



**UNIVERSIDAD NACIONAL**

**TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE**

**MAESTRO EN GESTIÓN PÚBLICA**

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DE LAS**

**ESCUELAS PROFESIONALES DE LA UNIVERSIDAD**

**NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE**

**AMAZONAS MEDIANTE ANÁLISIS ENVOLVENTE DE**

**DATOS**

**Autor:** Bach. César Rafael Balcázar Zumaeta

**Asesor:** Ms. Segundo Grimaldo Chávez Quintana

**Registro:** .....

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2020**

## **DEDICATORIA**

Para mi respetada madre Dolores Ysabel Valdivia Herrera, por ser el padre y la madre que me cobijó cariñosamente todo este tiempo, con tu forma estricta de enseñarme las cosas, tus cejas fruncidas y tu imborrable sonrisa que siempre me enseñó la sencillez de las cosas.

A mi compañera de vida Wendy Stefany y a mi hijo Andréé Stefano, quienes son pilares fundamentales en mi día a día; por su amor y paciencia en todo este tiempo y por su apoyo incondicional para lograr las metas que me he propuesto.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme la fuerza y salud necesaria para lograr mis objetivos, y por ser la guía en mi día a día para ser una mejor persona.

Al asesor Ms. Segundo Grimaldo Chávez Quintana, que mediante sus conocimientos mostró su apoyo y motivación para la realización y culminación del presente trabajo de investigación.

A los docentes Ms. Jonathan Alberto Campos Trigoso, Ms. Efraín Manuelito Castro Alayo y Ms. Percy Zuta Castillo, quienes en su condición de jurado de tesis demostraron su interés, apoyo y crítica para la realización de este trabajo.

A la Dirección de Admisión y Registros Académicos y la Dirección General de Difusión, Publicación y Transferencia de la UNTRM por la información brindada que ayudo al desarrollo del presente trabajo de investigación.

A la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas que me brindó los medios y conocimientos para complementar mi desarrollo académico y profesional.

## **AUTORIDADES DE LA UNTRM**

Dr. Policarpio Chauca Valqui

**Rector**

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

**Vicerrector Académico**

Dra. Flor Teresa García Huamán

**Vicerrectora de Investigación**

Dr. Raúl Rabanal Oyarce

**Director de la Escuela de Posgrado**

## **VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS**

El que suscribe, docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis: **Evaluación de la eficiencia técnica de las escuelas profesionales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas mediante análisis envolvente de datos**; del maestrante en Gestión Pública:

✓ Bach. César Rafael Balcázar Zumaeta

El suscrito en señal de conformidad da el visto bueno al informe de la tesis mencionada, dándole pase para su revisión por parte del Jurado Evaluador, manifestando su disposición para apoyar al tesista en el levantamiento de observaciones y en el acto de sustentación de tesis.

**Chachapoyas, 03 de agosto de 2020**

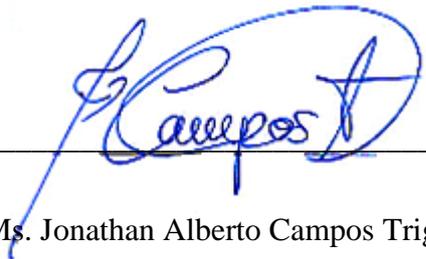


---

Ms. Segundo Grimaldo Chávez Quintana

**Docente UNTRM**

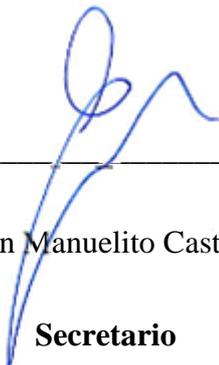
## JURADO EVALUADOR



---

Ms. Jonathan Alberto Campos Trigos

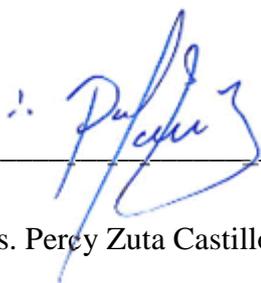
**Presidente**



---

Ms. Efraín Manuelito Castro Alayo

**Secretario**



---

Ms. Percy Zuta Castillo

**Vocal**



**ANEXO 6-K**

**DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO DE TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO (X) / DOCTOR ( )**

Yo César Rafael Balcázar Zumaeta identificado con DNI N° 46734552 estudiante ( )/egresado (X) de Maestría (X)/Doctorado ( ) en Gestión Pública

de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas:

**DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:**

1. Soy autor de la Tesis titulada: Evaluación de la eficiencia técnica de las escuelas profesionales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas mediante análisis envolvente de datos

que presento para obtener el Grado Académico de Maestro (X)/Doctor ( ) en: Gestión Pública



- 2. La Tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, y para su realización se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
- 3. La Tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
- 4. La Tesis presentada no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 5. La información presentada es real y no ha sido falsificada, ni duplicada, ni copiada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la Tesis para obtener el Grado Académico de Maestro ( )/Doctor ( ), así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la Tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la Tesis haya sido publicada anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 03 de Agosto de 2020

  
Firma del(a) Tesista



**ANEXO 6-N**

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER  
EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO (X) / DOCTOR ( )**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 04 de setiembre del año 2020, siendo las 16:30 horas, el aspirante Bach. César Rafael Balcazar Zumaeta

defiende en sesión pública la Tesis titulada: Evaluación de la eficiencia técnica de las escuelas profesionales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas mediante análisis envolvente de datos.

para obtener el Grado Académico de Maestro (X)/Doctor ( ) en Gestión Pública a ser otorgado por la

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente : Ms. Jonathan Alberto Campos Trigos

Secretario : Ms. Efraín Manuelito Castro Alayo

Vocal : Ms. Percy Zuta Castillo



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la Tesis de Maestría (X)/Doctorado ( ), en términos de:

Aprobado (X) Desaprobado ( )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 17:58 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis de Maestría ( )/Doctorado ( ).

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

# ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	ii
<b>AUTORIDADES DE LA UNTRM</b> .....	iv
<b>VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS</b> .....	v
<b>JURADO EVALUADOR</b> .....	vi
<b>DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO</b> .....	vii
<b>ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>RESUMEN</b> .....	xiii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiv
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	15
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	17
<b>2.1</b> Diseño de la investigación .....	17
<b>2.2</b> Población y muestra .....	17
<b>2.3</b> Variable de estudio.....	17
<b>2.4</b> Medición de la eficiencia .....	18
a)    DEA (Data envelopment analysis).....	18

b) Modelo productivo .....	20
c) Modelos DEA calculados.....	22
<b>2.5</b> Recolección de datos.....	24
<b>2.6</b> Procesamiento de datos .....	27
<b>III. RESULTADOS</b> .....	28
<b>3.1</b> Análisis del funcionamiento de las Escuelas Profesionales.....	28
<b>3.2</b> Eficiencia técnica de las Escuelas Profesionales .....	33
<b>3.3</b> Identificación de deficiencias en las Escuelas Profesionales.....	36
<b>IV. DISCUSIÓN</b> .....	38
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	46
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	47
<b>VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	48
<b>ANEXOS</b> .....	58
<b>Anexo A.</b> Data adaptada para el DEA .....	58
<b>Anexo B.</b> Desarrollo de los modelos DEA en RStudio .....	59
<b>Anexo C.</b> Datos procesados de los modelos aplicados.....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variable: Eficiencia Técnica en las escuelas profesionales de la UNTRM.....	17
Tabla 2. DMUs: Escuelas profesionales de UNTRM.....	20
Tabla 3. Modelo conceptual de la recolección de datos .....	25
Tabla 4. Eficiencias calculadas en las DMU mediante DEA – orientación input .....	33
Tabla 5. Holguras del modelo DEA-CCR .....	36
Tabla 6. Holguras del modelo DEA-BCC .....	37
Tabla 7. Data DEA para RStudio.....	58
Tabla 8. Lambdas del modelo CCR-input orientado .....	63
Tabla 9. Targets del modelo CCR-input orientado.....	64
Tabla 10. Conjunto de referencias de las DMUs – CCR input orientado.....	65
Tabla 11. Lambdas del modelo BCC-input orientado .....	67
Tabla 12. Targets del modelo BCC-input orientado.....	68
Tabla 13. Conjunto de referencias de las DMUs – BCC input orientado.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura organizativa para el DEA .....	19
Figura 2. Inputs y outputs considerados para el DEA .....	21
Figura 3. Frontera para el modelo DEA-CCR orientado a entrada .....	23
Figura 4. Frontera para el modelo DEA-BCC .....	24
Figura 5. Docentes, aulas y laboratorios empleados según DMU .....	28
Figura 6. Estudiantes matriculados y egresados según DMU .....	29
Figura 7. Proyectos asignados según DMU .....	30
Figura 8. Proyectos según la fuente de financiamiento de las DMUs .....	30
Figura 9. Proyectos de fondos concursables ganados según años .....	31
Figura 10. Publicaciones según fuentes de indexación.....	31
Figura 11. Número de Publicaciones realizadas según año .....	32
Figura 12. Frecuencia del conjunto de referencia mediante DEA-CCR.....	34
Figura 13. Frecuencia del conjunto de referencia mediante DEA-BCC.....	35
Figura 14. Función read_data () para las DMUs .....	59
Figura 15. Script para los modelos CCR y BCC desarrollados en RStudio .....	60
Figura 16. Ejecución del modelo CCR-input orientado para DMUs.....	61
Figura 17. Ejecución del modelo BCC-input orientado para DMUs.....	62
Figura 18. Número de DMUs eficientes y no eficientes (a), distribución de la puntuación de eficiencia de las DMUs (b) ineficientes-CCR.....	66
Figura 19. Gráfico de redes – modelo CCR.....	66
Figura 20. Número de DMUs eficientes y no eficientes (a), distribución de la puntuación de eficiencia de las DMUs ineficientes (b) - BCC.....	70
Figura 21. Gráfico de redes – modelo BCC.....	70

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia técnica de las escuelas profesionales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas para realizarlo se empleó el Análisis Envolvente de Datos (DEA) con orientación input; que permitió calcular la eficiencia técnica global (ETG) mediante el modelo de Charnes, Cooper y Rhodes (CCR), la eficiencia técnica pura (ETP) mediante el modelo de Banker, Charnes y Cooper (BCC), y la eficiencia de escala (ETE) que es la relación entre los dos modelos anteriores (CCR/BCC). El modelo productivo consideró 3 inputs (docentes, aulas y laboratorios usados) y 4 outputs (proyectos, estudiantes, egresados y autoría en publicaciones). Las corridas del modelo DEA se ejecutaron en el software RStudio versión 1.3.959 y el paquete deaR versión 1.2.1. Se obtuvo que la ETG determinó que diez escuelas profesionales son eficientes, asimismo, tres escuelas presentan una ineficiencia mayor al 50%. Mediante la ETP se determinó que 14 escuelas presentaron una eficiencia de 1, las otras siete DMUs reportaron una eficiencia entre un rango de 0,50 a 0,97 demostrando ineficiencias relativamente considerables; lo que indica este modelo es la existencia del supuesto de rendimientos a escala variable. La ETE reporta que 10 de las 21 escuelas profesionales son eficientes, y que los 11 restantes presentan ineficiencia.

**Palabras claves:** Análisis envolvente de datos, DEA, eficiencia técnica, universidad.

## ABSTRACT

The objective of the investigation was to determine the technical efficiency of the Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas' professional schools. For this we used Data Envelopment Analysis (DEA) with input orientation; which allowed calculating the global technical efficiency (GTE) using Charnes, Cooper and Rhodes (CCR) model, the pure technical efficiency (PTE) using Banker, Charnes and Cooper (BCC) model, and the scale efficiency (SE) which is the relationship between two previous models (CCR/BCC). The production model considered 3 inputs (teachers, classrooms and laboratories used) and 4 outputs (projects, students, graduates and authorship of publications). DEA model was run on RStudio software version 1.3.959 and deaR package version 1.2.1. ETG determined that ten professional schools are efficient, likewise, three schools have an inefficiency greater than 50%. Using PTE determined that 14 schools had an efficiency of 1, the other seven DMUs reported an efficiency between a range of 0.50 to 0.97, demonstrating considerable inefficiencies; what this model indicates is the existence of the assumption of constant returns to scale. The SE reports that 10 of the 21 professional schools are efficient, and the remaining 11 are inefficient.

**Key words:** Data envelopment analysis, DEA, technical efficiency, university.

## I. INTRODUCCIÓN

Las organizaciones públicas y privadas están siempre en la búsqueda de hacerse más eficientes con el fin de aprovechar sus recursos disponibles y aumentar su productividad, en el sector público se ha ido implantando sistemas que controlen los recursos aportados y evaluar si son utilizados con eficiencia, es decir, se relaciona los recursos en cada unidad de producción con los resultados que han obtenido para así desarrollar la economía (Florez-López & Santos, 2006; Gayval & Bajaj, 2013; y Peñate et al., 2017).

En este sector, la educación superior mediante el uso eficiente de recursos maximiza los beneficios en la comunidad, debido a que contribuye al desarrollo socioeconómico a través del conocimiento; sin embargo, las políticas a nivel nacional muchas veces ocasiona que la financiación pública en las instituciones se vea reducida ayudada a su vez por gestiones ineficientes la cual afectan el prestigio de las mismas (Kounetas et al., 2011 y Pizarro & Castro, 2018). En ese mismo sentido Buitrago et al. (2017) y Morgan y Llinàs (2017) mencionan que las universidades a través del adecuado uso de recursos brinda una educación de calidad que genera el desarrollo de profesionales capacitados y por ende una economía competitiva, que sumado a otros indicadores las universidades deben demostrar la eficiencia en la gestión en cuanto a la aplicación de políticas que marquen el desarrollo institucional.

Es por ello, que la medición de la eficiencia de las universidades es una necesidad imperiosa por el impacto en el aprovechamiento de recursos disponibles y los resultados obtenidos a fin de valorar técnicamente el desarrollo con lo cual se justifica la permanencia las escuelas profesionales en las universidades a largo plazo mediante el éxito alcanzada de las mismas. Es evidente entonces, que se su incidencia se relaciona con el actual marco normativo, que busca la excelencia a través de profundizar esfuerzos que mejoren la eficiencia para cumplir con las demandas y expectativas sociales (Dirección General de Educación Superior Universitaria - DIGESU, 2015).

Existen distintas metodologías para evaluar la eficiencia técnica, estas buscan la construcción de una función de producción a partir de una serie de datos conformados por insumos y productos que participan en el proceso; dentro de éstas, destaca el análisis envolvente de datos (DEA por sus siglas en inglés) el cual es un método no paramétrico

que permite considerar varias variables de entrada (*inputs*) y salidas (*outputs*) (Coria, 2011; Pöldaru & Roots, 2014).

Medir la eficiencia en las universidades tiene como finalidad evaluar el desarrollo de las mismas en función de indicadores que reflejen su fin, es por ello que el uso del DEA ha sido muy difundido en el sector centrándose principalmente en los modelos CCR y BCC. Sobre la base de las consideraciones anteriores, existen diversos antecedentes de la metodología DEA aplicada al estudio de instituciones de educación superior; Johnes (2006) reporta que en 100 universidades de Inglaterra se presenta un promedio de eficiencia de 0,96 que pueden considerarse como eficientes, Lee y Worthington (2016) al evaluar la eficiencia en las universidades australianas durante el periodo 2004-2011 indican la importancia de las publicaciones por la calidad que demuestran, Lehmann et al. (2018) al comparar la eficiencia de universidades públicas en Alemania e Italia mencionan que estas últimas tienen un mejor rendimiento que las universidades alemanas.

Otros autores, como Li (2017) mencionan que se deben diseñar políticas más científicas y prácticas que permitan mejorar la gestión de la investigación en las universidades de China. Shamohammadi y Oh (2019) en su investigación indican que la enseñanza, la producción científica es una estrategia que mejora la eficiencia de las universidades. Por último, Navarro et al. (2017) estudia las eficiencia de las universidad públicas de México mediante un modelo DEA con orientación input, reportando que en promedio se obtuvo una eficiencia técnica pura de 0,77 y una eficiencia global de 0,71 y que ninguna universidad alcanzó una eficiencia perfecta. Huamaní et al. (2017) evaluaron la eficiencia de las Escuelas Profesionales de Ingeniería Industrial en el Perú aplicado a áreas académicas, a centros de información, utilización de internet, etc.

De acuerdo con los razonamientos que se han venido realizando se resalta la necesidad de estudiar la eficiencia porque permitirá establecer políticas educativas que mejoren la gestión de la Universidad. En esta dirección la presente investigación utilizó el análisis envolvente de datos para evaluar la eficiencia de las escuelas profesionales de la Universidad, para así conocer el funcionamiento y la productividad que presentan estas.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Diseño de la investigación

La investigación tuvo un diseño exploratorio, descriptivo y cuantitativo en el que se estudió las eficiencias de las escuelas profesionales de la UNTRM basado en el método del DEA.

