licenciatura de calidad, se consideran los acreditados por el Consejo para la Acreditación de la Educación Superior A. C. (Copaes) y los evaluados en nivel 1 por los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (Ciees), mientras que para el número de investigadores se toman a todos los profesores pertenecientes al SNI y en las publicaciones se consideran aquellas de revistas indexadas en el índice SCOPUS y en el Science Citation Index (SCI).

#### 1.4. Modelo Econométrico

Para evaluar los determinantes de la eficiencia, se especifican tres modelos de acuerdo al tipo de criterio utilizado. De manera general el planteamiento econométrico es el siguiente:

$$\hat{\theta}_i = \alpha_0 + \sum_1^n \beta_n Z_j + \sum_{n+1}^m \beta_m X_i + \sum_{n=1}^5 \partial_n R_n + \varepsilon_i \quad (7)$$

donde  $\hat{\theta}_i$  representa el indicador de eficiencia técnica de la IES  $i$ , remuestreado para corregir la correlación y el sesgo en la estimación. Dicho indicador se obtiene en la primera etapa del análisis.  $Z_j$  es el vector de variables que afectan a la eficiencia, vinculadas a aspectos socioeconómicos de la entidad  $j$  en las que se encuentra la IES  $i$ . Por otra parte, el vector  $X_i$  incorpora variables de carácter institucional que, de acuerdo con los trabajos previos sobre el tema, se espera tengan efectos sobre la eficiencia. Por último, el término  $\sum_{n=1}^5 \partial_n R_n$  incorpora efectos regionales ocasionados por la ubicación geográfica de la IES, tomando valores de 1 si la institución pertenece a la región y 0 en caso contrario, donde  $\partial_n$  representa el parámetro asociado a la variable  $R$  que representa la región.

Se utiliza la regionalización socioeconómica propuesta por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi), la cual considera indicadores de vivienda, salud, educación y empleo. Se divide al país en siete regiones socioeconómicas, incorporando entidades federativas de mayor a menor ventaja relativa con base en sus indicadores, siendo la región 7 la de mayor ventaja y la región 1 la de menor. Dado que no existen Upes en la Ciudad de México, la región 7 es excluida del modelo. Asimismo, la región 6 se especifica como referencia y se excluye para evitar la “trampa de variable ficticia” (véase cuadro 3).

Cuadro 3. *Regiones socioeconómicas de las entidades federativas.*

Región	Entidades federativas
1	Oaxaca, Guerrero y Chiapas
2	San Luís Potosí, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Tabasco y Campeche
3	Durango, Zacatecas, Guanajuato, Michoacán y Tlaxcala
4	Sinaloa, Nayarit, Querétaro, Estado de México y Morelos
5	Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua y Tamaulipas
6	Jalisco, Aguascalientes, Nuevo León y Coahuila
7	Ciudad de México

Fuente: Inegi.

De acuerdo con la hipótesis planteada, se esperaría que variables económicas vinculadas con el nivel de ingreso o bienestar de las familias, presenten un impacto positivo y de carácter exógeno en la eficiencia de las Upes. Esto se explicaría porque, tanto alumnos como personal de las universidades se encontrarían en condiciones más adecuadas para poder realizar sus actividades académicas y laborales. Para esto se utilizan las variables de población en situación de pobreza de las entidades, publicada por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval) y el PIB per cápita calculado con datos del PIB a precios reales del 2008, publicado por Inegi y con las proyecciones poblacionales del Consejo Nacional de Población (Conapo).

Asimismo, se considera que la tasa neta de migración interestatal de cada una de las entidades federativas, refleja el grado de movilidad entre las entidades que, si bien es cierto, no se relaciona exclusivamente con la movilidad estudiantil, sí forma parte de este fenómeno; ya que podría impactar favorablemente a la eficiencia, pues implicaría una mayor diversidad en la población tanto académica como laboral para las universidades que contribuiría con mejoras en la productividad.

Con respecto a los aspectos institucionales, el número de PTC y profesores que pertenecen al SNI en las universidades, sugerirían mejores resultados académicos y un impacto positivo, de carácter endógeno, en la eficiencia. Asimismo, se supone, para la especificación del modelo, que la antigüedad de las universidades se vincula con el grado de eficiencia, ya que refleja un mayor nivel de consolidación institucional que resulta en mejores prácticas. Por otra parte, indagar sobre las implicaciones que puede tener la matrícula de mujeres para la eficiencia de las Upes resulta de interés, contextualizando el problema en el marco de la equidad de género y las dificultades que pueden presentar las alumnas para egresar de sus universidades.

