Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Industrial
Unidad de Posgrado

Evaluación de la eficiencia técnica de universidades públicas del Perú utilizando la metodología Data Envelopment Analysis (DEA)

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Dirección de Empresas Industriales y de Servicios

AUTOR

Marco Antonio TELLO MIRANDA

ASESOR

Dr. José Ovidio FLORES GUTIÉRREZ

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Tello, M. (2021). *Evaluación de la eficiencia técnica de universidades públicas del Perú utilizando la metodología Data Envelopment Analysis (DEA)*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Marco Antonio Tello Miranda
DNI	08816636
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-4759-5772
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	José Ovidio Flores Gutiérrez
Carné de extranjería emitido en Perú	VE / 002318980
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-5019-2635
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.4.6 GESTIÓN
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: San Martín de Porres Urbanización: Perú Jr. Filadelfia Latitud: -12.03217 Longitud: -77.07266
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2018 – abril 2021
URL de disciplinas OCDE	Administración pública https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#5.06.02 Negocios, Administración https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#5.02.04

UNIVERSIDAD NACIONAL
MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA

UNIDAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL Nº14-UPG-FII-2021

SUSTENTACIÓN DE TESIS VIRTUAL PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN DIRECCIÓN DE EMPRESAS INDUSTRIALES Y DE SERVICIOS

En la ciudad de Lima, del día veinticuatro del mes de setiembre del dos mil veintiuno, siendo las quince horas, de forma virtual se instaló el Jurado Examinador para la Sustentación de la Tesis titulada: **"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA DE UNIVERSIDADES PÚBLICAS DEL PERÚ UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA)",** para optar el Grado Académico de Magíster en Dirección de Empresas Industriales y de Servicios.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas del Jurado Examinador se procedió a la calificación individual y secreta, habiendo sido **APROBADO** con la calificación de **DIECISIETE (17) MUY BUENO.**

El Jurado recomienda que la Facultad acuerde el otorgamiento del Grado Académico de Magíster en Dirección de Empresas Industriales y de Servicios, al **Bach. TELLO MIRANDA MARCO ANTONIO.**

En señal de conformidad, siendo las 16:15 horas se suscribe la presente acta en cuatro ejemplares, dándose por concluido el acto.

UNMSM
Firmado digitalmente por CEVALLOS AMPUERO Juan Manuel FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 04.10.2021 17:24:00 -05:00

Dr. CEVALLOS AMPUERO JUAN MANUEL
Presidente

UNMSM
Firmado digitalmente por TINOCO GOMEZ Oscar Rafael FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 01.10.2021 13:53:52 -05:00

Dr. TINOCO GÓMEZ OSCAR RAFAEL
Miembro

UNMSM
Firmado digitalmente por QUISPE ATUNCAR Carlos Antonio FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 30.09.2021 23:52:26 -05:00

Mg. QUISPE ATÚNCAR CARLOS ANTONIO
Miembro

UNMSM
Firmado digitalmente por CHUNG PINZAS Alfonso Ramon FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 01.10.2021 09:40:14 -05:00

Dr. CHUNG PINZÁS ALFONSO RAMÓN
Miembro

Dr. FLORES GUTIÉRREZ JOSÉ OVIDIO
Asesor

DEDICATORIA

A mi esposa Ely y a mis hijos Yahaira y Carlos por su apoyo incondicional.
A mis padres por su ejemplo y enseñanzas.
A mis hermanos, familiares y amigos que estuvieron a mi lado en todo este proceso.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia y amigos que me motivaron a realizar esta Maestría.
A mi asesor, Dr. José Ovidio Flores Gutiérrez.
Al Dr. Oscar Tinoco Gómez por su apoyo continuo y desinteresado.
Al Mg. Mario Vildósola Basay por sus enseñanzas, apoyo e incentivo.
A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, a los docentes y al personal administrativo.

INDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN 8
1.1 Situación Problemática 8
1.2 Formulación del problema 11
1.2.1 Problema principal 11
1.2.2 Problemas específicos 11
1.3 Justificación de la Investigación 11
1.4 Objetivos 13
1.4.1 Objetivo general 13
1.4.2 Objetivos específicos 13
1.5 Hipótesis 13
1.5.1 Hipótesis principal 13
1.5.2 Hipótesis específicas 13
1.6 Variables 14
1.6.1 Variable Dependiente 14
1.6.2 Variable Independiente 14
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO 15
2.1 Antecedentes del estudio de investigación 15
2.2 Bases teóricas 21
2.2.1 Metodología DEA 21
2.2.2 Eficiencia relativa 24
2.2.3 Revisión de inputs y outputs 26
2.3 Definición de términos básicos 40
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA 41
3.1 Tipo y diseño de investigación 41
3.2 Población y muestra 41
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos 41
3.4 Técnica de procesamiento y análisis de datos 41
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 44
Análisis e interpretación de resultados 44
4.1 Estadísticos descriptivos de insumos y productos 44
4.2 Determinación de la eficiencia técnica de las universidades públicas 46

4.2.1 Relaciones insumo producto 54
4.2.2 Determinación del tipo de frontera de producción.....57
4.3 Contribución de los insumos y productos a la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas. 63
4.4 Plan de mejoras potenciales (plan benchmarking).....68
4.5 Relación entre la ET de las universidades públicas peruanas con variables de tiempo y calidad de la institución. 78
4.5.1. Relación entre la ET de las universidades públicas peruanas con la variable antigüedad 82
4.5.2. Relación entre la ET de las universidades públicas peruanas con la calidad de la institución educativa 83
DISCUSIÓN.....85
CONCLUSIONES 91
RECOMENDACIONES 91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....93
ANEXOS.....108
ANEXO 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN 109
ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....110
ANEXO 3. Caracterización de las universidades según resultados de la MOEIM.....111

RESUMEN

Las deficiencias de calidad en la educación superior están entre las principales debilidades del Perú reportadas en el ranking mundial de competitividad, por ello, se determinó la eficiencia técnica (ET) de las universidades públicas peruanas mediante el Análisis Envolvente de Datos (DEA) y, también, se analizaron las relaciones entre la experiencia (antigüedad) y calidad de las instituciones (medida por ranking del CSIC) con la ET. El estudio abarcó las 42 universidades públicas registradas para el año 2016, a la cuales se les midió un único insumo: presupuesto en millones de soles de cada universidad y dos productos: número de investigadores adscritos al programa Actual Renacyt y número de estudiantes de pregrado, maestría y doctorado (Matrícula), con base en la información reportada por la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU). Se concluyó que: 1) Las universidades públicas peruanas presentan funciones de producción de rendimientos constantes a escala (ETG promedio= 56.8%), modelo que sirvió de base para clasificar a las instituciones en cuatro categorías según sus orientaciones estratégicas (alta o baja) hacia la investigación o masificación educativa, la cual muestra disparidades significativas entre las instituciones y 2) Se verificó que la ET no se relaciona con la experiencia o la calidad de la institución educativa.

Palabras clave: Eficiencia técnica, Benchmark, Análisis envolvente de datos (DEA), DMU (unidad de toma de decisiones).

ABSTRACT

Quality deficiencies in higher education are among the main weaknesses of Peru reported in the world competitiveness ranking, therefore, the technical efficiency (ET) of Peruvian public universities was determined through the Data Envelopment Analysis (DEA) and, Also, the relationships between the experience (seniority) and quality of the institutions (measured by CSIC ranking) with the ET were analyzed. The study covered the 42 public universities registered for the year 2016, to which a single input was measured: budget in millions of soles of each university and two products: number of researchers assigned to the Actual Renacyt program and number of undergraduate students, master's and doctorate (enrollment), based on information reported by the National Superintendency of Higher University Education (SUNEDU). It was concluded that: 1) Peruvian public universities present production functions of constant returns to scale (average ETG = 56.8%), a model that served as the basis for classifying institutions into four categories according to their strategic orientations (high or low) towards research or educational massification, which shows significant disparities between institutions and 2) It was verified that TE is not related to the experience or quality of the educational institution.

Key words: Technical efficiency, benchmark, Data envelopment analysis (DEA), DMU (decision making unit).