### 2.2 Población y muestra

**a. Población:** Se consideró las 35 escuelas profesionales creadas, las que están contempladas en el Estatuto de la Universidad (UNTRM, 2019), y que fueron ratificadas en el 2020 (UNTRM, 2020).

**b. Muestra:** En función de la población, se escogieron 21 escuelas profesionales que tuvieron ingresantes en el año 2019, lo que genera una sostenibilidad de la demanda académica de las mismas.

### 2.3 Variable de estudio

La investigación tuvo como variable de estudio la eficiencia, la cual tiene como finalidad el uso óptimo de los recursos a través de una generación máxima de bienes y servicios (Ramírez-Gutiérrez et al., 2020). De acuerdo a la siguiente tabla se evaluaron tres tipos de eficiencia en las escuelas profesionales:

Tabla 1. Variable: Eficiencia Técnica en las escuelas profesionales de la UNTRM

Variable de estudio	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Eficiencia Técnica	Permite medir la eficiencia de unidades organizativas que presentan iguales metas y objetivos.	Eficiencia Técnica Global	0 a 1
		Eficiencia Técnica Pura	0 a 1
		Eficiencia Técnica de Escala	0 a 1

De acuerdo a lo indicado anteriormente las eficiencias consideradas consisten en:

- **Eficiencia Técnica Global (ETG):** Eficiencia que se determinó mediante el modelo propuesto por Charnes et al. (1978), la cual está formada por la eficiencia técnica pura y eficiencia de escala y que permite evaluar la eficiencia en base a una cantidad de entradas y salidas de las unidades de toma de decisión similares (Barbosa, 2010; Gayval & Bajaj, 2013; & Navarro et al., 2017).
- **Eficiencia Técnica Pura (ETP):** Se determinó mediante el modelo de Banker et al. (1984) para calcular el índice de eficiencia; asimismo, según Barbosa (2010) y Navarro et al. (2017) esta eficiencia es medida bajo rendimientos variables y se adiciona una restricción de convexidad requerida para establecer una región más amplia en el análisis de la eficiencia.
- **Eficiencia Técnica de Escala (ETE):** Angón et al. (2017) y Navarro et al. (2017) con referencia a esta eficiencia de escala indican que mide la productividad de las unidades en función del tamaño de la escala, para ello es importante calcular la ETG y ETP con los mismos datos, la cual se calcula a través de la siguiente relación:  $ETE = ETG/ETP$ .

## 2.4 Medición de la eficiencia

### a) DEA (Data envelopment analysis)

Método de frontera no paramétrico y determinista que es una construcción empírica que compara la eficiencia técnica de unidades a partir de una serie de datos (entradas) que generan un conjunto de salidas, y que su enfoque de manejar múltiples salidas y múltiples entradas lo constituye como una técnica que mide el desempeño en condiciones similares para todas las unidades (Coria, 2011; Lee & Worthington, 2016; Pérez-Romero et al., 2017; Ruggiero, 2007; & Tone, 2017).

Para Florez-López y Santos (2006), Peñate et al. (2017), y Xu (2017) este análisis es efectivo para la toma de decisiones con objetivos múltiples pues para estimar la eficiencia se estudia la actividad de cada una de las unidades en términos denominados inputs (recursos) y outputs (resultados). En consecuencia, en el sector

educación es una herramienta útil porque se producen múltiples resultados de múltiples entradas, lo que le da un carácter multidimensional mediante una ponderación de entradas y salidas en común (Buitrago et al., 2017; Johnes, 2006; & Vukosavljević et al., 2018).

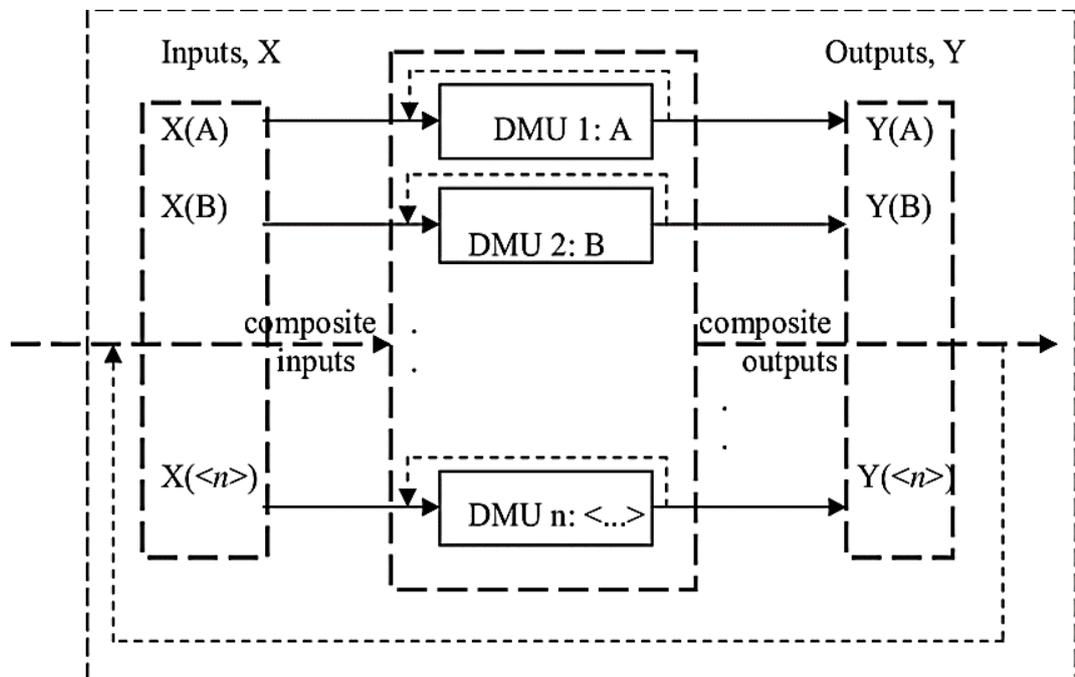


Figura 1. Estructura organizativa para el DEA

**Fuente:** Duguleană y Duguleană (2015)

La Unidad de Toma de Decisión (DMU) se define como una serie de datos que representa la producción de salida a partir del consumo de recursos y que tiene control sobre este proceso de transformación, para que esto se compare un conjunto de unidades mediante la eficiencia relativa de estos productores (Duguleană & Duguleană, 2015; Esmailzadeh & Kazemi, 2019; & Ramírez-Gutiérrez et al., 2020).

Por ello, para la presente tesis se propuso el uso del DEA; puesto que establece una relación entre las salidas ponderadas y las entradas ponderadas de una unidad estudiada. Este modelo permite identificar la mejor práctica y las posibles ineficiencias entre un grupo la cual se ha constituido como una técnica central en la gestión pública para estudiar la eficiencia (Esmailzadeh y Kazemi, 2019; González-Garay et al., 2019; y Pöldaru y Roots, 2014).

## b) Modelo productivo

Para el modelo productivo DEA se consideró 21 escuelas profesionales como DMUs que permitió explorar sistemáticamente el peso de las variables para maximizar la eficiencia de las unidades para lo cual el rango estuvo entre 0 y 1 (Ai et al., 2019 & Tello, 2019)

Tabla 2. DMUs: Escuelas profesionales de UNTRM

<b>Escuelas profesionales</b>	<b>DMU</b>
Administración de Empresas	DMU1
Administración en Turismo	DMU2
Antropología	DMU3
Arqueología	DMU4
Ciencias de la Comunicación	DMU5
Contabilidad	DMU6
Derecho y Ciencias Políticas	DMU7
Economía	DMU8
Educación Primaria	DMU9
Enfermería	DMU10
Estomatología	DMU11
Ingeniería Agroindustrial	DMU12
Ingeniería Agrónoma	DMU13
Ingeniería Ambiental	DMU14
Ingeniería Civil	DMU15
Ingeniería de Sistemas	DMU16
Ingeniería en Agronegocios	DMU17
Ingeniería Forestal	DMU18
Ingeniería Zootecnista	DMU19
Medicina Humana	DMU20
Psicología	DMU21

Se determinó la cantidad de inputs y outputs (variables del modelo) por medio de la ecuación de Bandejas (2000, citado en Villarreal & Tohmé, 2017) la cual fue:

$$\text{N}^\circ \text{ inputs} + \text{N}^\circ \text{ outputs} \leq \frac{\text{N}^\circ \text{ DMUs}}{3}$$

En función de la ecuación anterior se determinó que el número de inputs y outputs deben ser menores o iguales a 7 (ver tabla 3 para la medición de las variables), para ello en el presente estudio estos fueron:

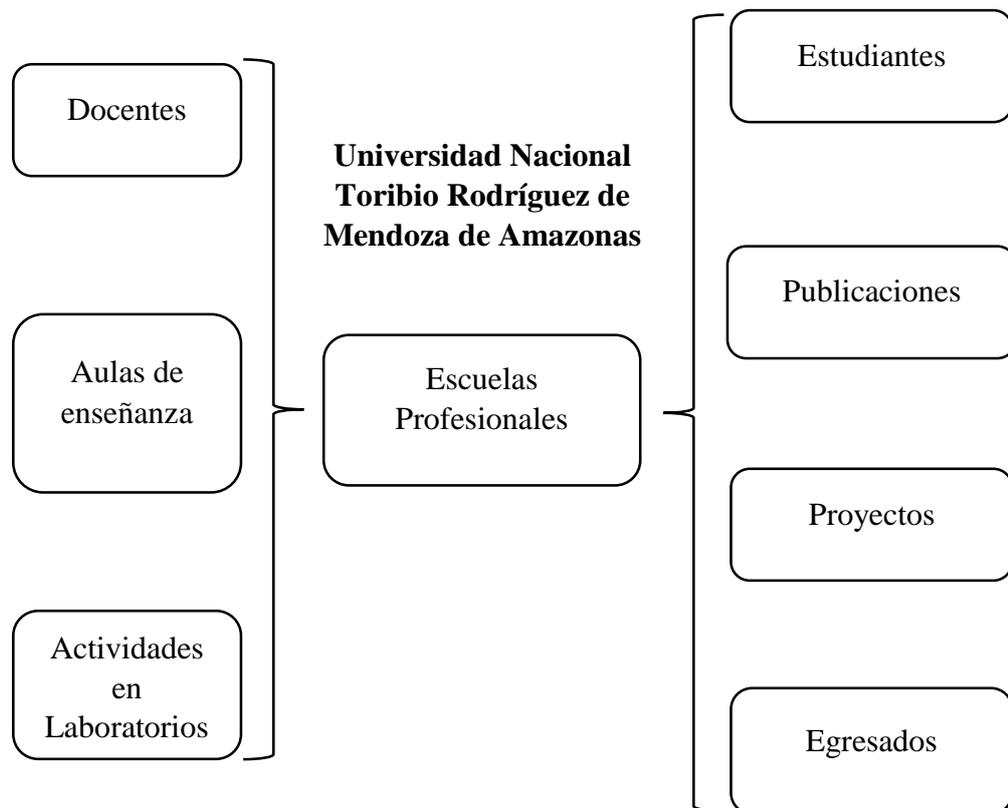


Figura 2. Inputs y outputs considerados para el DEA

El modelo DEA para la investigación tuvo el enfoque de Charnes et al. (1981), el cual dado un nivel de outputs busca la reducción proporcional en los inputs para maximizar la eficiencia (Avellón, 2015; Coll & Blasco, 2006a; & Villarreal & Tohmé, 2017). Es decir, el modelo fue **orientado a input**; teniendo en cuenta lo mencionado por Aziz et al. (2013) y Duguleană y Duguleană (2015).

La idoneidad del modelo DEA-orientación input radica debido a que las Universidades tienen entradas que son controlables (por ej. Personal académico y administrativo, gastos operativos, etc.) pues dependen de la disponibilidad presupuestaria que asigna el Gobierno a las Universidades, en comparación con las salidas (por ej. Número de egresados, publicaciones, subvenciones, etc.). Estudios de Martin (2003), Katharaki y Katharakis (2010) y Agha et al. (2011) (citado en Aziz et al., 2013) utilizan el modelo DEA de orientación input.

### c) Modelos DEA calculados

Para el estudio se recurrió al empleo del DEA bajo la orientación input, esto nos permitió evaluar tres tipos de eficiencia; para lo cual en la ETG y ETP se recurrió al uso de dos modelos los cuales son:

- **Modelo CCR:** Este método conocido como rendimientos constantes a escala (CRS por sus siglas en inglés) asume que la unidad de producción en la que la combinación de entrada y salida óptima es independiente de la escala, es decir, supone una eficiencia constante a escala (Apan et al., 2018; Soares et al., 2017; & Wang & Le, 2018).

El modelo CRS es no lineal que determina una eficiencia proporcional comprendida por múltiples entradas ( $u_r$ ) y salidas ( $v_i$ ). Por tanto, para evaluar la eficiencia técnica global, el modelo tiene la siguiente programación:

$$\text{Max } u, v \ h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{i0}}; \text{ sujeto a: } \frac{\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij}} \leq 1 \ j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Donde:  $x_{ij} \geq 0$  es los inputs  $i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, m$ ) consumidos por la  $j$ -ésima unidad e  $y_{rj} \geq 0$  son los outputs observados ( $r = 1, 2, 3, \dots, s$ ) generados por  $j$ -ésima unidad. Además,  $h_0$  obtenido del modelo está entre 0 y 1, donde  $h_0 = 1$  es la eficiencia global y si fuera menor a 1 es ineficiente (Leal & Cepeda, 2013; & Villarreal & Tohmé, 2017).

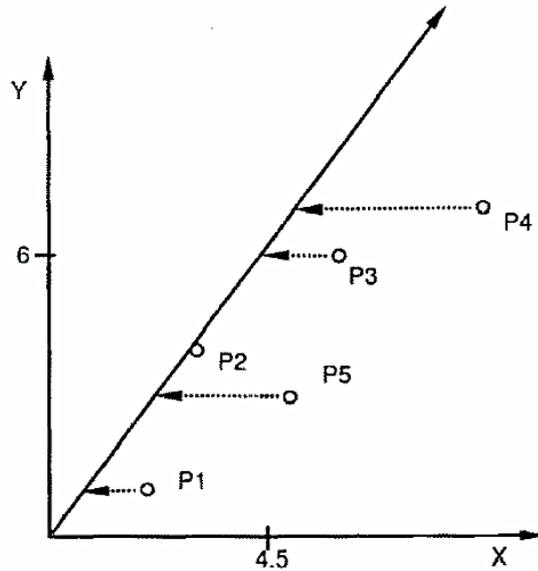


Figura 3. Frontera para el modelo DEA-CCR orientado a entrada

Fuente: Cooper et al.(2011)

La frontera eficiente y la proyección DEA es para el modelo CCR orientado a entrada, donde la frontera eficiente obtenida del modelo CCR es el rayo.

- **Modelo BCC:** Se utiliza para determinar la eficiencia técnica pura, es un modelo de retornos variables a escala (VRS por sus siglas en inglés) que mide el grado en que una DMU está en una dimensión óptima (Apan et al., 2018; Pérez-Romero et al., 2017; & Wang & Le, 2018).

La extensión del modelo CRS (CCR) es el VRS, pues tiene una restricción adicional en donde se considera que las DMUs están en una misma escala (Angón et al., 2017), el modelo tiene la siguiente estructura:

$$Mín_{u,v} k_0 = \sum_{i=1}^m u_i \cdot x_{ij} - k_0; \text{restringida a:}$$

$$\sum_{i=1}^m u_i \cdot x_{ij} - k_0 \geq \sum_{r=1}^s v_r \cdot y_{rj} \text{ con } j = 1, 2, 3, \dots, n$$



Tabla 3. Modelo conceptual de la recolección de datos

<b>Indicadores</b>	<b>Medición</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Fuentes y medios revisados</b>
<b>Inputs</b>	Docentes	Número de docentes de dictaron los cursos programados en el año 2019.	Esta información fue proporcionada por la Dirección de Admisión y Registros Académicos-UNTRM.
	Aulas de enseñanza	Número de aulas asignadas a los cursos programados en el año 2019.	Esta información fue proporcionada por la Dirección de Admisión y Registros Académicos-UNTRM.
	Actividades en Laboratorios	Número de laboratorios empleados según escuela profesional en función de los cursos y proyectos de investigación en ejecución, así como laboratorios especializados para cada escuela profesional.	La recolección de los datos se realizó a través de la identificación de los Laboratorios en las sedes de la UNTRM, y que están contempladas dentro de la documentación de la Universidad. Se consideraron los laboratorios que están en funcionamiento para el dictado de clases (horas programadas en laboratorios) y el desarrollo de investigaciones.
<b>Outputs</b>	Estudiantes	Número de estudiantes matriculados en el año 2019	Esta información fue proporcionada por la Dirección de Admisión y Registros Académicos-UNTRM, se recolectó la información de la sede central y las descentralizadas.
	Publicaciones <sup>1</sup>	Número de participaciones (autoría) de docentes, estudiantes y egresados de la UNTRM.	Se trabajó sobre la información proporcionada por la Dirección General de Difusión, Publicación y Transferencia de la UNTRM.