Finalmente, en la dimensión de investigación, se espera que el financiamiento de la universidad, relativizado con respecto al número de investigadores, presente una relación positiva con la eficiencia.

## II. RESULTADOS

### II.1. *Análisis exploratorio de las variables de insumo y producto*

A pesar de que se analizan universidades pertenecientes a un subsistema, los coeficientes de variación (CV) muestran grandes diferencias en las variables utilizadas para calcular la eficiencia. La mayor homogeneidad se encontró en los programas acreditados de calidad, pues las Upes son evaluadas con los mismos criterios por parte de los organismos acreditadores. Sin embargo, aunque es la variable con un menor CV esto no significa que sea bajo, ya que presenta una variación del 64 por ciento con respecto al promedio.

Por su parte, los datos de publicaciones y egresados presentan dispersiones superiores entre 78 y 85 por ciento. Dichas diferencias se mantienen de manera consistente en los dos años analizados. Con respecto a los presupuestos asignados, la diferencia entre los valores mayor y menor, ejercidos por las Upes fue muy grande y distinta entre 2015 y 2017. En el primer año, ésta fue de 4,476.73 millones de pesos, lo que se traduce en 2,169.27 por ciento más con respecto a la de menos gasto. Mientras que, en 2017, la diferencia fue de 5,269.59 millones de pesos. Esto significa que la institución que más gastó, lo hizo en el orden de 2,613 por ciento más respecto a la que menos financiamiento tuvo. Al revisar el CV del financiamiento, del 77 por ciento en ambos años, podemos confirmar las enormes disparidades existentes en la distribución de los recursos para el financiamiento de las Upes.

En términos de PTC y profesores con SNI, la situación también resulta compleja, en términos de disparidades entre las universidades. En 2015, la universidad con más PTC tuvo 8,427 mientras que el valor mínimo fue de 190. Por su parte, en términos de investigadores, se tuvo un máximo de 853 profesores y un mínimo de 41. Esto representa disparidades del orden del 4,335.26 por ciento y 1,980.41 por ciento respectivamente. Con respecto al 2017, no existen grandes diferencias en dichas disparidades, lo que se puede corroborar comparando la variación, con respecto al promedio, que se presentan en los dos años (véase cuadro 4).

Cuadro 4. *Estadísticas descriptivas de las variables input y output utilizadas.*

Variable	Media	Desviación típica	Coefficiente de variación	Min.	Max.
<b>2015</b>					
<i>N=34</i>					
<i>Gasto de la Upe</i>	1370.33	1050.26	76.6%	206.37	4683.10
<i>Número de profesores</i>	2525	1811	71.7%	190	8427
<i>Investigadores</i>	229	195	85%	41	853
<i>Publicaciones</i>	370	313	85%	34	1089
<i>Egresados</i>	3688	2962	80%	269	12952
<i>Programas de calidad</i>	72	45	64%	19	208
<b>2017</b>					
<i>N=34</i>					
<i>Gasto de la Upe</i>	1590.68	1226.98	77%	201.64	5471.23
<i>Número de profesores</i>	2686	1848	69%	431	9025
<i>Investigadores</i>	270	231	86%	38	1060
<i>Publicaciones</i>	489	413	85%	48	1533
<i>Egresados</i>	4483	3484	78%	471	14841
<i>Programas de calidad</i>	92	64	69%	30	321

Fuente: Estudio Comparativo de las Universidades Mexicanas (Execum).

Si se considera que estos datos representan el promedio de las Upes, resulta interesante el hecho de que entre 2015 y 2017, a pesar de que los insumos institucionales: financiamiento de las universidades, PTC y profesores con SNI crecieron a tasas del 16, 6.36 y 17.9 por ciento, respectivamente, éstas fueron menores a las de las variables que miden el logro. En una primera aproximación, esto se puede interpretar como indicativo de eficiencia de las Upes comparativamente entre esos años.

## II.2. *Análisis de la eficiencia*

Los indicadores de eficiencia calculados mediante el análisis DEA muestran que, en promedio entre 2015 y 2017, ésta presentó mejoras en las 34 Upes, independientemente de la dimensión analizada. El análisis DEA, al ser estático, no permite argumentar sobre el porcentaje de dicha mejora, pero sí permite observarla.