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Situación Problemática

Dado que algunas corrientes teóricas emergentes en el ámbito económico aseguran que el porvenir de la economía de un país se sustenta en la inversión y desarrollo en educación, en la ciencia y la tecnología (Macilwain, 2010; Abdurakhmanova et al., 2020), lo cual implica que la educación es una variable relevante para desarrollar cualquier nación, toda vez que el capital humano resulta crucial para el crecimiento socio-económico y, por tanto, en el desarrollo sostenible (Wodon, 2019; Blecich, 2020). Por ello, la política educativa de un país debe tener entre sus prioridades incrementar la calidad educativa en todos sus eslabones, coordinando políticas públicas para optimizar la infraestructura, así como la calidad de la capacitación y desempeño docente, entre otras importantes metas (Buckle y Creedy, 2019; Zhao, 2020).

Así, las mediciones y mejoras de la eficiencia en el desenvolvimiento de las Universidades se considera un tema relevante en los países desarrollados (Kumar y Thakur, 2019; Jiang et al., 2020), y tiene relevancia en la gerencia pública (Ayaviri y Zamora, 2016). Las universidades públicas en los países latinoamericanos no están libres de aquellas posturas, requerimientos de cambio y acomodo a las tendencias emergentes en la educación universitaria mundial, que tienen grandes impactos y demandan mayores niveles de calidad y eficiencia en la prestación de los servicios ofrecidos (Torres, Vásquez, Luna, Bucci, Viloria y Cabrera, 2019).

Arias (2019) indicó que a fines del 2019 la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU) debió haber concluido el proceso de licenciamiento de las universidades peruanas que faltaban. Uno de los indicadores de calidad es la investigación, la cual se debe hacer profesionalmente en estas casas de estudio y esa es la

principal dificultad que presentan algunas universidades, dado que la investigación es escasa.

En el Perú la educación universitaria no se considera obligatoria y, por tanto, representa una opción educativa para las personas que superan el sistema de educación básica y aspiran proseguir estudios de tipo profesional, artísticos o técnicos (Díaz, 2008). De manera que la demanda del servicio de educación universitaria puede ser estimada en función de la cantidad de personas que luego de completar la secundaria, concretan su aspiración de continuar estudios superiores postulando a cualquier institución educativa, o de manera más restrictiva considerando sólo a quienes postulan y logran alcanzar una vacante, que incluye sólo a los aspirantes que ingresan.

Al analizar la relación Universidad-Empresa en el contexto nacional, los resultados obtenidos no han sido favorables como se esperaba (Chávez, 2014), lo cual, lamentablemente, es una realidad de los países latinoamericanos. Así, el aporte de la educación a la industria nacional en las últimas décadas no ha sido muy fructífera en temas de investigación. Según el ranking mundial de competitividad 2019, Perú ocupó el 65 lugar, y se mantienen las principales debilidades en indicadores de los pilares: instituciones, universidades no licenciadas infraestructura, educación y capacidad de innovación, entre otros (Schwab, 2019). Esta situación problemática constituye un lastre para aprovechar las grandes ventajas comparativas disponibles, así como algunas ventajas competitivas, entre las que destaca la estabilidad macroeconómica que disfruta el país.

Asimismo diversos autores han encontrado deficiencias en la educación superior peruana (Lavalle y de Nicolas, 2017; Nunez y Cornejo, 2018), por ello, ésta investigación busca determinar la eficiencia técnica (ET) en universidades públicas peruanas, a través el empleo de la técnica matemática conocida como “Análisis Envolvente de Datos” (DEA, por sus siglas en inglés “Data Envelopment Analysis”), que sirve para medir y evaluar los resultados obtenidos en unidades

productivas mediante la comparación de sus niveles de productividad (Merchand, 2004, Rojas, 2010; Torres, Vásquez, Viloria, Borrero, Varela, Cabrera, Gaitan y Lis-Gutiérrez, 2018). Asimismo, se determinan las relaciones entre la experiencia y calidad de las instituciones con la eficiencia técnica.