<sup>1</sup> Ver los datos recolectados en el siguiente enlace: <https://drive.google.com/file/d/1efsUpCAvWFRPJzqxqIKayytnctTs0W8ag/view?usp=sharing>

	Se consideró las publicaciones en revistas indexadas (Scopus, Web of Science, Latindex, etc.), publicaciones en revistas no indexadas, y publicación de libros.	Se recurrió al reporte de datos de Scopus en función de las publicaciones de la UNTRM. Se revisó el Directorio de Recursos Humanos afines a la CTI (Concytec, 2020a). Para el recuento solo se consideró aquellos donde el autor utilizó la afiliación UNTRM, y se clasificó según la Escuela Profesional adscrita. La producción académica contabilizada fueron las publicadas al mes de mayo del 2020.
Proyectos <sup>2</sup>	Número de proyectos asignados de los recursos ordinarios (inversión pública) Número de proyectos asignados de fondos concursables.	Para los proyectos proveniente de recursos ordinarios se recurrió a la base de datos del Banco de Inversiones MEF (Ministerio de Economía y Finanzas, 2020); la clasificación de estos fue en función del objetivo y la población beneficiaria directa. En el caso de los proyectos de fondos concursables se recurrió a las resoluciones de la Universidad (ver Resoluciones en UNTRM, 2020), la clasificación se dio en función del objetivo y el responsable del mismo.
Egresados	Número de egresados en el año 2019.	Esta información fue proporcionada por la Dirección de Admisión y Registros Académicos-UNTRM, se recolectó la información de la sede central y las descentralizadas.

<sup>2</sup> Ver los datos recolectados en el siguiente enlace: [https://drive.google.com/file/d/1OgDPfCa\\_cYWD33lkNUeAbexqLSHezEMF/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1OgDPfCa_cYWD33lkNUeAbexqLSHezEMF/view?usp=sharing)

## 2.6 Procesamiento de datos

Con los datos recolectados de las variables inputs (03) y outputs (04), se expuso el comportamiento de las variables mediante estadística descriptiva (Excel 2016) para apreciar los datos entre las DMU analizadas.

Para el desarrollo del método DEA mediante los modelos CCR y BCC se utilizó RStudio versión 1.3.959 y el paquete deaR versión 1.2.1 (Coll-Serrano et al., 2020b), el script R para los modelos siguió lo descrito en los tutoriales de (Coll-Serrano et al., 2018, 2020a). Además, se complementó con la identificación de las DMUs consideradas “*Global Leader*” (Coll & Blasco, 2006b).

Para la identificación de las deficiencias de las DMUs, se trabajó con las holguras (slacks) obtenidas a partir de los modelos, para el análisis se recurrió a Coll-Serrano et al. (2018), Eriki y Osifo (2015) y Gutiérrez (2010), los cuales mencionan que una holgura de salida (output slack) representa el nivel que se debe aumentar necesariamente para que una DMU ineficiente sea eficiente y una holgura de entrada (input slack) representa la reducción necesaria del input para que la DMU sea eficiente.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Análisis del funcionamiento de las Escuelas Profesionales

En la figura 5 se observa que Derecho y Ciencias Políticas ha empleado un mayor número de docentes seguido de Administración de Empresas, Ingeniería Civil e Ingeniería Ambiental a diferencia de 5 escuelas que están por debajo de los 20 docentes que impartieron clases. En el caso del número de aulas se evidencia que Ingeniería Ambiental y Agroindustrial son las escuelas que más aulas emplearon a diferencia de Antropología y Educación Primaria, de otro lado 12 DMU emplearon más de 20 aulas. Referente a los laboratorios que son utilizados según DMU, se observó que 04 escuelas no cuentan con laboratorio que hayan empleado a diferencia de las DMU10, DMU11, DMU12, DMU13, DMU14, DMU19 y DMU20 que utilizaron más de 05 laboratorios; por último, se nota que las carreras afines a ciencias son las que más hacen uso de laboratorios.

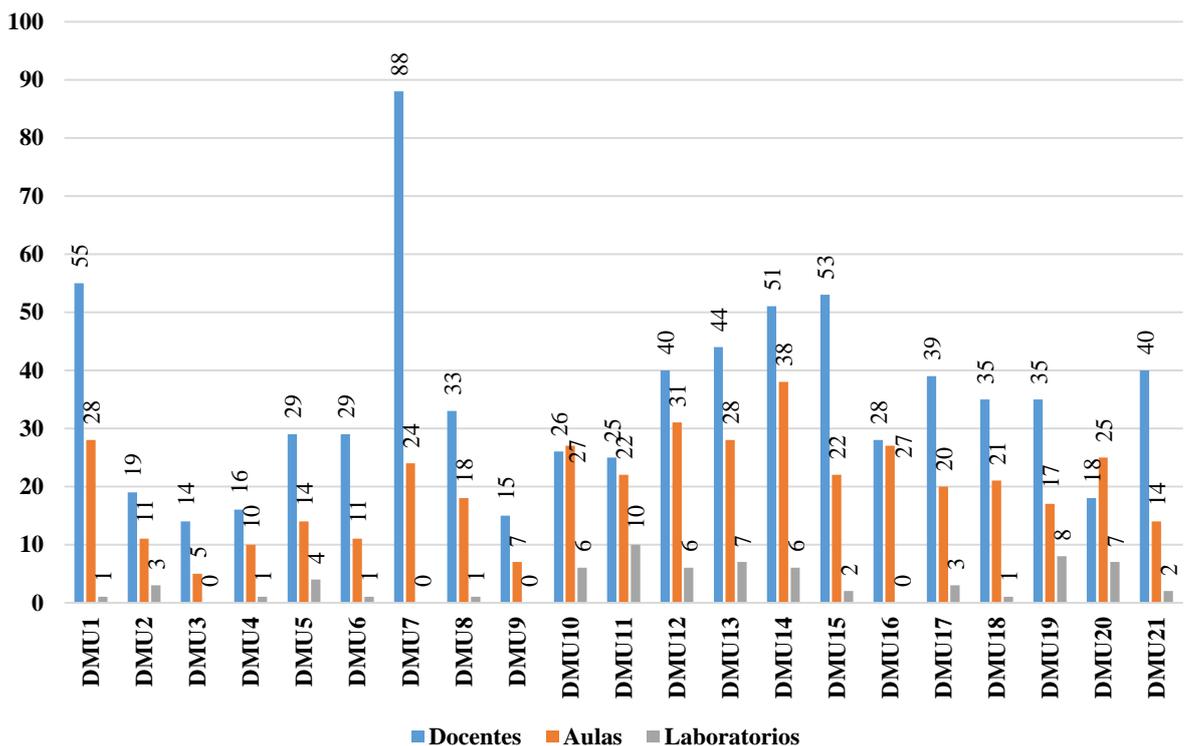


Figura 5. Docentes, aulas y laboratorios empleados según DMU

Para el número de estudiantes (ver figura 6), en todas las DMU presentan un número de estudiantes mayor a los 150 a excepción de las escuelas de Educación Primaria, Antropología y Arqueología; de otro lado, 04 escuelas presentan estudiantes

matriculados superiores a los 400 alumnos (DMU1, DMU7, DMU15 y DMU21) siendo Derecho y Ciencias Políticas la que cuenta con una mayor población estudiantil.

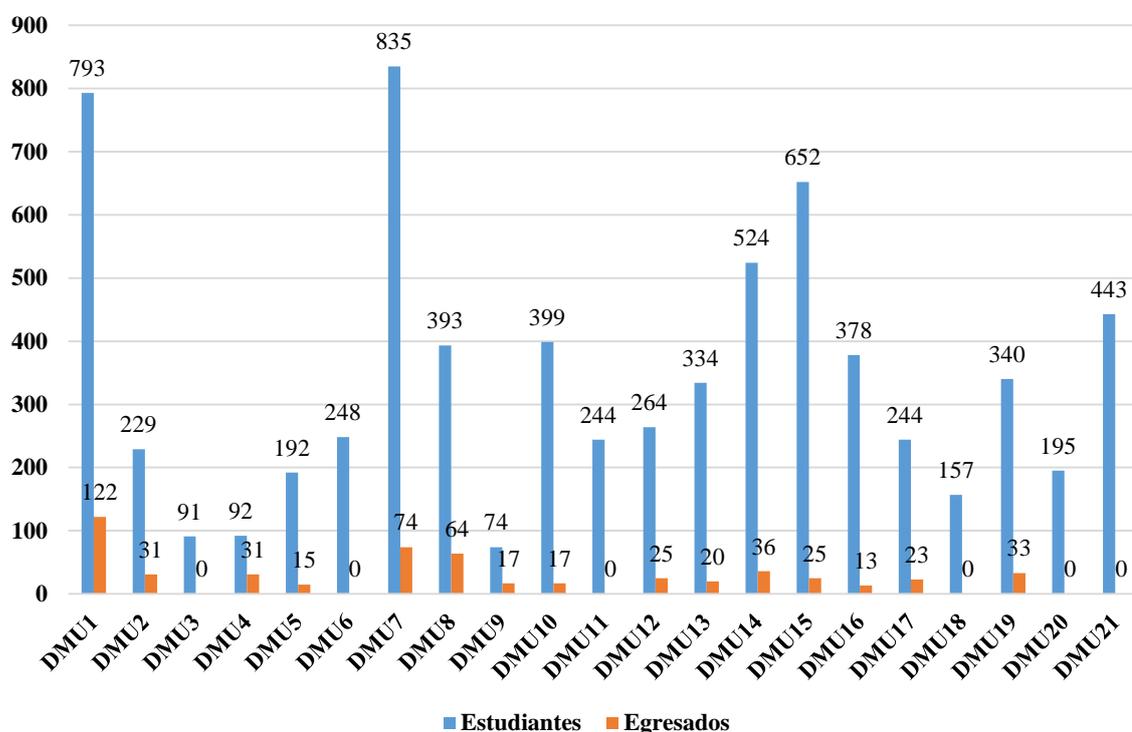


Figura 6. Estudiantes matriculados y egresados según DMU

Respecto al número de egresados se observa que Administración de Empresas y Economía presentaron un mayor número el 2019 en comparación a DMU6, DMU11, DMU18, DMU20 y DMU21 que no contaron con ninguno debido a que en algunos casos las escuelas recién han empezado su funcionamiento y no cuentan con la primera promoción de egresados.

Para analizar el funcionamiento de las Escuelas Profesionales, se debe tener en cuenta los proyectos con los que cuentan cada una de ellas debido a que estas proporcionan medios de desarrollo académico de las mismas, así tenemos que en la figura 7 se observa que 97 proyectos benefician directamente a las DMU sin contabilizar proyectos que por su finalidad y magnitud abarcan a toda la comunidad universitaria, se evidencia que las escuelas de Ingeniería Agroindustrial, Agronomía y Zootecnista (DMU12, DMU13 y DMU19) son las unidades que cuentan con mayor número de proyectos en contraste a las DMU2, DMU3, DMU6 y DMU8 que no cuentan con proyecto asignado.

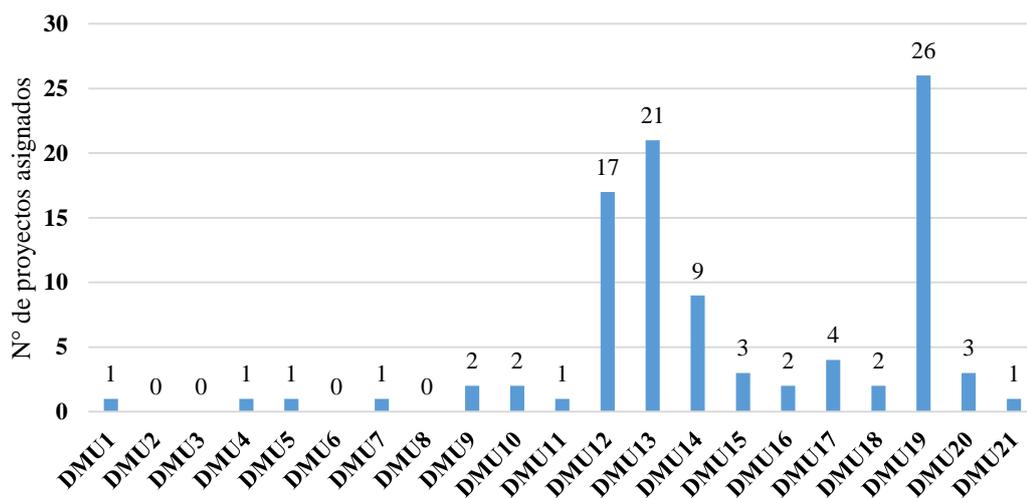


Figura 7. Proyectos asignados según DMU

Según la figura 8 se observa que 42 proyectos de inversión pública benefician específicamente a las escuelas profesionales estudiadas (pabellones, laboratorios, etc.); sin embargo, según la consulta realizada al Ministerio de Economía y Finanzas-MEF (2020) en el banco de inversiones como Universidad contamos con un total de 75 proyectos que buscan mejorar el servicio como entidad.

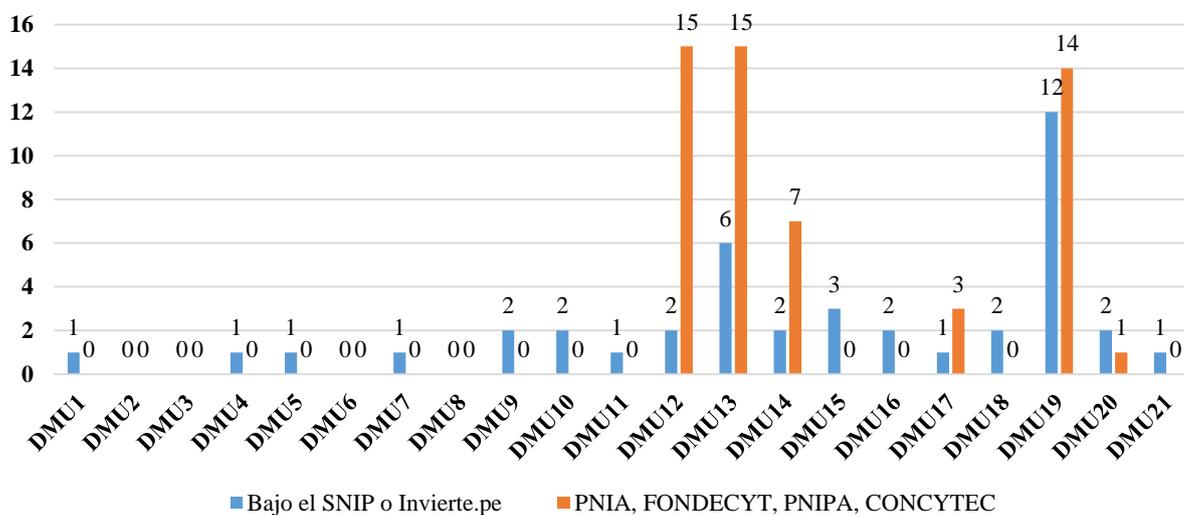


Figura 8. Proyectos según la fuente de financiamiento de las DMUs

En cuanto a los proyectos provenientes de fondos concursables (ver figura 8), se observa que cinco DMU solo han logrado obtener apoyo de dichos fondos; evidenciando que las Escuelas de Ingeniería Agroindustrial, Agrónoma, Zootecnista y Ambiental cuentan con una mayor asignación de estos lo que las destaca en comparación al resto de escuelas evaluadas.

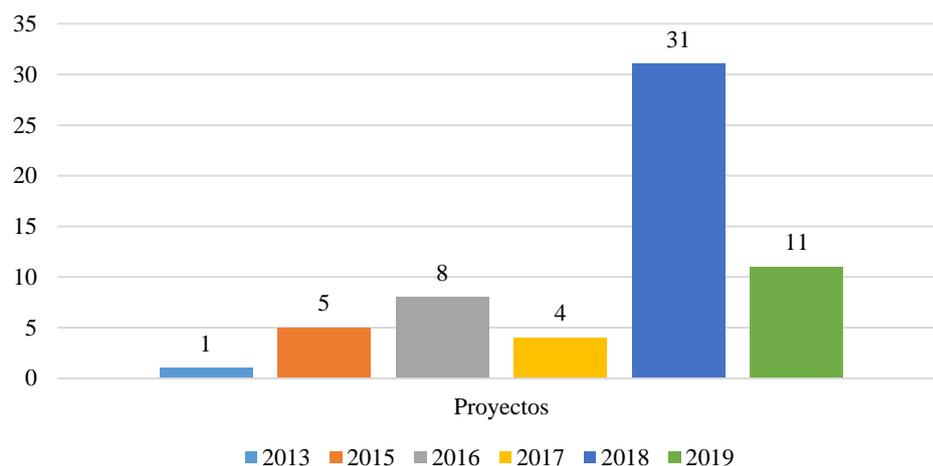


Figura 9. Proyectos de fondos concursables ganados según años

Para entender la figura 9 recurriremos a los periodos de gobierno de la Universidad; en 2013 periodo 2009-2014 de gobierno (post institucionalización) solo se alcanzó ganar un proyecto, sin embargo, con la implementación de la Ley N° 30220 (Ley Universitaria, 2014) que instó a nuevas elecciones universitarias en el periodo de gobierno 2015-2017 se logró obtener 17 proyectos de fondos concursables, y durante este último periodo de gobierno (2018-2022) sea obtenido a la fecha 42 proyectos los cuales representan montos de inversión en materia de investigación y mejora del servicio académico.