De las dos dimensiones, la docencia observó la eficiencia promedio mayor. En 2015 el indicador promedio fue de 0.8511 y en 2017 fue 0.8535, mientras que en materia de investigación la eficiencia promedio fue de 0.7314 en 2015 y 0.7469 en 2017. Esto muestra que, bajo el criterio de docencia, las instituciones presentaron mejores prácticas con respecto al uso de recursos para lograr el objetivo de incremen-



tar el número de egresados y de acreditar programas de calidad. Aunque la eficiencia de ambas dimensiones presenta prácticas más homogéneas y un bajo nivel de dispersión o desigualdad entre las universidades, ya que en docencia pasó del 21 al 17 por ciento y del 27 al 20 por ciento en investigación (véase cuadro 5).

Cuadro 5. Estadísticos descriptivos de los indicadores de eficiencia.

Estadístico	Docencia		Investigación	
	2015	2017	2015	2017
Media	0.8511	0.8535	0.7314	0.7469
Desviación estándar	0.1745	0.1472	0.1984	0.1490
Coef. de variación	21%	17%	27%	20%
Unidades eficientes	12	13	7	5

Fuente: Elaboración propia.

Además, para 2015, 35 por ciento de las instituciones fueron eficientes dentro de la dimensión de docencia, mientras que en 2017 el porcentaje se incrementó 38 por ciento. Si se analiza a nivel de cuartiles, bajo el criterio de docencia, se tiene que 24 por ciento de las universidades analizadas se encontraban en el grupo más ineficiente con valores entre 0.731 y 0.4211 mientras que 50 por ciento se encontraba en el grupo de las más eficientes con valores de entre 1.000 y 0.9359. Dichas proporciones no cambiaron entre los dos años, aunque sí existieron cambios en las posiciones.

Se puede ver que hubo algunas instituciones que presentan las mejores prácticas en términos globales del análisis, pues se mantuvieron en la frontera de producción eficiente con un indicador de 1.000.

Por otra parte, algunas Upes presentaron avances notables entre un año y otro; y aunque el análisis DEA no explica los cambios de posición en la eficiencia, éstos sirven para comparar los cambios en las prácticas institucionales entre un año y otro. Por ejemplo, entre el 2015 y 2017, las universidades BUAP, UABCS, UACAM, UACJ, UAQ y la UAEM incrementaron su eficiencia de manera importante, cerca o a nivel de la frontera de producción. Por otra parte, la UAT, la UADY y la UCOL mostraron reducciones significativas al ubicarse en la frontera de producción hasta 0.7981, 0.8360 y 0.6876 respectivamente.

Con respecto a la dimensión de investigación, los resultados fueron más restrictivos ya que, en 2015 sólo 21 por ciento de las Upes se encontró en la frontera de eficiencia con un valor de 1.000 mientras que para 2017 esto se redujo 15 por ciento. Los resultados por cuartiles muestran que el 26.47 de las universidades se encuentra ubicada en el grupo de Upes ineficientes con valores entre 0.5913 y 0.3131, mientras que las Upes eficientes también representaron 26.47 por ciento, lo que no habla de una distribución normal en los resultados obtenidos.

En términos de cambios entre cada año, sólo la UANL y UASLP se mantuvieron en la frontera de eficiencia durante 2015 y 2017. Por su parte, la UACAM, UNACAR y la UDG mejoraron sus prácticas, llegando hasta la frontera de eficiencia y siendo la UDG un caso notable, ya que en 2015 su indicador era de 0.7540. Dentro de las Upes que empeoraron sus niveles de eficiencia, se encuentran: la BUAP, ITSON, UABJO, UAN Y UAEM las que, de estar en la frontera eficiente, pasaron a niveles de ineficiencia donde el caso de la UAN llama la atención al pasar de 1.000 a 0.5849, es decir que pasó de estar en el cuartil 1 hasta el cuartil 4 entre los dos años (véase cuadro 6).

Cuadro 6. Indicadores DEA de eficiencia  
para los tres criterios implementados.