Por ello, una solución planteada desde las perspectivas del capital social y de los sistemas de innovación, consiste en mejorar continuamente la educación (un componente prioritario del sistema), lo que permite formar individuos más aptos para el mercado de trabajo y con capacidad de innovación, lo cual indefectiblemente repercutirá positivamente en la productividad y la competitividad de los sectores industriales, entre otros. Como paso previo se requiere determinar la eficiencia con la cual, los centros de educación superior están utilizando los recursos, de manera que se puedan identificar a las instituciones o empresas líderes (*benchmarks*) cuyos procesos, por ser óptimos, implican un conocimiento que debería ser transferido a las instituciones ineficientes, lo que conllevará a una mejora de todo el sector educativo, con base en la teoría del benchmarking (Agasisti y Bonomi, 2014) y, por ende, del resto del sistema de innovación nacional.

La educación superior es de fundamental importancia en el desarrollo sostenible de los países, razón por la cual la eficiencia de su sistema debe ser considerado un tema prioritario. En este contexto, la presente investigación pretende determinar la eficiencia técnica (ET) de universidades públicas del Perú y, también, analizar las relaciones entre la experiencia y calidad de las instituciones con la ET.

Entre los aportes más importantes de este trabajo se presenta un modelo DEA de un solo insumo y dos productos, que representan las variables relevantes para analizar el sistema, lo cual es particularmente útil en contextos de información escasa o limitada (muy común en países en vías de desarrollo). Con los resultados del modelo DEA se elabora una herramienta sencilla y de fácil ejecución, denominada MOEIM (Matriz de orientación estratégica a la investigación y

masificación educativa), que proporciona una visión global del posicionamiento de las universidades en cuanto a su eficiencia relativa, lo cual es relevante para orientar la toma de decisiones tanto a nivel de las universidades como de las instituciones que formulan y ejecutan políticas públicas enfocadas en la educación superior. Esta herramienta se complementa con el plan benchmarking basado en la técnica DEA.

.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema principal

¿Qué factores se relacionan con la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas?

1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Cuál es la función de producción que prevalece en las universidades públicas peruanas?
2. ¿Cuál es la relación entre la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas y la antigüedad de la institución educativa?
3. ¿Cuál es la relación entre la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas y calidad de la institución educativa?

1.3 Justificación de la Investigación

Estudiar este problema y aportar soluciones incidiría positivamente en el mejoramiento la educación en el país y como consecuencia, en el mejoramiento de la Industria Nacional.

Entre los principales aportes de esta investigación se tienen:

Institucional: Orientación para fortalecer y posicionar la calidad educativa de las universidades públicas con el mejoramiento en los

diversos procesos que se llevan a cabo. Asimismo, contribuye a fortalecer la imagen institucional de las universidades más eficientes.

Social: La mejora en la educación universitaria contribuye el nivel social de toda la población del país mediante el desarrollo sustentable y sostenible de la sociedad peruana desde el ámbito empresarial y la mejor calidad de vida de los peruanos.

Económico: aporta herramientas y conocimientos para contribuir al mejoramiento de la eficiencia y formación de individuos más competentes para el trabajo, logrando así el mejoramiento en todas las áreas de las empresas.

Legal: Se debe tender a mejorar la productividad, la eficiencia y la eficacia en el uso de los recursos del Estado (Secretaría de Gestión Pública, 2021; Benites, 2021).

Tecnológico: los resultados servirán de orientación para promover y difundir la investigación, desarrollo e innovación en las universidades públicas peruanas como base para el despegue y luego en el mantenimiento del nuevo nivel que logren las instituciones. Esto podría propiciar circuitos de alta calidad, que considere la preparación de estudiantes desde la educación inicial hasta terminar su formación académica en las universidades más competitivas.

La sociedad exige a la Universidad que promueva en el ámbito comunitario, competencias de comunicación e investigación, así como la transferencia de valores, mediante la solución de problemas concretos que integren la ciencia teórica con la ciencia aplicada y la realidad. Es decir, le reclama “un estudiante, profesor o administrativo que no solamente hable, escuche, lea y escriba bien (competencia lingüística), sino que sepa usar también otros códigos y medios de comunicación no lingüísticos (redes sociales, internet, blogs, etc.) en contextos comunicativos plurales y situaciones comunicativas diversas (competencia comunicativa); además de que sea capaz de buscar, seleccionar, procesar, organizar, sistematizar y expresar por diversos

medios y códigos la información que necesita para resolver problemas (competencia investigativa)" (Arnao, 2015).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Determinar los factores que se relacionan con la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Determinar las funciones de producción de las universidades públicas peruanas.
2. Establecer la relación entre la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas y la antigüedad de la institución educativa.
3. Determinar la relación entre la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas y calidad de la institución medida por el ranking mundial de las universidades.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis principal

La eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas se relaciona con la antigüedad y calidad de las instituciones educativas.