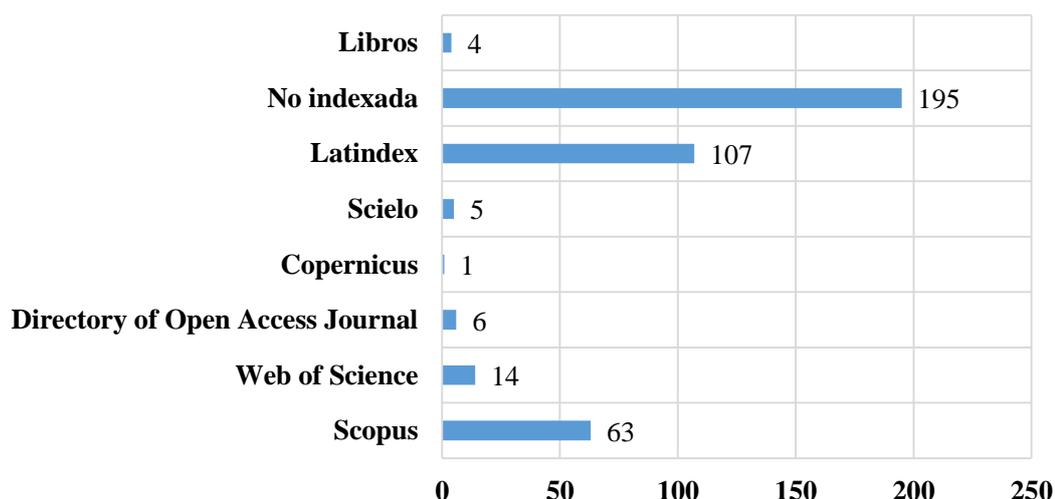


Figura 10. Publicaciones según fuentes de indexación

Como parte del análisis del funcionamiento de las Escuelas Profesionales de la Universidad, las publicaciones realizadas por los docentes, egresados y/o estudiantes suman un total de 395, de las cuales según la figura 10 se aprecia que 83 publicaciones han sido en revistas de alto impacto en la comunidad científica (Scopus, Web of Science, DOAJ), mientras que se observa que existe un total de 195 publicaciones no indexadas y la publicación de 04 libros. Se evidencia, que como institución las publicaciones en revistas de alto impacto han ido aumentando progresivamente debido al aporte de la comunidad universitaria.

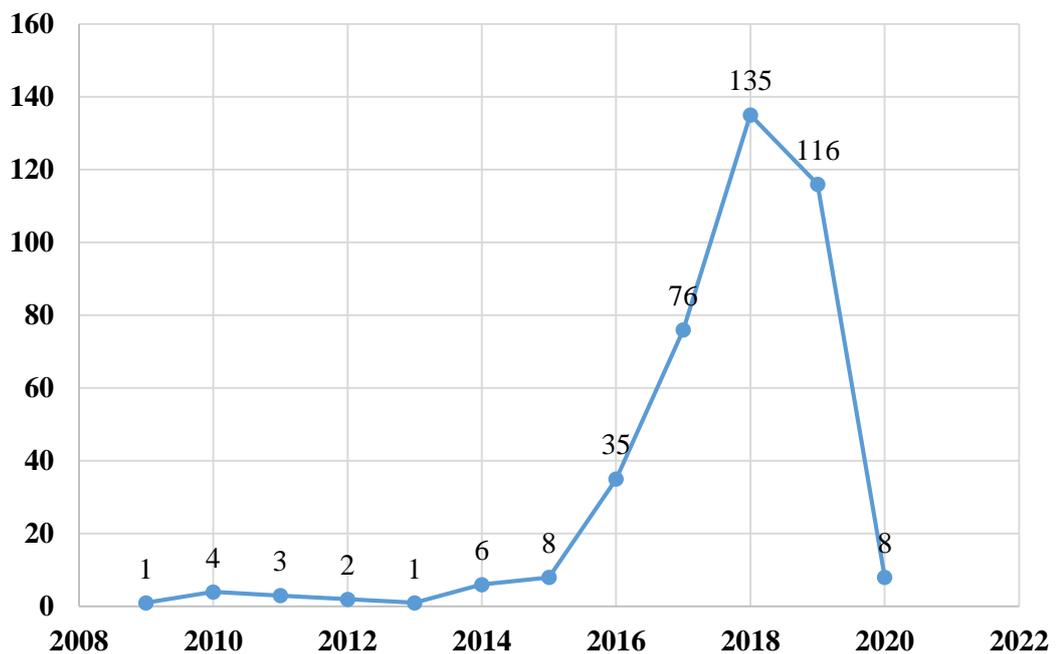


Figura 11. Número de Publicaciones realizadas según año

La figura 11 vista desde los periodos de gobierno de la Universidad indica que el periodo 2015-2017 hubo un total de 119 publicaciones, y que en el actual periodo de gobierno estas se han incrementado a la fecha a un total de 259 publicaciones (mayo 2020), observándose que con la implementación de la Ley Universitaria y el proceso de licenciamiento dichos indicadores pasaron por una mejora considerable a diferencia de los años anteriores.

### 3.2 Eficiencia técnica de las Escuelas Profesionales

En la tabla 4, respecto a la ETG se observa que el promedio (0,847) está por debajo de 14 escuelas profesionales; asimismo, se determinó que 10 DMUs son eficientes (1,0) de las cuales tres son afines al área de ciencias económicas, jurídicas y sociales (DMU1, DMU7 y DMU9), dos afines a las ciencias de la salud (DMU10 y DMU21), y las restantes son afines a la ingeniería (DMU13, DMU14, DMU15, DMU16 y DMU19).

Tabla 4. Eficiencias calculadas en las DMU mediante DEA – orientación input

DMU	Escuelas Profesionales <sup>3</sup>	ETG <sup>4</sup>	ETP <sup>5</sup>	ETE <sup>6</sup>
DMU1	Administración de Empresas	1,000	1,000	1,000
DMU2	Administración en Turismo	0,853	1,000	0,853
DMU3	Antropología	0,781	1,000	0,781
DMU4	Arqueología	0,910	1,000	0,910
DMU5	Ciencias de la Comunicación	0,487	0,649	0,751
DMU6	Contabilidad	0,730	0,854	0,855
DMU7	Derecho y Ciencias Políticas	1,000	1,000	1,000
DMU8	Economía	0,874	0,973	0,899
DMU9	Educación Primaria	1,000	1,000	1,000
DMU10	Enfermería	1,000	1,000	1,000
DMU11	Estomatología	0,648	0,792	0,819
DMU12	Ingeniería Agroindustrial	0,847	0,874	0,970
DMU13	Ingeniería Agrónoma	1,000	1,000	1,000
DMU14	Ingeniería Ambiental	1,000	1,000	1,000
DMU15	Ingeniería Civil	1,000	1,000	1,000
DMU16	Ingeniería de Sistemas	1,000	1,000	1,000
DMU17	Ingeniería en Agronegocios	0,476	0,592	0,803
DMU18	Ingeniería Forestal	0,416	0,508	0,818
DMU19	Ingeniería Zootecnista	1,000	1,000	1,000
DMU20	Medicina Humana	0,765	1,000	0,765
DMU21	Psicología	1,000	1,000	1,000
	<b>Promedio</b>	<b>0,847</b>	<b>0,916</b>	<b>0,915</b>

En el caso de la ETP, 14 escuelas presentaron una eficiencia de 1, de este grupo dos son afines a las ciencias económicas (DMU1 y DMU2), cuatro afines a las ciencias

<sup>3</sup> Referencia para las Unidades de Toma de Decisión (DMU)

<sup>4</sup> Obtenida de la puntuación CCR (modelo propuesto por Charnes et al., 1978)

<sup>5</sup> Obtenida de la puntuación BCC (modelo propuesto por Banker et al., 1984)

<sup>6</sup> Relación entre CCR/BCC (Angón et al., 2017)

sociales y jurídicas (DMU3, DMU4, DMU7 y DMU9), tres a las ciencias de la salud (DMU10, DMU20 y DMU21) y cinco escuelas afines a la ingeniería (DMU13, DMU14, DMU15, DMU16 y DMU19). Además, el valor promedio es el más alto de las tres eficiencias evaluadas del conjunto de escuelas evaluadas (0,916).

Mediante la ETE se reporta que 10 de las 21 escuelas profesionales son eficientes agrupadas de igual forma que la ETG. De otro lado, se observa que las DMU3, DMU5 y DMU20 presentan las más bajas eficiencias (entre 0,75 y 0,78). Asimismo, se observa que 11 escuelas profesionales están por encima del valor promedio obtenido. Por último, las escuelas profesionales de Administración de Empresas, Derecho y Ciencias Políticas, Educación Primaria y Psicologías (campo de letras y salud); e Ingeniería Agrónoma, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Civil e Ingeniería Zootecnista (campo de ingenierías) presentan un índice de 1 en las tres eficiencias estudiadas.

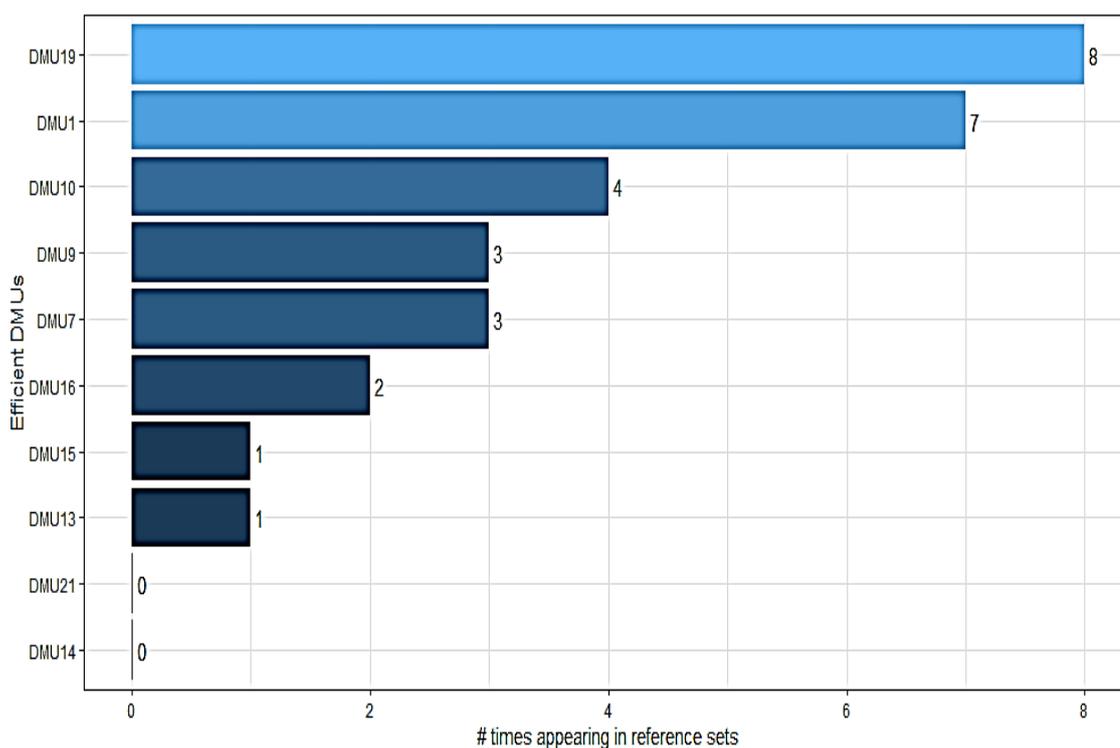


Figura 12. Frecuencia del conjunto de referencia mediante DEA-CCR

La figura 12, evidencia que 7 de las DMUs consideradas eficientes están en un rango de 1 a 7 veces como parte del conjunto de referencias para otras unidades consideradas ineficientes, de igual forma se observa que la DMU19 (Ingeniería Zootecnista) tiene un

mayor número de ocasiones como referencia para otras escuelas por lo que se considera como la “Global Leader”.

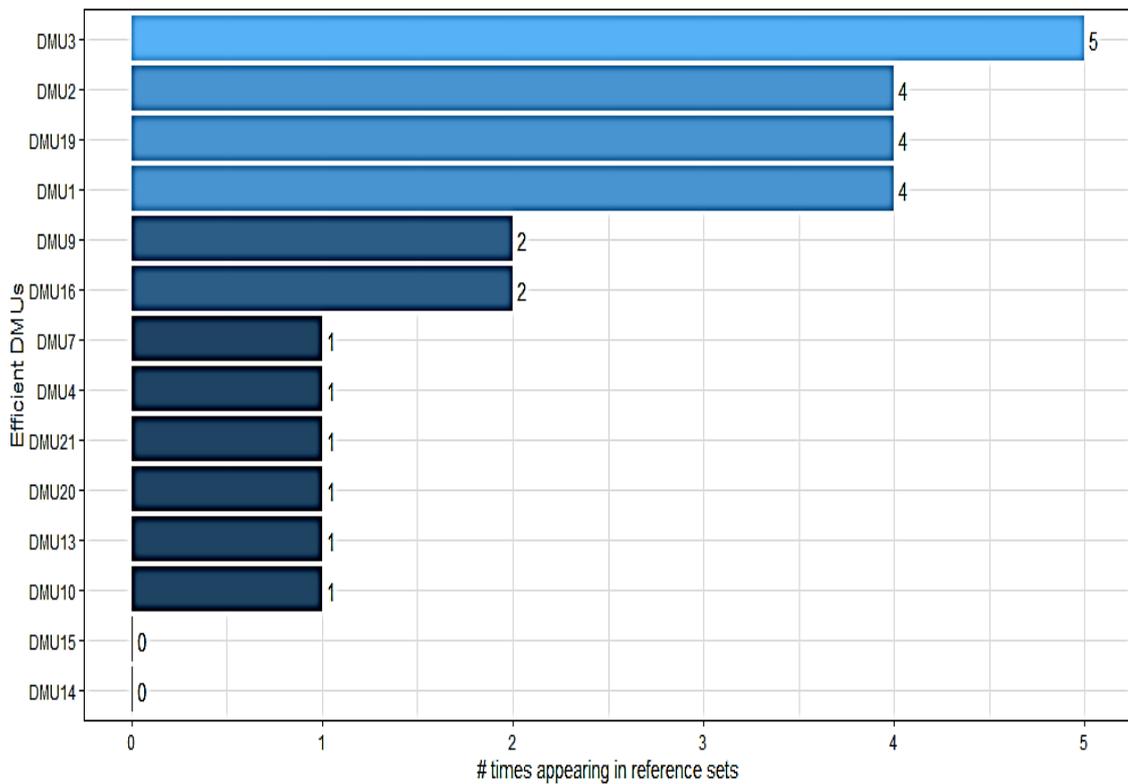


Figura 13. Frecuencia del conjunto de referencia mediante DEA-BCC

La figura 13 mediante el modelo VRS indica que 12 DMUs estudiadas resultan ser referencia para conjuntos de las DMUs no eficientes, se observa que la DMU14 y DMU15 a pesar de ser eficiente no es parte del conjunto de referencias para otras unidades. Por otro lado, la DMU3 (Antropología) se puede considerar como “Global Leader” por tener un mayor número de veces ya que forma parte del conjunto de referencia de unidades ineficientes.

### 3.3 Identificación de deficiencias en las Escuelas Profesionales

En la tabla 5, se observa que en docentes mediante el modelo CCR que todas las DMUs están haciendo uso eficiente de dicho recurso; de otro lado, se evidencia que la DMU12 debería disminuir en aproximadamente 8 aulas seguida de la DMU20, DMU4, DMU6 que muestran una tendencia a disminuir en un aula para el desarrollo de las clases. En lo que respecta al uso de laboratorios se observa que la DMU11 para que se vuelva eficiente no debe hacer uso de por lo menos 3 laboratorios.