Universidad (DMU)	Dimensión de docencia		Dimensión de investigación	
	2015	2017	2015	2017
	Rendimientos variables (VRS)	Rendimientos variables (VRS)	Rendimientos variables (VRS)	Rendimientos variables (VRS)
BUAP	0.7241	1.0000	1.0000	0.9074
ITSON	0.8943	0.8549	1.0000	0.7108
UABJO	0.9002	0.9258	1.0000	0.7308
UAA	0.8426	0.8507	0.5416	0.5176
UABC	1.0000	1.0000	0.6242	0.7342
UABCS	0.6153	0.8372	0.8575	0.8362
UACAM	0.7031	1.0000	0.8381	1.0000
UNACH	1.0000	1.0000	0.4855	0.4824
UACH	0.9948	1.0000	0.8116	0.8134
UACJ	0.6796	0.8265	0.3131	0.4360
UADEC	0.8031	0.6109	0.5753	0.7279
UAGRO	1.0000	1.0000	0.6364	0.7474
UAN	0.5465	0.6353	1.0000	0.5849
UANL	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
UAQ	0.6966	0.8990	0.6203	0.6419
UASLP	0.9475	0.7525	1.0000	1.0000
UAS	1.0000	1.0000	0.7082	0.6964
UAT	1.0000	0.7981	0.8694	0.6945
UATX	0.9356	0.8857	0.5000	0.5792
UADY	1.0000	0.8360	0.7256	0.6818
UAZ	0.5116	0.5471	0.4623	0.5675
UNACAR	1.0000	1.0000	0.9901	1.0000
UAEH	0.8001	0.7130	0.5913	0.7695
UAEMEX	1.0000	1.0000	0.4592	0.7422
UAEM	0.4211	0.7965	1.0000	0.8347
UCOL	1.0000	0.6876	0.4591	0.6881
UDG	1.0000	1.0000	0.7540	1.0000
UGTO	0.7960	0.5996	0.7414	0.7923
UQROO	1.0000	1.0000	0.7303	0.6382
USON	0.9916	0.8291	0.6010	0.6874
UJAT	0.9001	0.7134	0.7852	0.8289
UJED	0.6671	0.5760	0.8688	0.7940
UMICH	0.9898	1.0000	0.6841	0.8250
UV	0.5773	0.8436	0.6340	0.7041

Fuente: Elaboración propia con datos del Execum.

### III.3. *Determinantes de eficiencia*

El cuadro 7 muestra los intervalos de confianza calculados durante el proceso de remuestreo que el algoritmo de Simar y Wilson (2007) realiza, así como las pruebas de significancia de los modelos y las bondades de ajuste de éstos para confirmar que el modelo es estadísticamente confiable de manera conjunta.

Con base en los resultados obtenidos se puede inferir que, tal como se esperaba, la tasa de población en pobreza de las entidades y la tasa de migración interestatal presentaron efectos exógenos sobre la eficiencia de las Upes, desde el enfoque de eficiencia de docencia. Esto confirma el planteamiento inicial de que las condiciones económicas desfavorables se relacionan de manera negativa con una mayor eficiencia en las universidades, mientras que la tasa de migración interestatal se relacionó de manera positiva.

Con relación a las regiones socioeconómicas, el modelo muestra efectos diferenciados que son estadísticamente significativos sólo para las entidades que pertenecen a la región 1 (Oaxaca, Guerrero y Chiapas). Por lo tanto, las diferencias en la eficiencia de las Upes, durante el 2015, únicamente se explican por su región socioeconómica en dichas entidades.

Por su parte, las variables institucionales incorporadas al modelo presentan los efectos esperados en los PTC, ya que éstos contribuyen a la mejora de las prácticas organizacionales (egresados y acreditación de programas de calidad) y a una mayor eficiencia de las universidades. No obstante, los profesores con SNI se relacionaron con una mayor ineficiencia en las Upes, pues por sus actividades de investigación se les dificulta más contribuir con ese objetivo.

Además, se encontró evidencia estadísticamente significativa entre antigüedad y eficiencia de las instituciones, confirmando el planteamiento de que, a mayor antigüedad de la universidad hay mayor consolidación institucional, con mejores prácticas y un desempeño más eficiente. Por su parte, la matrícula de mujeres muestra una relación negativa y estadísticamente significativa. Esto significa que una mayor matrícula de mujeres genera ineficiencias en las Upes, lo que implica que en la tasa de egreso las mujeres presentan más dificultades para egresar que los hombres.

El segundo modelo especificado, también busca explicar los efectos exógenos del entorno socioeconómico de las entidades federativas, relacionados con el nivel de ingreso o de bienestar de las familias y su vínculo con la tasa de migración interestatal.

En este caso, la tasa de pobreza de la entidad no se ajustó de manera adecuada al modelo; sin embargo, el nivel de ingreso per cápita presentó efectos estadísticamente significativos que demuestran que el nivel socioeconómico o el bienestar en las familias generan condiciones favorables para un desempeño institucional eficiente. Asimismo, no se encontró evidencia de que la tasa de migración se haya

relacionado con mayores niveles de eficiencia ni tampoco se presentaron efectos diferenciados en la eficiencia, debidos a la región socioeconómica en la que se encuentra la Upe, que fueran estadísticamente significativos.

Finalmente, en la dimensión de investigación, no se puede inferir algún tipo de relación con la matrícula de mujeres de la institución, ya que los resultados no mostraron significancia estadística. Sin embargo, se confirma la relación que existe entre la antigüedad de la universidad y su eficiencia, independientemente de la dimensión analizada. Además, los resultados también muestran que el financiamiento de la universidad, al considerarse de manera relativa con respecto al número de investigadores, presenta una relación positiva con respecto al desempeño de las Upes.

Cuadro 7. Efectos de variables socioeconómicas e institucionales  
en la eficiencia de las Upes.

Variable Independiente	Modelo 1 Simar-Wilson 22 obs.			Modelo 2 Simar-Wilson 27 obs.		
	θ1			θ2		
	Coefficiente	Intervalo de confianza por deciles al 95 %		Coefficiente	Intervalo de confianza por deciles al 95 %	
Población en pobreza de la entidad	-1.015*** (0.288)	-1.5469	-0.4599	-----	-----	-----
Tasa de migración interestatal	0.228** (0.0951)	0.0622	0.4288	0.0165 (0.0832)	-0.1533	0.1756
Profesores de tiempo completo	0.397*** (0.119)	0.1642	0.6552	-----	-----	-----
Profesores con SNI	-0.105** (0.0473)	-0.1854	-0.0047	-----	-----	-----
Antigüedad de la institución	0.0009*** (0.0003)	0.0004	0.0014	0.0007*** (0.0003)	0.0002	0.0012
Matrícula de mujeres	-0.391** (0.178)	-0.7803	-0.0536	-0.0353 (0.0399)	-0.1147	0.0422
Región 1	-0.337*** (0.105)	-0.5580	-0.1271	-0.0811 (0.101)	-0.2980	0.1128
Región 2	0.0141 (0.0784)	-0.1399	0.1644	0.0175 (0.0795)	-0.1318	0.1752
Región 3	-0.0333 (0.0953)	-0.2133	0.1678	-0.0683 (0.0908)	-0.2469	0.1147
Región 4	0.0329 (0.0835)	-0.1301	0.1922	-0.130 (0.0791)	-0.2805	0.0286
Región 5	-0.0385 (0.0826)	-0.2239	0.1459	-0.0361 (0.0804)	-0.1946	0.1285
PIB de la entidad	-----	-----	-----	0.143*** (0.0491)	0.0538	0.2421

Cuadro 7. (Continuación).

Variable Independiente	Modelo 1 Simar-Wilson 22 obs.			Modelo 2 Simar-Wilson 27 obs.	
	θ1			θ2	
	Coficiente	Intervalo de confianza por deciles al 95 %		Coficiente	Intervalo de confianza por deciles al 95 %
Gasto por investigador	-----	-----	-----	0.128*** (0.0473)	0.0303    0.2245
Constante	2.694*** (0.894)	1.0360	4.6407	-0.950 (0.723)	-2.3618    0.3607
sigma	0.0843*** (0.0126)			0.1045*** (0.0145)	
Test de Wald ( $\chi^2$ )	63.41 [0.0000]			34.9 [0.0001]	

Fuente: Elaboración propia.

Notas: \*\*\*, \*\* y \* indican significancia estadística al 99, 95 y 90 por ciento, respectivamente. Los valores entre paréntesis representan errores estándar. Con respecto al estadístico  $\chi^2$ , los valores entre corchetes representan probabilidades. Si la probabilidad es menor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula de que no hay asociación estadísticamente significativa entre las variables elegidas. El valor sigma mide el error estándar de la regresión, el cual se utiliza como medida de la bondad de ajuste del modelo. Con excepción de la Tasa de Migración Interestatal y la antigüedad de la institución, todas las variables son transformadas de manera logarítmica para facilitar su interpretación y reducir heterocedasticidad. De acuerdo con Hall (1986), para cada modelos de regresión se utilizan 1000 réplicas en el proceso de "bootstrapping".