Tabla 5. Holguras del modelo DEA-CCR

DMU	Doc {I}	Aul {I}	Lab {I}	Est {O}	Egre {O}	Proy {O}	Pub {O}
DMU1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
DMU2	0,000	0,093	1,539	0,000	0,000	1,431	0,000
DMU3	0,000	0,000	0,000	0,000	9,951	0,538	0,000
DMU4	0,000	1,711	0,432	113,138	0,000	0,000	1,304
DMU5	0,000	0,000	1,446	0,000	8,747	0,000	5,229
DMU6	0,000	0,000	0,557	0,000	30,958	0,306	1,744
DMU7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
DMU8	0,000	1,049	0,350	23,000	0,000	0,525	3,672
DMU9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
DMU10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
DMU11	0,000	0,000	3,763	0,000	18,118	0,000	1,887
DMU12	0,000	7,929	0,000	0,570	1,851	0,000	0,000
DMU13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
DMU14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
DMU15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
DMU16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
DMU17	0,000	0,114	0,000	0,000	11,522	0,000	6,674
DMU18	0,000	0,000	0,000	0,000	10,508	0,000	12,120
DMU19	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
DMU20	0,000	6,438	2,185	0,000	9,849	0,000	26,447
DMU21	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

En cuanto a los outputs (salidas) el modelo aplicado indica que Arqueología (DMU4) debería aumentar en cuanto a la captación de estudiantes en 113 para convertirse en eficiente, en lo referente al número de egresados se observa que la DMU6 (Contabilidad) debe tener un producto aumentado en 30 para convertirse en eficiente. En cuanto a proyectos, se observa que la DMU2 (Administración en Turismo) debe tener al menos un proyecto para ser eficiente; por último, en cuanto a la producción

intelectual (publicaciones) se observa que DMU5, DMU17, DMU18 y DMU20 deben aumentar entre 5 a 27 publicaciones para que se conviertan en eficientes.

Tabla 6. Holguras del modelo DEA-BCC

<b>DMU</b>	<b>Doc {I}</b>	<b>Aul {I}</b>	<b>Lab {I}</b>	<b>Est {O}</b>	<b>Egre {O}</b>	<b>Proy {O}</b>	<b>Pub {O}</b>
<b>DMU1</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>DMU2</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>DMU3</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>DMU4</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>DMU5</b>	0,000	0,000	0,966	0,000	5,192	0,000	13,284
<b>DMU6</b>	0,000	0,000	0,189	0,000	9,247	0,371	4,562
<b>DMU7</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>DMU8</b>	0,000	0,912	0,000	0,000	0,000	1,167	11,577
<b>DMU9</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>DMU10</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>DMU11</b>	0,000	1,059	4,022	0,000	17,014	0,000	0,000
<b>DMU12</b>	1,007	8,800	0,000	12,546	0,000	0,000	0,000
<b>DMU13</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>DMU14</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>DMU15</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>DMU16</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>DMU17</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,355	0,000	10,984
<b>DMU18</b>	0,000	1,059	0,000	0,000	4,368	0,000	15,286
<b>DMU19</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>DMU20</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>DMU21</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Mediante el modelo VRS, en la tabla 7 se observa que en la variable docentes la DMU12 (Ingeniería Agroindustrial) debe disminuir en un docente y usar 8 aulas menos para mejorar su eficiencia; asimismo, la escuela de Estomatología (DMU11) según el modelo indica que usa 4 laboratorios en exceso que afecta su eficiencia.

En las salidas; se observa que la DMU12 según el modelo para ser eficiente debe aumentar en 12 como mínimo su número de estudiantes, en los egresados debe aumentar en 5 como mínimo en la DMU6 y DMU11 (Contabilidad y Estomatología respectivamente) para ser eficientes. Economía (DMU8) debe contar por lo menos con un proyecto y que las DMU5, DMU8, DMU17 y DMU18 deben como mínimo contar con 10 publicaciones para ser eficientes.

## IV. DISCUSIÓN

Las escuelas afines a ciencias económicas representan el 18,6%, ciencias de la salud el 14,9%, el área de ciencias sociales y jurídicas el 22,1%, y el área de ingenierías emplearon 44,4% del total de docentes (ver fig. 5); en virtud de los resultados se observa que la cantidad de docentes es un recurso primordial como política de la Universidad y como consecuencia de esto según Contreras et al. (2016) su impacto se evidencia en la formación de alumnos la cual se convierte en una variable de estudio para estudiar la eficiencia. De otro lado, se observa que la Escuela de Derecho y Ciencias Políticas ha hecho un mayor empleo de docentes seguido de Administración de Empresas, Ingeniería Civil e Ingeniería Ambiental, en el otro extremo tenemos cinco escuelas que con un número de docentes que impartieron clases por debajo de los 20 (ver fig. 5); la cantidad de docentes empleados es un indicador es de suma importancia pues tiene una relación directa con la producción intelectual que es útil cuando se realizan los rankings universitarios (González-Garay et al., 2019b).

Según el portal del Concytec a inicios del 2020 se tenía un registro de 4,266 investigadores registrados los cuales iban a ir aumentando en el transcurso del año (Gestión Perú, 2020). Con respecto a este registro, la Universidad tiene 308 docentes investigadores de los cuales 11 son investigadores calificados (REGINA) que imparten clases en pregrado (Concytec, 2020). Este considerable número de docentes afines a actividades de investigación ha ido aumentando considerablemente como parte de la política de acreditación de programas de estudios en el marco de la nueva ley universitaria (Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa, SINEACE, 2016), esta política pública indica que se debe contar con un número mínimo de docentes registrados en REGINA y los cuales deben ir incrementándose con el tiempo. En referencia a esto, Thanassoulis et al. (2018) coinciden que como institución se debe contar con personal calificado en términos de investigación, sin embargo un factor desfavorable es el salario que es desmotivador en la productividad de investigaciones pero que en los últimos años a través de incentivos esta falencia ha ido superándose paulatinamente.

Se observa que la escuela de Ingeniería Ambiental y Agroindustrial son las escuelas que más aulas emplearon a diferencia de Antropología y Educación Primaria, y 12 DMUs emplearon más de 20 aulas (ver fig. 5); en el caso del uso de los laboratorios, se observó

que 04 escuelas (DMU: 3, 9, 11 y 18) no registraron el uso de estos a diferencia de 7 DMUS que utilizaron más de 05 laboratorios las cuales son afines a ciencias reportando que son las que más hacen uso de laboratorios debido a su carácter práctico, por consiguiente esto se relaciona como parte de la política pública del SINEACE (2016) pues se están cumpliendo con las necesidades de equipamiento en función de las competencias en cada escuela profesional (sobre todo las afines al área de ciencias de la salud e ingenierías).

Se observa en la figura 6 que hubo un total de estudiantes matriculados de 7121, en todas las escuelas se tiene una población estudiantil mayor a los 150 a excepción de las escuelas de Educación Primaria, Antropología y Arqueología; de otro lado, 04 escuelas presentan estudiantes matriculados superiores a los 400 alumnos (DMU: 1, 7, 15 y 21) siendo Derecho y Ciencias Políticas (11,7%) y Administración de Empresas (11,1%) las que cuenta con una mayor población estudiantil en la Universidad; este resultado es una muestra de la demanda en cuanto a la selección de la carrera a estudiar que está dentro de lo indicado por Trigos (2019) estas vienen creciendo porque pueden trabajar en diferentes ámbitos. Adicionalmente, las escuelas afines ciencias de la salud representa un 18%, ciencias sociales y jurídicas un 18%, ciencias económicas un 23,4% y las escuelas de ingenierías un 40,6%; de esto se observa que con la implementación de nuevas carreras de estudio (inicialmente la Universidad fue creada con cuatro escuelas profesionales) y con la nueva ley universitaria la población estudiantil ha crecido debido a que existe una calidad en el servicio pues garantiza el desarrollo integral del estudiante, que es una política pública de desarrollo para el país (Dirección General de Educación Superior Universitaria - DIGESU, 2015). Esta variable de estudio en la investigación, es de suma importancia pues debe existir un crecimiento vegetativo de alumnos matriculado al ser medios estratégicos en la gestión del conocimiento en las Universidades (Minaya & Fernández, 2017; & Morgan & Llinàs, 2017)

González-Garay et al. (2019), mencionan que la eficiencia de las instituciones se evalúa en la empleabilidad con la que cuentan sus egresados; por lo que esta variable es primordial para observar el funcionamiento de las escuelas profesionales. Por tanto, del conjunto total de egresados, ciencias de la salud representa un 3,1% seguido del área de ciencias sociales y jurídicas con 25,1%, afines a las ingenierías son un 32,1% y el área de ciencias económicas son el 39,7% (ver fig. 6). Estos datos tienen relación con lo indicado

respecto a la preferencia de los jóvenes al escoger una carrera profesional (Trigoso, 2019), es decir, la tendencia en cuanto a los estudiantes matriculados y egresados responden a una demanda de la oferta laboral y debido a la percepción de poder trabajar en distintas áreas en función de la carrera escogida.

Si observamos, Administración de Empresas y Economía presentaron un mayor número de egresados, de otro lado 05 DMUs (ver fig. 6) no cuentan con egresados debido a que en algunos casos las escuelas recién han empezado su funcionamiento y no cuentan con la primera promoción de egresados. El estudio de este indicador es un output válido para el estudio de la eficiencia (Lu & YanBai, 2012). Como política pública, la población de egresados de la Universidad responde a la dirección que necesita el mercado pues es una fuente de profesionales talentosos que están sujeto al empleo disponible que exista por lo que evaluar la eficiencia de salida del recurso humano es de suma importancia para los gobiernos en términos de productividad (G. Li, 2011; & Zhang & Shi, 2019).

Los proyectos se han constituido como herramientas de beneficio para la población estudiantil en la Universidad, se observa que las escuelas de Ingeniería Agroindustrial (17,5%), Ingeniería Agrónoma (21,6%) e Ingeniería Zootecnista (26,8%) son las unidades que cuentan con mayor número de proyectos en contraste a cuatro escuelas que no cuentan con algún proyecto asignado (ver fig. 7). La presencia de proyectos en la Universidad evidencia que el Estado como política busca financiar acciones para mejorar el servicio educativo (UNTRM, 2018), esta política pública en la educación según Zhang y Shi (2019) es debido a que una alta inversión es proporcional a una mejor educación.

De los proyectos que benefician directamente a las escuelas profesionales, se observa que 43,3% del total son proyectos de inversión pública (pabellones, laboratorios, etc.) que están bajo el marco del SNIP o Invierte que son fondos asignados por el Gobierno, y un 56,7% son de fondos concursables (ver fig. 8). De este último grupo se observa que las Escuelas de Ingeniería Agroindustrial, Agrónoma, Zootecnista y Ambiental cuentan con una mayor asignación de estos lo que las destaca en comparación al resto de escuelas evaluadas, según Nunez y Meza (2018) y Zhang y Shi (2019) esta se enmarca como una política educativa pues los recursos es limitado en el sector educativo y estos fondos lo que hacen es financiar la investigación científica, especialmente relacionado a la producción intelectual (publicaciones) y estímulos económicos para los investigadores;

por tanto una inversión a través de proyectos en la educación superior generará un rendimiento razonable que impacte en la eficiencia de la investigación universitaria.

En el caso particular de los proyectos de fondos concursables, desde el punto de vista de desarrollo institucional de la Universidad se observa con la implementación de la Ley N° 30220 (Ley Universitaria, 2014) que instó a nuevas elecciones universitarias e implementación de un nuevo sistema de gestión en el periodo de gobierno 2015-2017 se logró obtener 17 proyectos de fondos concursables (ver fig. 9), este crecimiento en la opinión de Arias (2017) y Bravo (2011) se debe a la producción de proyectos de investigación por iniciativa de los docentes y profesionales, actividades administrativas que permiten facilitar la participación de la entidad en los concursos de este tipo pues significa una inversión de recurso material, humano y financiero que será recuperada en beneficio de la institución y sociedad. Los fondos y talentos invertidos en ciencia y tecnología afectan directamente la eficiencia de la investigación científica (Shi et al., 2019), por lo que esta orientación de contar un entorno favorable para la investigación se va mantenido en este periodo de gobierno (2018-2022) que a la fecha ha obtenido 42 proyectos (ver fig. 9), los cuales representan incentivos económicos, mayor producción científica, pasantías, intercambios académicos, entre otros que mejoran la producción de conocimiento (Bayona-Rodríguez et al., 2018).

Como parte del análisis del funcionamiento las publicaciones realizadas por los docentes, egresados y/o estudiantes suman un total de 395 (ver fig. 10), hecha la observación anterior según Thanassoulis et al. (2018) y Torres-Samuel et al. (2019) indican que el personal académico una de sus contribuciones son las actividades de investigación reflejadas en las publicaciones que realizan y que son las que posicionan a la Universidades en función de su capacidad de generar y publicar resultados de investigaciones de calidad. En la figura 10, se reporta que 83 publicaciones han sido en revistas de alto impacto en la comunidad científica (Scopus, Web of Science, DOAJ), mientras que se observa que existe un total de 195 publicaciones no indexadas y la publicación de 04 libros; en consecuencia, como institución las publicaciones en revistas de alto impacto han ido aumentando progresivamente debido al aporte de la comunidad universitaria. Las publicaciones de la Universidad contribuyen al sistema universitario, pues como mencionan Torres-Samuel et al. (2019) Perú es uno de los países mejor posicionados en producción científica y se destaca el aporte de las universidades públicas

por encima de las privadas; como una política educativa se observa que la Universidad muestra una tendencia a publicar en revistas de prestigio a nivel internacional y contar con revistas del mismo tipo con la finalidad de posicionar a la Universidad a nivel nacional e internacional.

Si analizamos la producción científica de la Universidad cronológicamente, se observa que en el periodo 2015-2017 hubo un total de 119 publicaciones, y que en el actual periodo de gobierno estas se han incrementado a la fecha a un total de 259 publicaciones (ver fig. 11), ambos datos son resultados de un nuevo marco normativo en el sistema universitario donde se tiene como estándar contar con publicaciones realizadas por sus docentes y/o estudiante (SINEACE, 2016); debido a esto, se infiere que las universidades con un modelo de gestión de calidad y competitivo hacen posible la visibilidad de las mismas por su capacidad de investigación (Fernández, 2008).

Los antecedentes demostraron que en la mayoría de estudios al comparar la eficiencia entre universidades se ha recurrido al modelo DEA pues es necesario utilizar un método no paramétrico que indique una función de producción a partir de la combinación de inputs y outputs; de otro lado estas han sido modelos orientados a salidas (*outputs*) donde se incrementa estas últimas sin variación de las entradas (*inputs*) (Villarreal & Tohmé, 2017). Sin embargo, en el caso de las universidades peruanas éstas demuestran que están afectadas por problemas internos como externos, debido a que en toda universidad las políticas públicas de inversión se encuentran en función del rendimiento de los recursos asignados a cada institución demostrando calidad y competitividad en su desempeño; por ello el estudio de los modelos aplicados son orientados a entradas (*inputs*) puesto que estas son controlables por parte de la Universidad y están sujetas a reducción debido a factores externos, mientras que las salidas consideradas están en función de la política de la entidad y el recurso humano capacitado para producir proyectos y/o publicaciones científicas (no controlables) (Buitrago et al., 2017; Fernández, 2008; & Johnes, 2006).

La ETG consideró que las DMUs en función de los inputs y outputs es independiente de la escala de operación con lo cual se busca estudiar el uso óptimo de los factores productivos (Soares et al., 2017; & Wang & Le, 2018), para ello se reportó que el promedio general (0,847) está por debajo de 14 escuelas profesionales (ver tabla 4); asimismo, se determinó que 10 DMUs son eficientes de las cuales tres son afines al área de ciencias económicas, jurídicas y sociales, dos a ciencias de la salud, y las restantes son

afines a la ingeniería. Asimismo, tres escuelas profesionales presentan una ineficiencia mayor al 50% que son escuelas que sus outputs no son considerables (valores bajos, ver anexo A). Estos resultados guardan relación con la figura 12 donde se observa que las 10 escuelas profesionales eficientes, 7 de ellas están en un rango de 1 a 7 veces como parte del conjunto de referencias para otras unidades consideradas ineficientes, y que la escuela de Ingeniería Zootecnista tiene un mayor número de ocasiones como referencia para otras escuelas por lo que se considera como la “Global Leader” (Coll & Blasco, 2006b) la cual indica que esta unidad tiene una mayor productividad en comparación de las escuelas profesionales en estudio.

En el caso de la ETP se determinó que 14 escuelas presentaron son eficientes, las otras siete DMUs reportaron una ETP entre un rango de 0,50 a 0,97 demostrando ineficiencias relativamente considerables (ver tabla 4); la existencia de unidades ineficientes en la Universidad según Banker et al. (1984), Villarreal y Tohmé (2017) y Wang y Le (2018) implica que es necesario reescalar la actividad en las variables de entrada y salida. De otro lado; de las 14 unidades eficientes, 12 resultan ser referentes para conjuntos de las DMUs no eficientes (ver figura 13), se observa que la DMU14 y DMU15 a pesar de ser eficiente no es parte del conjunto de referencias para otras unidades. Por otro lado, Antropología se puede considerar como “Global Leader” por tener un mayor número de veces formando parte del conjunto de referencia de unidades ineficientes; asimismo, en este modelo la escuela de Ingeniería Zootecnista vuelve aparecer como una unidad de referencia para otras.