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo se analiza la eficiencia de las 34 Upes mexicanas entre 2015 y 2017, la cual es explicada por aspectos exógenos vinculados al entorno socioeconómico de las entidades federativas a las que pertenecen las universidades y endógenos de carácter institucional. Dentro de los objetivos institucionales de las Upes se consideran dos dimensiones: docencia e investigación. En la docencia se identifican dos criterios de eficiencia: el número total de profesores y el financiamiento de la universidad como insumos para impulsar el egreso de alumnos y programas acreditados de calidad. En la investigación se especifica un criterio de eficiencia con base en el número de investigadores como insumo y las publicaciones realizadas como variable de resultado.

La utilización del Análisis Envolvente de Datos (DEA) durante 2015 y 2017 permitió comparar cambios en la posición de las universidades que podrían vincularse a mejores prácticas institucionales. Se encontraron grandes disparidades entre las universidades relacionadas con las variables utilizadas para medir la eficiencia, no así entre los indicadores de eficiencia calculados, cuyos coeficientes de variación bajos muestran un comportamiento homogéneo entre las instituciones.

Como resultado del proceso de remuestreo (*bootstrapping*) aplicado a los indicadores de eficiencia y la especificación de modelos de regresión truncada que la incorporan para los enfoques de docencia e investigación como variable dependiente, en el primer modelo se encontró evidencia de que la tasa de pobreza en las entidades federativas, el PIB per cápita y la tasa de migración interestatal condicionaron la eficiencia de las Upes para 2015. También se demostró que las Upes de los estados de Oaxaca, Guerrero y Chiapas presentaron reducciones en su eficiencia explicadas por la región socioeconómica en la que se encuentran. Mientras que, la incorporación de PTC se relaciona positivamente con mayor eficiencia y los profesores que pertenecen al SNI, tuvieron un efecto negativo. Lo anterior se explica por la especificación del criterio de eficiencia, donde el objetivo son los egresados y la acreditación de programas de calidad, pues a los profesores que pertenecen al SNI se les dificulta cumplir con ese objetivo por sus actividades de investigación. Finalmente, se encontró una relación positiva entre la antigüedad de las universidades y su eficiencia, ya que éstas presentan una mayor consolidación institucional que se ve reflejada en mejores prácticas y un desempeño más eficiente. Un hallazgo interesante fue el efecto negativo de la matrícula de mujeres sobre la tasa de egreso y la eficiencia de las Upes, pues éstas enfrentan mayores dificultades para egresar.

Por su parte, los resultados del segundo modelo enfocado sobre la dimensión de investigación fortalecieron la hipótesis de que el nivel socioeconómico o el bienestar en las familias generan condiciones favorables para un desempeño institucional eficiente, pues el nivel de ingreso per cápita mostró efectos positivos. Además, la antigüedad y el financiamiento de la institución con respecto al número de investigadores resultaron relevantes para el logro de mayor eficiencia.

La búsqueda de la eficiencia en las instituciones públicas de educación superior contribuye al ejercicio adecuado de los recursos públicos con los cuales éstas se financian, y al fortalecimiento de la posición de las universidades como eslabones entre la sociedad y los sectores productivos. A la luz de los resultados y los hallazgos descritos, resulta conveniente reflexionar sobre las implicaciones que tiene una mayor incorporación de profesores con posiciones de carrera a las universidades, toda vez que esto crea condiciones favorables para un desempeño institucional más eficiente. De la misma manera se contribuye a la discusión en torno a una problemática de género que no se puede soslayar donde existen condiciones desfavorables para que las mujeres puedan concluir sus estudios universitarios, en particular en entidades con niveles socioeconómicos bajos.

Si bien se reconocen algunas limitaciones en el análisis como la necesidad de ampliar la muestra a más IES o realizar un estudio con mayor profundidad y datos más específicos sobre las instituciones, la discusión que se plantea brinda ele-

mentos que contribuyen a la discusión sobre la eficiencia de las universidades mexicanas y la explicación sobre sus determinantes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso, Antonio y Aubyn, Miguel St. (2005), “Non-parametric approaches to educational and health efficiency in OECD countries”, *Journal of Applied Economics*, 8 (2), pp. 227-246, <https://doi.org/10.1080/15140326.2005.12040626>.
- Agasisti, Tommaso (2011), “Performance and spending efficiency in higher education: A european comparison through non-parametric approaches”, *Education Economics* 19 (2), pp. 199-224, <https://doi.org/10.1080/09645290903094174>.
- Agasisti, Tommaso y Haelermans, Carla (2015), “Comparing efficiency of public universities among european countries: Different incentives lead to different performances”, *Higher Education Quarterly*, 70 (1), pp. 81-104, <https://doi.org/10.1111/hequ.12066>.
- Alcaraz-Ochoa, Daniela y Bernal-Dominguez, Deyanira (2017), “Evaluación de la eficiencia técnica de las Universidades Públicas Estatales (Upes) del Noroeste de México mediante Análisis Envolvente de Datos (DEA)”, *Nova Scientia*, 9 (19), pp. 392-410, <https://doi.org/10.21640/ns.v9i19.854>.
- Banker, Rajid D.; Charnes, Abraham y Cooper, William W. (1984), “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis”, *Management Science*, 30, pp. 1078-1092, [http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078\(application/pdf\)](http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078(application/pdf)).
- Charnes, Abraham; Cooper, William W. y Rhodes, E. (1978), “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, *European Journal of Operational Research*, 2 (6), pp. 429-444, [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8).
- Charnes, Abraham y Cooper, William W. (1962), “Programming with linear fractional functionals”, *Naval Research Logistics Quarterly*, 9 (3-4), pp. 181-186, <https://doi.org/10.1002/nav.3800090303>.
- Clements, Benedict (1999), “The efficiency of education expenditure in Portugal”, *IMF Working Paper*, 99/179, pp. 1-63, <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2016/12/30/The-Efficiency-of-Education-Expenditure-in-Portugal-3371>, (accedido el 28 de junio de 2020).
- Cunha, Mariana y Rocha, Vera (2012), “On the efficiency of public higher education institutions in Portugal: An exploratory study”, Working Paper, Faculdade de Economia de Universidade do Porto, Portugal. <http://wps.fep.up.pt/wps/wp468.pdf>, (accedido el 18 de marzo de 2020).



- Farrell, Michael James (1957), “The measurement of productivity efficiency”, *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120 (3), pp. 253-290, <https://doi.org/10.2307/2343100>.
- González-Cadena, Maribel y Coronado-Meneses, Myriam (2021), “Eficiencia técnica en las Universidades Públicas Estatales en México”, *Boletín Científico Investigium de la Escuela Superior de Tizayuca*, 6 (12), pp. 8-14, <https://doi.org/10.29057/est.v6i12.6336>.
- Gromov, Alexander D. (2017), “The efficiency of russian higher education institutions and its determinants”, Research Paper No. WP BRP 40/EDU/2017, *National Research University Higher School of Economics*, <https://wp.hse.ru/data/2017/01/24/1113845034/40EDU2017.pdf>, (accedido el 15 de enero de 2021).
- Hall, Peter (1986), “On the number of bootstrap simulations required to construct a confidence interval”, *The Annals of Statistics*, 14, pp. 1453-1462, doi: 10.1214/aos/1176350169.
- Harbison, Ralph y Hanushek, Eric (1992), *Educational Performance of the Poor: Lessons form Rural Northeast Brazil*, Oxford University Press, Stanford, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000171009>, (accedido el 14 de agosto de 2020).
- Johnes, Jill (2006), “Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education”, *Economic of Education Review*, 25 (3), pp. 273-288, <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2005.02.005>.
- Martić, Milan; Novaković, Marina y Baggia, Alenka (2009), “Data envelopment analysis-Basic models and their utilization”, *Oraganizacija*, 42 (2), pp. 37-43, <https://doi.org/10.2478/v10051-009-0001-6>.
- Mungaray, Alejandro; Ocegueda, Marco Tulio; Moctezuma, Patricia y Ocegueda, Juan Manuel (2016), “La calidad de las universidades públicas estatales de México después de 13 años de subsidios extraordinarios”, *Revista de Educación Superior* 45 (177), pp. 66-93, <https://doi.org/10.1016/j.resu.2016.01.008>.
- Navarro, Julio César Lenin; Gómez Monge, Rodrigo y Torres Hernández, 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), pp. 60-69, <https://doi.org/10.15174/au.2016.911>.
- Nugraha, Faizal Angga; Subekti, Imam y Purwanti, Lilik (2019), “The determinants of efficiency of higher education insitutions with public service agency status in Indonesia”, *International Journal of Social and Local Economic Governance*, 5 (1), pp. 22-31, <https://doi.org/10.21776/ub.ijleg.2019.005.01.3>.
- Quiroga-Martínez, Facundo; Fernández-Vázquez, Esteban y Lucía, Catalina (2018), “Efficiency in public higher education on Argentina 2004-2013: institutional decisions and university especific effects”, *Latin American Economic Review*, 27 (14), pp. 1-18. <https://latinaer.springeropen.com/articles/10.1186/s40503-018-0062-0>, (accedido el 12 de octubre de 2020).