Como se ha observado, existe una gran variabilidad en las ETG y ETP en las DMUs evaluadas evidenciando ineficiencias a escala, por lo que la ETE reporta que 10 de las 21 escuelas profesionales son eficientes, y que los 11 restantes presentan ineficiencia (0,75 a 0,97, ver tabla 4). Además, las DMU3, DMU5 y DMU20 presentan las más altas ineficiencias. Las DMUs presentan una ETE promedio de 0,915 y que 11 escuelas profesionales están por encima del valor promedio obtenido; esta variabilidad en los índices de eficiencia según Li (2017) y Navarro et al. (2017) se debe a que existe variación en el tamaño de la escala en la productividad de las unidades.

Se observa que Administración de Empresas, Derecho y Ciencias Políticas, Educación Primaria, Psicología; Ingeniería Agrónoma, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Civil e Ingeniería Zootecnista son eficientes en los tres indicadores estudiados, y que la escuela

de Ingeniería Zootecnista se puede considerar una unidad de referencia para comparar al resto de escuelas en su funcionamiento, y que la existencia de unidades ineficientes se debe a que existe problemas de escala de operación (Buitrago et al., 2017). El estudio demuestra la mayor eficiencia en el grupo de las ingenierías; similar resultado a lo reportado por Li y Su (2018) donde mencionan que las escuelas de ingeniería y ciencias agrícolas muestran una mayor eficiencia respecto al resto debido a la innovación que presentan en cuanto a su funcionamiento y organización de las mismas. La eficiencia técnica evaluada en las 21 escuelas profesionales de la UNTRM reportan un índice superior a 0,84 en los tres tipos estudiados (ver tabla 4); en el estudio de Nunez y Meza (2018) reporta que la Universidad presenta una eficiencia de 0,683 lo que implica que la Universidad debe profundizar acciones que aumenten las actividades de investigación y que sean atractivos a la demanda del sector que tiene planificado realizar estudios universitarios.

Para identificar las deficiencias en las escuelas profesionales de la UNTRM se recurrió al estudio de las holguras, que permiten observar la diferencia entre los valores observados y los valores objetivos (Coll & Blasco, 2006a, 2006b); en la tabla 5 mediante el modelo CCR se observa que la variable docentes en todas las DMUs están haciendo uso eficiente de dicho recurso; de otro lado, se evidencia que en 4 DMUs deben disminuir las aulas empleadas, referente al uso de laboratorios la DMU11 es ineficiente pues no debe hacer uso de por lo menos 3 laboratorios (ver tabla 5). En el modelo BCC se observa que en la variable docentes la escuela de Ingeniería Agroindustrial debe disminuir en un docente y usar 8 aulas menos para mejorar su eficiencia; asimismo, la escuela de Estomatología según el modelo indica que usa 4 laboratorios en exceso que afecta su eficiencia (ver tabla 6). Si bien la ineficiencia en el número de docentes, aulas y laboratorios no es la misma para todas las DMUs en ambos modelos, estos resultados permiten identificar ineficiencias pues deben disminuir proporcionalmente en el uso de estas para ser eficientes (Leal & Cepeda, 2013), sin embargo como política pública no siempre se puede esperar disminuir el uso de recursos para mejorar resultados para ello Yang et al. (2018) mencionan que la universidad debe contar con políticas basadas en el rendimiento de un sistema de gestión vinculada a indicadores de productividad (para conocer los valores objetivos para mejorar la eficiencia, ver tabla 9).

En función de los datos antes mencionados, en las variables de salida mediante el modelo CCR reporta que Arqueología debería aumentar en cuanto a la captación de estudiantes en 113 para convertirse en eficiente, en lo referente al número de egresados se observa que Contabilidad debe tener un producto aumentado en 30 para convertirse en eficientes, Administración en Turismo debe tener al menos un proyecto para ser eficiente; por último, en cuanto a la producción intelectual cuatro unidades (DMU: 5, 17, 18 y 20) deben aumentar entre 5 a 27 publicaciones para ser eficientes (ver tabla 5).

Las holguras de salida indican que la escuela de Ingeniería Agroindustrial para ser eficiente debe aumentar en 12 como mínimo su número de estudiantes, en los egresados debe aumentar en 5 como mínimo en la DMU6 y DMU11, la DMU8 debe contar por lo menos con un proyecto y que cuatro unidades (DMU: 5, 8, 17 y 18) deben como mínimo contar con 10 publicaciones para ser eficientes. La holgura identificada en los proyectos con los que cuentan las escuelas profesionales, según Contreras et al. (2016), Villarreal y Tohmé (2017) y Yang et al. (2018) los proyectos son un indicador de eficiencia debido a que beneficia a la población estudiantil en las actividades académicas y de investigación mediante la asignación de fondos públicos debido y que el personal está mejor motivado económicamente y promueve la producción científica. En cuanto a la producción científica reflejada en las publicaciones en revistas académicas (autoría) la ineficiencia de esta debe llevar a una política que incremente la cantidad y calidad de las mismas, Lee y Worthington (2016) indican que esta política debe estar orientada a generar incentivos que dinamicen el manejo de recursos y la formación académica para los investigadores (ver tabla 12).

## V. CONCLUSIONES

Respecto al funcionamiento de las escuelas profesionales de la UNTRM, se determinó que en el año 2019 se tuvo una plana docente de 732 profesionales (11 investigadores calificados) y se contó con una población estudiantil de 7121. Se identificaron que de 97 proyectos 43,3% de inversión pública y 56,7% de fondos concursables que benefician directamente a las escuelas. Las publicaciones al mes de mayo suman un total de 395, de estas 83 publicaciones son en revistas de alto impacto.

Mediante la ETG se determinó diez escuelas profesionales eficientes. Asimismo, tres escuelas profesionales presentan una ineficiencia mayor al 50%. La eficiencia técnica pura determinó que 14 escuelas presentaron una eficiencia de 1; lo que indica este modelo es la existencia del supuesto de rendimientos a escala variable. La ETE reporta que 10 de las 21 escuelas profesionales son eficientes, y que los 11 restantes presentan ineficiencia.

El modelo CCR no identificó ineficiencia en la variable docentes, en 4 escuelas se deben disminuir las aulas empleadas, referente al uso de laboratorios la escuela de Estomatología es ineficiente pues no debe hacer uso de por lo menos de 3 laboratorios; en el modelo BCC el input docente de la escuela de Ingeniería Agroindustrial debe disminuir en uno y usar 8 aulas menos para mejorar su eficiencia. Respecto a las variables de salida el modelo CCR reporta que Arqueología debería aumentar en cuanto a la captación de estudiantes en 113 para ser eficiente, Administración en Turismo debe tener al menos un proyecto para ser eficiente; por último, en cuanto a la producción intelectual cuatro unidades deben aumentar entre 5 a 27 publicaciones para ser eficientes. El modelo BCC en las holguras de salida concluyen que Ingeniería Agroindustrial para ser eficiente debe aumentar en 12 como mínimo su número de estudiantes, Economía debe contar por lo menos con un proyecto y que cuatro escuelas deben como mínimo contar con 10 publicaciones para ser eficientes.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar un estudio que permita identificar los principales componentes que están presentes en los procesos administrativos de la Universidad, con el objetivo de estudiar como la eficiencia en el área administrativa aporta a la gestión institucional.

Se recomienda estudiar la eficiencia de la docencia e investigación, en términos que permitan profundizar más el dinamismo de ambas actividades y la correlación que pueden tener.

El presente estudio, busca constituirse como una primera herramienta de aproximación al funcionamiento de las escuelas profesionales de la Universidad, con lo cual se recomienda que realizar más estudios con herramientas multivariadas y no paramétricas que permitan estudiar cómo se desarrollan las Facultades, Escuelas, Institutos, etc.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ai, N., Kjerland, M., Klein-Banai, C., & Theis, T. L. (2019). Sustainability assessment of universities as small-scale urban systems: A comparative analysis using Fisher Information and Data Envelopment Analysis. *Journal of Cleaner Production*, 212, 1357-1367. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.205>
- Angón, E., Perea, J., Barba, C., & García, A. (2017). La evaluación de la eficiencia técnica como herramienta para la mejora de la sustentabilidad: Caso práctico en sistemas pastoriles. *Monografías do Ibader - Serie Pecuaria 4*. Ibader. Universidade de Santiago de Compostela, 47 págs. <http://www.ibader.gal/ficha/136/653/La-evaluacion-de-la-eficiencia-tecnica-como-herramienta-para-la-mejora-de-la-sustentabilidad-Caso-practico-en-sistemas-pastoriles-2017-.html>
- Apan, M., Alp, İ., & Öztel, A. (2018). Comparative analysis of financial efficiencies with Data Envelopment Analysis (DEA) and multi-attribute utility theory (MAUT) methods. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(4), 115-140. <https://doi.org/10.11616/asbed.v18i41997.505857>
- Arias, F. G. (2017). Efectividad y eficiencia de la investigación tecnológica en la universidad. *RECITIUTM*, 3(1), 64-83. <http://201.249.78.46/index.php/recitiutm/article/view/92>
- Avellón, B. (2015). *La eficiencia y la productividad de las comunidades autónomas españolas en la gestión tributaria: Aplicación del análisis envolvente de datos* [Tesis de Doctorado, Universidad de Valladolid]. <https://doi.org/10.35376/10324/16212>
- Aziz, N. A. A., Janor, R. M., & Mahadi, R. (2013). Comparative Departmental Efficiency Analysis within a University: A DEA Approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 90, 540-548. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.07.124>
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>

- Banker, Rajiv D., Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Zhu, J. (2011). Returns to Scale in DEA. En W. W. Cooper, L. M. Seiford, & J. Zhu (Eds.), *Handbook on Data Envelopment Analysis* (pp. 41-70). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8_2)
- Barbosa, S. P. (2010). *Evaluación de la eficiencia de las Escuelas de la Universidad Industrial de Santander aplicando Análisis Envolvente de Datos* [Tesis de Grado, Universidad Industrial de Santander]. <http://noesis.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/12449/1/136433.pdf>
- Bayona-Rodríguez, H., Bedoya, J. G., & Sánchez, F. J. (2018). Eficiencia En La Producción Científica De Las Universidades Colombianas (Efficiency of the Scientific Production in Colombian Universities). *Documento CEDE No. 2018, 36*, 26 pág. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3215466>
- Bravo, G. C. (2011). La producción científica de una unidad de investigación universitaria. Una propuesta metodológica. *Revista Venezolana de Gerencia*, 7(19), 403-424. <https://doi.org/10.31876/revista.v7i19.9545>
- Buitrago, O. Y., Espitia, A. A., & Molano, L. (2017). Análisis Envolvente de Datos para la medición de la eficiencia en instituciones de educación superior: Una revisión del estado del arte. *Revista Científica General José María Córdova*, 15(19), 147-173. <https://doi.org/10.21830/19006586.84>
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1981). Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through. *Management Science*, 27(6), 668-697. <https://doi.org/10.1287/mnsc.27.6.668>
- Coll, V., & Blasco, O. (2006a). *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos. Introducción a los modelos básicos*. Universidad de Valencia. <https://www.eumed.net/libros-gratis/2006c/197/>

- Coll, V., & Blasco, O. (2006b). *Frontier Analyst®: Una herramienta para medir la eficiencia*. Universidad de Valencia. <https://www.eumed.net/libros-gratis/2006c/206/206.pdf>
- Coll-Serrano, V., Benítez, R., & Bolós, V. J. (2018). *Data Envelopment Analysis with deaR*. Universitat de València. [https://www.uv.es/dearshiny/Tutoriales\\_deaR/Tutorial\\_deaR\\_espa%C3%B1ol.pdf](https://www.uv.es/dearshiny/Tutoriales_deaR/Tutorial_deaR_espa%C3%B1ol.pdf)
- Coll-Serrano, V., Bolos, V., & Suarez, R. B. (2020a). *deaR: Conventional and Fuzzy Data Envelopment Analysis (1.2.1)* [Computer software]. <https://CRAN.R-project.org/package=deaR>
- Coll-Serrano, V., Bolos, V., & Suarez, R. B. (2020b). *deaR: Conventional and Fuzzy Data Envelopment Analysis version 1.2.1 from CRAN*. R Package Documentation. <https://rdrr.io/cran/deaR/>
- Concytec. (2020a). *Directorio de Recursos Humanos afines a la CTI* [Portal Institucional de CONCYTEC]. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. <http://dina.concytec.gob.pe/appDirectorioCTI/index.jsp>
- Concytec. (2020b). *Investigadores por institución*. Directorio de Recursos Humanos afines a la CTI. [http://dina.concytec.gob.pe/InvestigadorPorInstitucion/frm\\_InvestigadoresInstitucion.zul?path=wPyvuQt4joD7EUAI4NuHNw%3D%3D](http://dina.concytec.gob.pe/InvestigadorPorInstitucion/frm_InvestigadoresInstitucion.zul?path=wPyvuQt4joD7EUAI4NuHNw%3D%3D)
- Contreras, F. G., Capurro, A. C., Piñones, M. A., & Castillo, J. Q. (2016). Alcances teóricos al concepto de eficiencia organizativa: Una aproximación a lo universitario. *Líder: revista labor interdisciplinaria de desarrollo regional*, 18(29), 75-97. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7301578>
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Zhu, J. (2011). Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations. En W. W. Cooper, L. M. Seiford, & J. Zhu (Eds.), *Handbook on Data Envelopment Analysis* (Vol. 164, pp. 1-39). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8_1)

- Coria, M. M. (2011). Eficiencia técnica de las universidades argentinas de gestión estatal. *Ensayos de Política Económica. Repositorio Institucional UCA*, 5, 44-64. <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/2026>
- Dirección General de Educación Superior Universitaria - DIGESU. (2015). *Política de aseguramiento de la calidad de la educación universitaria. Decreto Supremo N° 016-2015-MINEDU*. Ministerio de Educación - Gobierno del Perú. <https://www.gob.pe/institucion/minedu/normas-legales/118310-016-2015-minedu>
- Duguleană, L., & Duguleană, C. (2015). Data Envelopment Analysis for the efficiency of Academic Departments. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov*, 8(57), 16. [http://webbut.unitbv.ro/BU2015/Series%20V/BILETIN%20I/53\\_Duguleana%20L%20si%20C%202-m-V2.pdf](http://webbut.unitbv.ro/BU2015/Series%20V/BILETIN%20I/53_Duguleana%20L%20si%20C%202-m-V2.pdf)
- Eriki, P. O., & Osifo, O. (2015). Determinants of performance efficiency in nigerian banking industry: A dea approach. *International Journal of Economics, Commerce and Management*, III(2), 1-13. <http://ijecm.co.uk/wp-content/uploads/2015/02/3225.pdf>
- Esmailzadeh, A., & Kazemi, R. (2019). Multi-period efficiency measurement of network production systems. *Measurement*, 134, 835-844. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.12.024>
- Fernández, L. (2008). Análisis de la gestión universitaria en la Universidad Pública Peruana. *VIII Coloquio Internacional sobre Gestión Universitaria en América del Sur*, 17. <https://core.ac.uk/download/pdf/30355775.pdf>
- Florez-López, R., & Santos, Y. F. (2006). Aplicación del modelo DEA en la gestión pública: Un análisis de la eficiencia de las capitales de provincia españolas. *Revista iberoamericana de contabilidad de gestión*, 7, 165-202. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1985901>
- Gayval, B. K., & Bajaj, V. H. (2013). A Comparative Approach of DEA – AHP for Performance Measurement of Indian Banks. *International Journal of Science and Research*, 5(1), 1971-1974. <http://dx.doi.org/10.1155/2011/728982>

- Gestión Perú. (2020). *Perú: Conoce las cinco universidades aportan con más investigadores peruanos*. Noticias Gestión Perú. <https://gestion.pe/peru/conoce-las-cinco-universidades-aportan-con-mas-investigadores-peruanos-que-estudian-noticia/?ref=gesr>
- Ley Universitaria, N° 30220, Presidencia y Congreso de la República (2014). <https://www.sunedu.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-universitaria-30220.pdf>
- González-Garay, A., Pozo, C., Galán-Martín, Á., Brechtelsbauer, C., Chachuat, B., Chadha, D., Hale, C., Hellgardt, K., Kogelbauer, A., Matar, O. K., McDowell, N., Shah, N., & Guillén-Gosálbez, G. (2019a). Assessing the performance of UK universities in the field of chemical engineering using data envelopment analysis. *Education for Chemical Engineers*, 29, 29-41. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2019.06.003>
- González-Garay, A., Pozo, C., Galán-Martín, Á., Brechtelsbauer, C., Chachuat, B., Chadha, D., Hale, C., Hellgardt, K., Kogelbauer, A., Matar, O. K., McDowell, N., Shah, N., & Guillén-Gosálbez, G. (2019b). Assessing the performance of UK universities in the field of chemical engineering using data envelopment analysis. *Education for Chemical Engineers*, 29, 29-41. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2019.06.003>
- Gutiérrez, A. (2010). *El puerto de Lázaro Cárdenas y su eficiencia en la cuenca del Pacífico (2003-2008): Un análisis envolvente de datos* [Tesis de Maestría, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]. [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB\\_UMICH/945](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/945)
- Huamaní, G., Huamaní, S., Salcedo, J., & Fernandez, C. (2017). Modelo de Análisis Envolvente de Datos (DEA) para evaluar la eficiencia de las Escuelas Profesionales de Ingeniería Industrial en el Perú con enfoque de desarrollo sostenible. *Revista Científica TECNIA*, 26(2), 72. <https://doi.org/10.21754/tecnia.v26i2.59>
- Johnes, J. (2006). Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education. *Economics of Education Review*, 25(3), 273-288. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2005.02.005>

- Kounetas, K., Anastasiou, A., Mitropoulos, P., & Mitropoulos, I. (2011). Departmental efficiency differences within a Greek university: An application of a DEA and Tobit analysis. *International Transactions in Operational Research*, 18(5), 545-559. <https://doi.org/10.1111/j.1475-3995.2011.00813.x>
- Leal, C., & Cepeda, J. M. (2013). El uso de la metodología DEA (Data Envelopment Analysis) para la evaluación del impacto de las TIC en la productividad del sector hotelero. *Via Tourism Review*, 3. <https://doi.org/10.4000/viatourism.996>
- Lee, B. L., & Worthington, A. C. (2016). A network DEA quantity and quality-orientated production model: An application to Australian university research services. *Omega*, 60, 26-33. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.05.014>
- Lehmann, E. E., Meoli, M., Paleari, S., & Stockinger, S. A. E. (2018). Approaching effects of the economic crisis on university efficiency: A comparative study of Germany and Italy. *Eurasian Business Review*, 8(1), 37-54. <https://doi.org/10.1007/s40821-017-0091-7>
- Li, G. (2011). Output Efficiency Evaluation of University Human Resource Based on DEA. *Procedia Engineering*, 15, 4707-4711. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.08.881>
- Li, Q., & Su, Z. (2018). Evaluation on Efficiency of Innovation and Entrepreneurship Education in a University Based on DEA. *DEStech Transactions on Computer Science and Engineering*. <https://doi.org/10.12783/dtcse/CCNT2018/24784>
- Li, S. (2017). Research Performance Evaluation of Chinese University Based on DEA. *DEStech Transactions on Computer Science and Engineering*, Article cmsam. <https://doi.org/10.12783/dtcse/cmsam2017/16407>
- Lu, T., & YanBai, W. (2012). The Study of the DEA Method Model for University Teaching Quality Assessment and Benefit Analysis. *Physics Procedia*, 25, 1187-1191. <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2012.03.218>
- Minaya, W. R. J., & Fernández, G. M. Q. (2017). Aplicación del Análisis Envolvente de Datos en las Universidades Autónomas de Bolivia. Caso Carreras Ciencias

- Empresariales. *European Scientific Journal, ESJ*, 13(28), 155.  
<https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n28p155>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2020). *Banco de Inversiones. Consulta Avanzada de Inversiones* [Portal Institucional del Invierte.pe]. Invierte.pe.  
<https://ofi5.mef.gob.pe/inviertePub/ConsultaPublica/ConsultaAvanzada>
- Morgan, M., & Llinàs, X. (2017). An Academic Knowledge Management Model: Multiple Case Studies in Peruvian Universities. *Proceedings of the European Conference on Knowledge Management, ECKM*, 730.  
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/622491>
- Navarro Chávez, J. C. L., Gómez Monge, R., & Torres Hernández, Z. (2017). Universities in Mexico: A measure of its efficiency through data envelopment analysis with bootstrap. *Acta Universitaria*, 26(6), 60-69. <https://doi.org/10.15174/au.2016.911>
- Navarro, J. C. L., Gómez, R., & Torres, Z. (2017). Universities in Mexico: A measure of its efficiency through data envelopment analysis with bootstrap. *Acta Universitaria*, 26(6), 60-69. <https://doi.org/10.15174/au.2016.911>
- Nunez, N. A., & Meza, G. C. (2018). Haciendo mucho con poco: Eficiencia de la investigación científica en el Perú. *Revista Espacios*, 39(26), 7-17.  
<https://www.revistaespacios.com/a18v39n26/18392607.html>
- Peñate, Y., Rivero, J. L., & Lozada, D. (2017). Análisis envolvente de datos (DEA): Un enfoque viable para la evaluación de la eficiencia docente e investigativa en las universidades ecuatorianas. *Revista Espacios*, 38(30), 13-31.  
<https://www.revistaespacios.com/a17v38n30/a17v38n30p13.pdf>
- Pérez-Romero, C., Ortega-Díaz, M. I., Ocaña-Riola, R., & Martín-Martín, J. J. (2017). Análisis de la eficiencia técnica en los Hospitales del Sistema Nacional de Salud español. *Gaceta Sanitaria*, 31(2), 108-115.  
<https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2016.10.007>
- Pizarro, J. T. R., & Castro, A. F. S. (2018). *Análisis exploratorio de la eficiencia administrativa de las universidades públicas y particulares de las provincias de*

*Guayas y Santa Elena en el periodo 2010 –2016: Una aplicación de la metodología análisis envolvente de datos—DEA* [Tesis de Maestría, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/46085>

Põldaru, R., & Roots, J. (2014). A PCA–DEA approach to measure the quality of life in Estonian counties. *Socio-Economic Planning Sciences*, 48(1), 65-73. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2013.10.001>

Ramírez-Gutiérrez, Z., Barrachina-Palanca, M., & Ripoll-Feliu, V. (2020). Eficiencia en la educación superior. Estudio empírico en universidades públicas de Colombia y España. *Revista de Administração Pública*, Article 0. <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/81622>

Ruggiero, J. (2007). A comparison of DEA and the stochastic frontier model using panel data. *International Transactions in Operational Research*, 14(3), 259-266. <https://doi.org/10.1111/j.1475-3995.2007.00585.x>

Shamohammadi, M., & Oh, D. (2019). Measuring the efficiency changes of private universities of Korea: A two-stage network data envelopment analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 148, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119730>

Shi, R.-L., He, N., & Liu, Y. (2019). Evaluation of University Scientific Research and Technology Transfer Efficiency Based on Dynamic DEA Model. *Proceedings of the 5th Annual International Conference on Management, Economics and Social Development (ICMESD 2019)*. Proceedings of the 5th Annual International Conference on Management, Economics and Social Development (ICMESD 2019), Suzhou, China. <https://doi.org/10.2991/icmesd-19.2019.10>

Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa, SINEACE. (2016). *Modelo de Acreditación para Programas de Estudios de Educación Superior Universitaria*. Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa. <https://www.sineace.gob.pe/acreditacion/acreditacion-educacion-superior-universitaria/>

- Soares, A. V., Silva, N., Pinheiro, E., & Moquete, S. J. (2017). Eficiencia técnica y de escala de la producción de sisal en el estado de Bahía (Brasil). *Apuntes: Revista de Ciencias Sociales*, 44(81), 39-65. <https://doi.org/10.21678/apuntes.81.805>
- Tello, A. F. (2019). Eficiencia de la innovación en América Latina. Una aproximación a través del Análisis Envolvente de Datos. *Análisis económico*, XXXIV(87), 249-267. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/413/41362257011/html/index.html>
- Thanassoulis, E., Sotiros, D., Koronakos, G., & Despotis, D. (2018). Assessing the cost-effectiveness of university academic recruitment and promotion policies ., *European Journal of Operational Research*, 264(2), 742-755. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.06.046>
- Tone, K. (2017). A comparative study of AHP and DEA. En *Advances in DEA Theory and Applications* (pp. 100-106). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118946688.ch11>
- Torres-Samuel, M., Vásquez, C. L., Cardozo, M. L., Bucci, N., Vilorio, A., & Cabrera, D. (2019). Clustering of Top 50 Latin American Universities in SIR, QS, ARWU, and Webometrics Rankings. *Procedia Computer Science*, 160, 467-472. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.063>
- Trigoso, M. (2019). *Empresas: Administración de Empresas, la carrera universitaria más demandada*. Noticias Gestión\_Perú. <https://gestion.pe/economia/empresas/administracion-empresas-carrera-universitaria-demandada-274138-noticia/>
- UNTRM. (2018). *Minedu transfiere más de 4 millones en marco de la Reforma Universitaria—UNTRM*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. <https://www.untrm.edu.pe/es/noticias/1744-minedu-transfiere-mas-de-4-millones-en-marco-de-la-reforma-universitaria.html>
- Estatuto de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Resolución de Asamblea Universitaria N° 003-2019, 100 (2019). <https://www.untrm.edu.pe/es/resolucion/category/64-resoluciones-de-asamblea-universitaria.html>

- UNTRM. (2020). *Resoluciones—UNTRM* [Portal Institucional]. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. <https://www.untrm.edu.pe/es/resolucion.html>
- Estatuto de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Resolución de Asamblea Universitaria N° 001-2020, 55 (2020). <https://www.untrm.edu.pe/es/resolucion/category/69-resoluciones-de-asamblea-universitaria.html>
- Villarreal, F., & Tohmé, F. (2017). Análisis envolvente de datos. Un caso de estudio para una universidad argentina. *Estudios Gerenciales*, 33(144), 302-308. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2017.06.004>
- Vukosavljević, J., Popović, M., Martić, M., & Popović, M. (2018). *Teachers' Efficiency Measuring: An application of DEA*. 65-71. [http://cea.fon.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2019/01/Balcor2018\\_Vukosavljevic\\_Popovic\\_Martic\\_Popovic.pdf](http://cea.fon.bg.ac.rs/wp-content/uploads/2019/01/Balcor2018_Vukosavljevic_Popovic_Martic_Popovic.pdf)
- Wang, C. N., & Le, A. P. (2018). Assessing the Efficiency of Using Facebook Promoting Vietnamese University Brand: A Dea Approach. *Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Systems, Metaheuristics & Swarm Intelligence - ISMSI '18*, 29-34. <https://doi.org/10.1145/3206185.3206208>
- Xu, C. (2017). *Analysis of Book Shelf Utilization Rate of University Library Based on DEA Model*. 313-316. <https://doi.org/10.2991/icedem-17.2017.80>
- Yang, G., Fukuyama, H., & Song, Y. (2018). Measuring the inefficiency of Chinese research universities based on a two-stage network DEA model. *Journal of Informetrics*, 12(1), 10-30. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.11.002>
- Zhang, X., & Shi, W. (2019). Research about the university teaching performance evaluation under the data envelopment method. *Cognitive Systems Research*, 56, 108-115. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2018.11.004>

## ANEXOS

### Anexo A. Data adaptada para el DEA

Tabla 7. Data DEA para RStudio

Escuelas Profesionales	DMU	Docentes	Aulas	Laboratorios	Estudiantes	Egresados	Proyectos	Publicaciones científicas
Administración de Empresas	DMU1	55	28	1	793	122	1	7
Administración en Turismo	DMU2	19	11	3	229	31	0	11
Antropología	DMU3	14	5	0	91	0	0	5
Arqueología	DMU4	16	10	1	92	31	1	5
Ciencias de la Comunicación	DMU5	29	14	4	192	15	1	0
Contabilidad	DMU6	29	11	1	248	0	0	0
Derecho y Ciencias Políticas	DMU7	88	24	0	835	74	1	4
Economía	DMU8	33	18	1	393	64	0	0
Educación Primaria	DMU9	15	7	0	74	17	2	21
Enfermería	DMU10	26	27	6	399	17	2	39
Estomatología	DMU11	25	22	10	244	0	1	16
Ingeniería Agroindustrial	DMU12	40	31	6	264	25	17	121
Ingeniería Agrónoma	DMU13	44	28	7	334	20	21	171
Ingeniería Ambiental	DMU14	51	38	6	524	36	9	195
Ingeniería Civil	DMU15	53	22	2	652	25	3	4
Ingeniería de Sistemas	DMU16	28	27	0	378	13	2	14
Ingeniería en Agronegocios	DMU17	39	20	3	244	23	4	18
Ingeniería Forestal	DMU18	35	21	1	157	0	2	1
Ingeniería Zootecnista	DMU19	35	17	8	340	33	26	158
Medicina Humana	DMU20	18	25	7	195	0	3	3
Psicología	DMU21	40	14	2	443	0	1	3
<b>Total</b>		<b>732</b>	<b>420</b>	<b>69</b>	<b>7121</b>	<b>546</b>	<b>97</b>	<b>796</b>

## Anexo B. Desarrollo de los modelos DEA en RStudio

The screenshot displays the RStudio interface. The main window shows a data table with 21 rows (DMU1 to DMU21) and 8 columns: Docentes, Aulas, Laboratorios, Estudiantes, Egresados, Proyectos, and Publicaciones. The Environment pane on the right shows the Global Environment with several data objects: analisis (21 obs. of 8 variables), data\_basic (List of 9), data\_example (List of 9), result\_untrmi (List of 15), and result\_untrm... (List of 15). The Files pane shows the project directory structure.

DMU	Docentes	Aulas	Laboratorios	Estudiantes	Egresados	Proyectos	Publicaciones
1 DMU1	55	28	1	793	122	1	7
2 DMU2	19	11	3	229	31	0	11
3 DMU3	14	5	0	91	0	0	5
4 DMU4	16	10	1	92	31	1	5
5 DMU5	29	14	4	192	15	1	0
6 DMU6	29	11	1	248	0	0	0
7 DMU7	88	24	0	835	74	1	4
8 DMU8	33	18	1	393	64	0	0
9 DMU9	15	7	0	74	17	2	21
10 DMU10	26	27	6	399	17	2	39
11 DMU11	25	22	10	244	0	1	16
12 DMU12	40	31	6	264	25	17	121
13 DMU13	44	28	7	334	20	21	171
14 DMU14	51	38	6	524	36	9	195
15 DMU15	53	22	2	652	25	3	4
16 DMU16	28	27	0	378	13	2	14
17 DMU17	39	20	3	244	23	4	18
18 DMU18	35	21	1	157	0	2	1
19 DMU19	35	17	8	340	33	26	158
20 DMU20	18	25	7	195	0	3	3
21 DMU21	40	14	2	443	0	1	3