- Quispe, Gabith Miriam y Jordán, Wendy Roxana (2017), “Medición de la eficiencia técnica en las universidades autónomas del Sistema Universitario Boliviano: Aplicación del Análisis Envolvente de Datos (DEA)”, *Revista ESPACIOS*, 38 (45), 3, <https://www.revistaespacios.com/a17v38n45/a17v38n45p03.pdf>, (accedido el 12 de octubre de 2020).
- Reyes, Teodoro; Nande, Edgar Alfredo y Hernández, Lorena (2020), “Factores determinantes de productividad en las universidades mexicanas”, *Revista LIDER*, 36 (22), pp. 89-103, doi: 10.32735/S0719-52652020364.
- Salas-Velasco, Manuel (2020), “Measuring and explaining the production efficiency of Spanish universities using a non-parametric approach and a bootstrapped truncated regression”, *Scietometrics*, 122 (2), pp. 825-846, doi: 10.1007/s11192-019-03324-4.
- Schuschny, Andrés Ricardo (2007), *El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO<sub>2</sub> en América Latina y el Caribe*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/4752-metodo-dea-su-aplicacion-al-estudio-sector-energetico-emisiones-co2-america>, (accedido el 7 de febrero de 2022).
- Selim, Sibel y Bursalioglu, Sibel (2013), “Analysis of the determinants of universities efficiency in Turkey: Application of the Data Envelopment Analysis and panel Tobit model”, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 89, pp. 895-900, doi:10.1016/j.sbspro.2013.08.952.
- Simar, Léopold y Wilson, Paul W. (2007), “Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes”, *Journal of Econometrics*, 136 (1), pp. 31-64, <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2005.07.009>.
- St. Aubyn, Miguel; Pina, Alvaro; García Filomena y Pais, Joana (2009), “Study on the efficiency and effectiveness of public spending on tertiary education”, *Economic Papers*, 390, *Economic and Financial Affairs*, European Commission, Bruselas, [https://ec.europa.eu/economy\\_finance/publications/pages/publication16267\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/economy_finance/publications/pages/publication16267_en.pdf), (accedido el 7 de febrero de 2022).
- Tello, Marco Antonio y Flores, José Ovidio (2021), “Technical efficiency of public universities in Peru”, *Revista Industrial Data*, 24 (1), pp. 153-177, [http://www.scielo.org.pe/pdf/idata/v24n1/en\\_1810-9993-idata-24-01-153.pdf](http://www.scielo.org.pe/pdf/idata/v24n1/en_1810-9993-idata-24-01-153.pdf), (accedido el 7 de febrero de 2022).
- Vázquez, Angelica María; Rodríguez, Eduardo y González, Maribel (2020), “Determinando la eficiencia en docencia e investigación en las universidades mexicanas”, *Revista de la Educación Superior*, 49 (196), pp. 57-79, <https://doi.org/10.36857/resu.2020.196.1407>.
- Villarreal, Fernanda y Tohme, Fernando (2017), “Análisis envolvente de datos. Un caso de estudio para una universidad argentina”, *Estudios Gerenciales*, 33 (144), pp. 302-308, <https://doi.org/10.1016/j.estger.2017.06.004>.

- Warning, Susanne (2004), "Performance difference in German higher education: empirical analysis of strategic groups", *Review of Industrial Organization*, 24, pp. 393-408, doi:10.1023/B:REIO.0000037538.48594.2c.
- Wolszczak-Derlacz, Joanna (2014), "An evaluation and explanation of (in) efficiency in higher education institutions in Europe and the U.S. with the application of two-stage semiparametric DEA", Working Paper, 114-14, Institute for Research on Labour and Employment (IRLE), University of California, Berkeley, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2017.07.010>.
- Wolszczak-Derlacz, Joanna y Parteka, Aleksandra (2011), "Efficiency of European public higher education institutions: a two-stage multicountry approach", *Scientometrics*, 89, pp. 887-917, doi: 10.1007/s11192-011-0484-9.