Figura 14. Función read\_data () para las DMUs

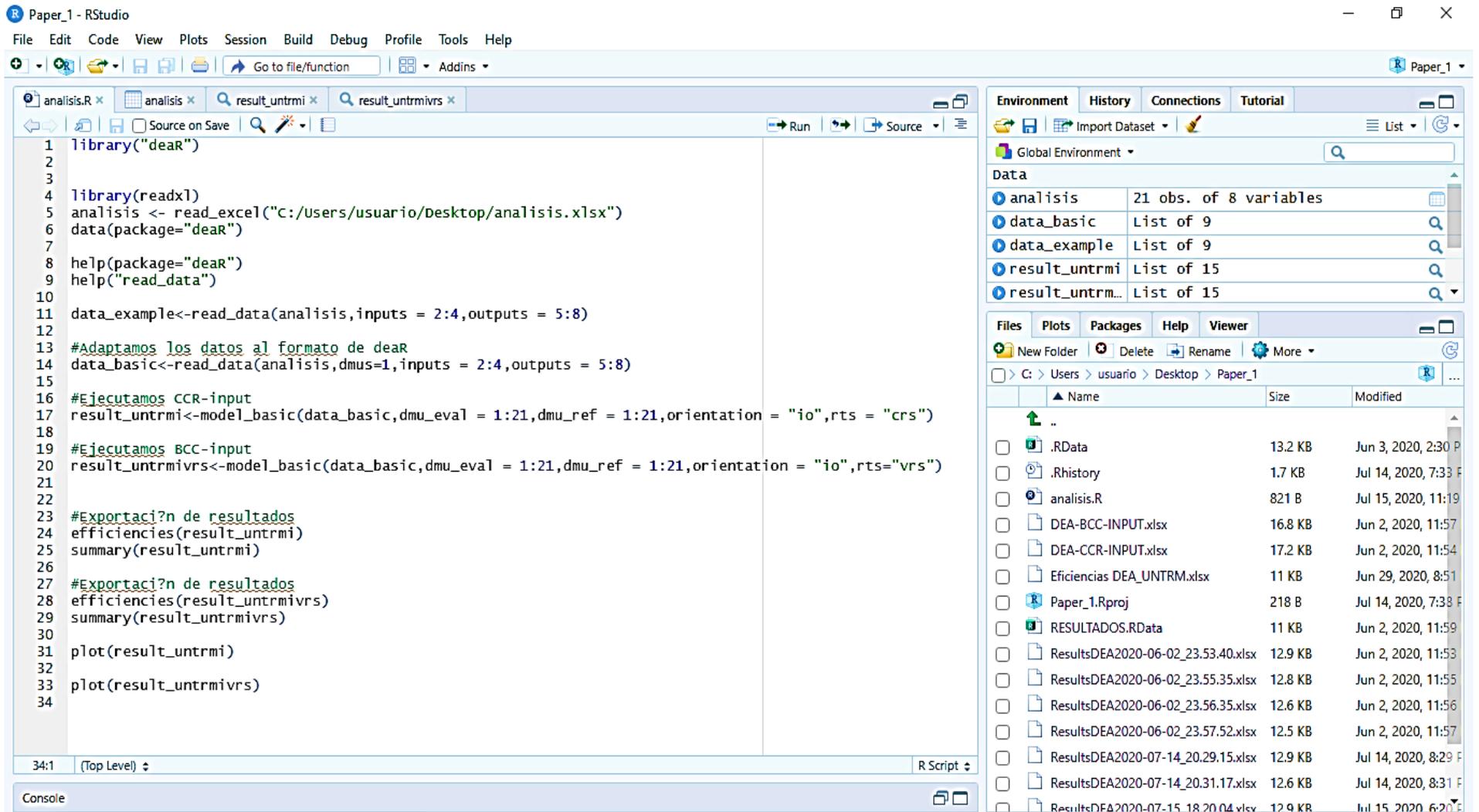


Figura 15. Script para los modelos CCR y BCC desarrollados en RStudio





Anexo C. Datos procesados de los modelos aplicados

Tabla 8. Lambdas del modelo CCR-input orientado

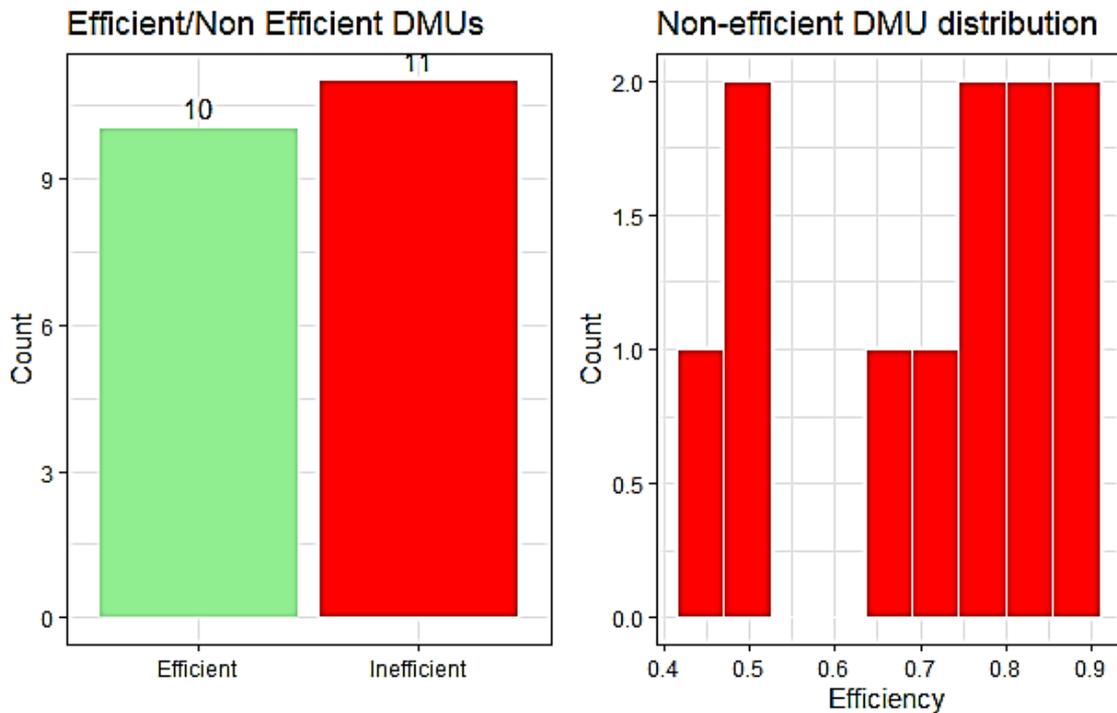
DMU	DMU1	DMU2	DMU3	DMU4	DMU5	DMU6	DMU7	DMU8	DMU9	DMU10	DMU11	DMU12	DMU13	DMU14	DMU15	DMU16	DMU17	DMU18	DMU19	DMU20	DMU21
DMU1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU2	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
DMU3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU4	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
DMU5	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
DMU6	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU8	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU11	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,00	0,00
DMU13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU17	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00
DMU18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00
DMU19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
DMU20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00
DMU21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

Tabla 9. Targets del modelo CCR-input orientado

DMU	Docentes	Aulas	Laboratorios	Estudiantes	Egresados	Proyectos	Publicaciones
DMU1	55,00	28,00	1,00	793,00	122,00	1,00	7,00
DMU2	16,21	9,29	1,02	229,00	31,00	1,43	11,00
DMU3	10,93	3,90	0,00	91,00	9,95	0,54	5,00
DMU4	14,56	7,39	0,48	205,14	31,00	1,00	6,30
DMU5	14,14	6,82	0,50	192,00	23,75	1,00	5,23
DMU6	21,18	8,03	0,17	248,00	30,96	0,31	1,74
DMU7	88,00	24,00	0,00	835,00	74,00	1,00	4,00
DMU8	28,85	14,69	0,52	416,00	64,00	0,52	3,67
DMU9	15,00	7,00	0,00	74,00	17,00	2,00	21,00
DMU10	26,00	27,00	6,00	399,00	17,00	2,00	39,00
DMU11	16,21	14,26	2,72	244,00	18,12	1,00	17,89
DMU12	33,89	18,34	5,08	264,57	26,85	17,00	121,00
DMU13	44,00	28,00	7,00	334,00	20,00	21,00	171,00
DMU14	51,00	38,00	6,00	524,00	36,00	9,00	195,00
DMU15	53,00	22,00	2,00	652,00	25,00	3,00	4,00
DMU16	28,00	27,00	0,00	378,00	13,00	2,00	14,00
DMU17	18,56	9,40	1,43	244,00	34,52	4,00	24,67
DMU18	14,54	8,73	0,42	157,00	10,51	2,00	13,12
DMU19	35,00	17,00	8,00	340,00	33,00	26,00	158,00
DMU20	13,78	12,70	3,17	195,00	9,85	3,00	29,45
DMU21	40,00	14,00	2,00	443,00	0,00	1,00	3,00

Tabla 10. Conjunto de referencias de las DMUs – CCR input orientado

DMU	DMU1	DMU10	DMU13	DMU15	DMU16	DMU19	DMU7	DMU9
DMU1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU2	0,23	0,08	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
DMU3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,08	0,21
DMU4	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
DMU5	0,17	0,00	0,00	0,07	0,00	0,02	0,00	0,00
DMU6	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00
DMU7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
DMU8	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
DMU10	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU11	0,09	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU12	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,37	0,00	0,50
DMU13	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU15	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU16	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
DMU17	0,24	0,01	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00
DMU18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,05	0,06	0,08
DMU19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
DMU20	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00
DMU21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



(a) (b)  
 Figura 18. Número de DMUs eficientes y no eficientes (a),  
 distribución de la puntuación de eficiencia de las DMUs (b) ineficientes-CCR.

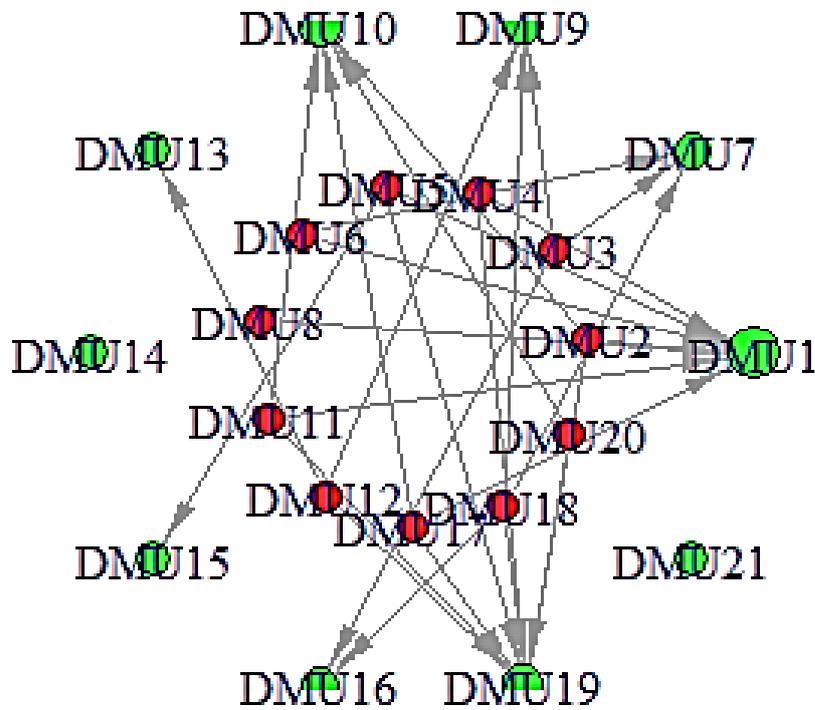


Figura 19. Gráfico de redes – modelo CCR

**Nota:** Los círculos verdes representan las DMUs eficientes y los círculos rojos las ineficientes.

Tabla 11. Lambdas del modelo BCC-input orientado

DMU	DMU1	DMU2	DMU3	DMU4	DMU5	DMU6	DMU7	DMU8	DMU9	DMU10	DMU11	DMU12	DMU13	DMU14	DMU15	DMU16	DMU17	DMU18	DMU19	DMU20	DMU21
DMU1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU2	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU3	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU4	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU5	0,05	0,43	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00
DMU6	0,08	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29
DMU7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU8	0,41	0,14	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU11	0,00	0,41	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
DMU12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00
DMU13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU17	0,10	0,18	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00
DMU18	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
DMU19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
DMU20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
DMU21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

Tabla 12. Targets del modelo BCC-input orientado

DMU	Docentes	Aulas	Laboratorios	Estudiantes	Egresados	Proyectos	Publicaciones
DMU1	55,00	28,00	1,00	793,00	122,00	1,00	7,00
DMU2	19,00	11,00	3,00	229,00	31,00	0,00	11,00
DMU3	14,00	5,00	0,00	91,00	0,00	0,00	5,00
DMU4	16,00	10,00	1,00	92,00	31,00	1,00	5,00
DMU5	18,82	9,09	1,63	192,00	20,19	1,00	13,28
DMU6	24,77	9,40	0,67	248,00	9,25	0,37	4,56
DMU7	88,00	24,00	0,00	835,00	74,00	1,00	4,00
DMU8	32,10	16,60	0,97	393,00	64,00	1,17	11,58
DMU9	15,00	7,00	0,00	74,00	17,00	2,00	21,00
DMU10	26,00	27,00	6,00	399,00	17,00	2,00	39,00
DMU11	19,80	16,36	3,90	244,00	17,01	1,00	16,00
DMU12	33,95	18,29	5,24	276,55	25,00	17,00	121,00
DMU13	44,00	28,00	7,00	334,00	20,00	21,00	171,00
DMU14	51,00	38,00	6,00	524,00	36,00	9,00	195,00
DMU15	53,00	22,00	2,00	652,00	25,00	3,00	4,00
DMU16	28,00	27,00	0,00	378,00	13,00	2,00	14,00
DMU17	23,10	11,85	1,78	244,00	23,35	4,00	28,98
DMU18	17,78	9,61	0,51	157,00	4,37	2,00	16,29
DMU19	35,00	17,00	8,00	340,00	33,00	26,00	158,00
DMU20	18,00	25,00	7,00	195,00	0,00	3,00	3,00
DMU21	40,00	14,00	2,00	443,00	0,00	1,00	3,00

Tabla 13. Conjunto de referencias de las DMUs – BCC input orientado

DMU	DMU1	DMU10	DMU13	DMU16	DMU19	DMU2	DMU20	DMU21	DMU3	DMU4	DMU7	DMU9
DMU1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
DMU4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
DMU5	0,05	0,00	0,00	0,00	0,04	0,43	0,00	0,00	0,49	0,00	0,00	0,00
DMU6	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,63	0,00	0,00	0,00
DMU7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
DMU8	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,31
DMU9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
DMU10	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU11	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,41	0,16	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00
DMU12	0,00	0,00	0,35	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,28
DMU13	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU16	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU17	0,10	0,00	0,00	0,08	0,14	0,18	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
DMU18	0,00	0,00	0,00	0,17	0,06	0,00	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	0,00
DMU19	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DMU21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

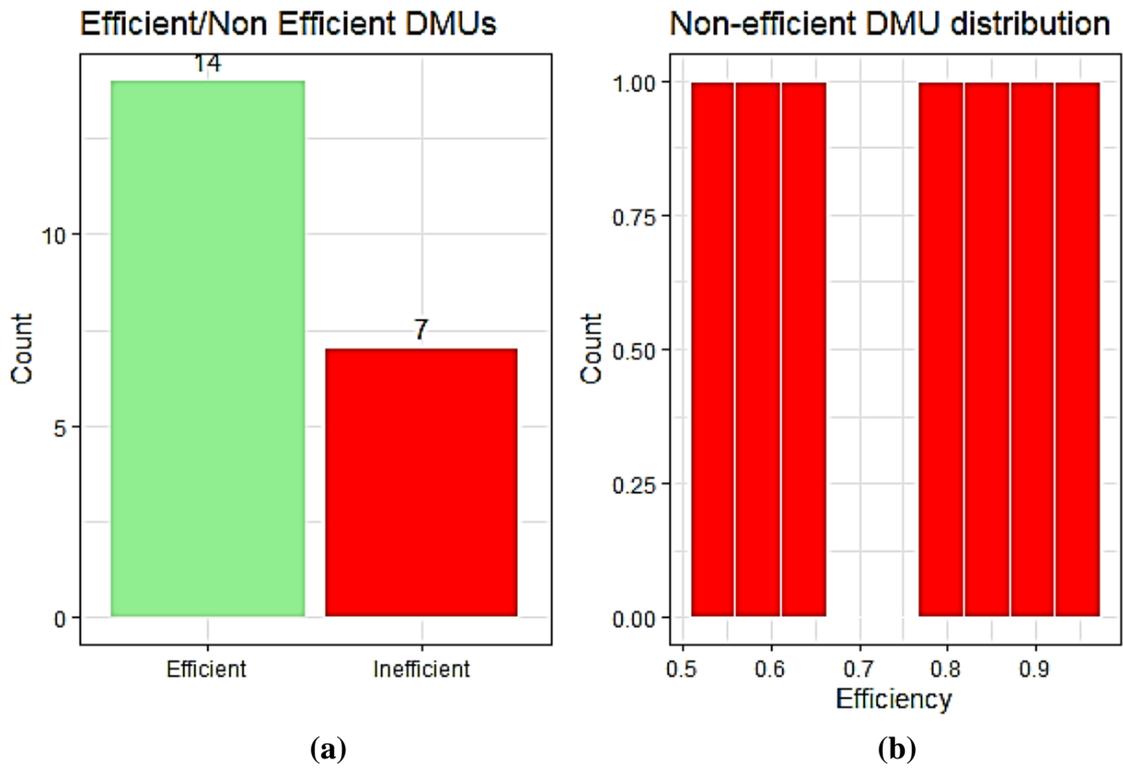


Figura 20. Número de DMUs eficientes y no eficientes (a), distribución de la puntuación de eficiencia de las DMUs ineficientes (b) - BCC.

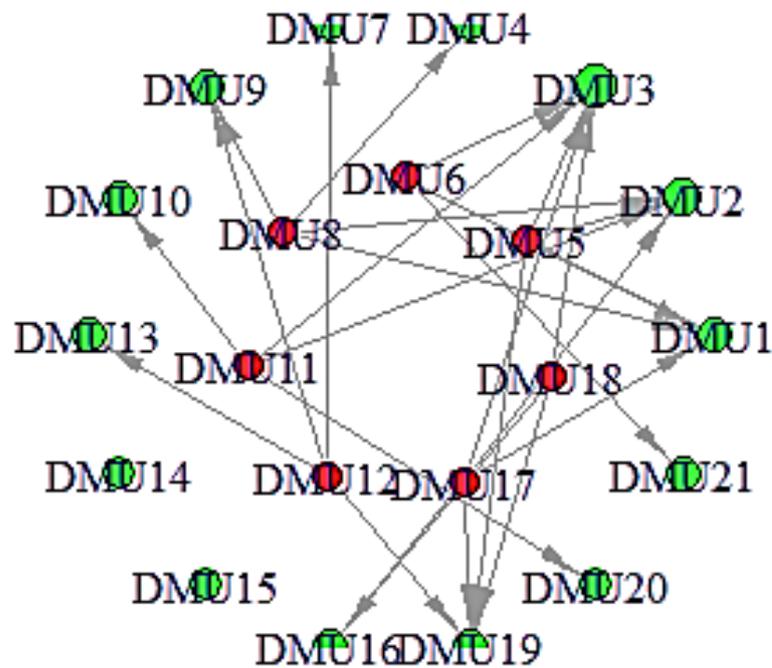


Figura 21. Gráfico de redes – modelo BCC

**Nota:** Los círculos verdes representan las DMUs eficientes y los círculos rojos las ineficientes.