1.5.2 Hipótesis específicas

1. Las universidades públicas peruanas presentan funciones de producción de rendimientos variables a escala.
2. La eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas se relaciona positivamente con la antigüedad de la institución educativa.

3. La eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas se relaciona positivamente con la calidad de la institución educativa.

1.6 Variables

1.6.1 Variable Dependiente

Definición conceptual:

Variable 1: Eficiencia técnica (VD)

El DEA generaliza la medida de eficiencia técnica de Farrell (1957) para evaluar la eficiencia relativa de unidades pares con respecto a múltiples medidas de rendimiento (Charnes, Cooper, Lewin y Seiford, 1994; Cooper, Seiford y Tone, 2006). Las unidades bajo evaluación en DEA se llaman unidades de toma de decisiones (DMU). Una DMU se considera eficiente cuando ninguna otra unidad DMU puede producir más salidas usando una cantidad igual o menor de entradas.

Definición Operacional:

Variable 1: Eficiencia técnica (VD)

Es un método de frontera, quiere decir que "evalúa la producción respecto a las funciones de producción, donde por función de producción se entiende el máximo nivel de output alcanzable con una cierta combinación de inputs, o bien, el mínimo nivel de inputs necesario en la producción de un cierto nivel de outputs" (Delfín y Lenin, 2016). Arroja un valor entre 0 y 1 (0 y 100%).

1.6.2 Variable Independiente

Definición conceptual:

Son las entradas (inputs) y las salidas (outputs)

Definición Operacional:

Variable 2: Inputs (VI)

Inputs:

Presupuesto total ejecutado (Millones de soles)

Variable 3: Outputs (VI):

Matrícula estudiantil: sumatoria del número de graduados de pregrado, graduados de maestría y graduados de doctorado.

Número de profesores adscritos al programa Regina (actualmente Renacyt).

Variable 4: Calidad de la institución universitaria

Puesto que ocupan las universidades según el ranking de calidad del CSIC.

Variable 5: Antigüedad de la universidad

Años de fundada que tiene la universidad.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio de investigación

Los investigadores González y Verdugo (2010) “analizaron 43 Universidades chilenas, considerando cuatro entradas: aporte fiscal directo, ingresos, docentes y matriculados; y con tres salidas: recursos por proyectos, publicaciones ISI y docentes; aplicaron los modelos CCR y BCC. Los resultados obtenidos muestran que las universidades privadas presentaron en ese momento un 95% de eficiencia promedio mientras que las públicas un 90%. El aumento en la productividad se debió al cambio en la eficiencia y al progreso técnico”.

Quevedo (2014), en su estudio sobre la relación universidad empresa en el contexto de la Unión Europea, América Latina y el Caribe realizó un análisis de la vinculación universidad-empresa bajo el paradigma internacional de producción, que postula que el crecimiento económico de los países se desarrolla a partir del conocimiento. Este autor sostiene que “el vínculo universidad-empresa es un instrumento clave en el marco de la economía del conocimiento en general y dentro del contexto de las relaciones Unión Europea-América Latina y el Caribe en particular”. Además, indica que los “avances en ciencia e innovación han llevado a la consolidación de un nuevo modelo productivo a nivel internacional: la economía del conocimiento”. Considera que el contexto de las relaciones Unión Europea-América Latina y el Caribe no queda exento de este nuevo paradigma de producción. También propone que “bajo este escenario, se tiene que destacar la propuesta de creación de un foro académico Unión Europea-América Latina y el Caribe, el cual pueda servir de aparador para la participación del sector académico y universitario en la discusión y debate de los temas que son relevantes para las relaciones euro latinoamericanas. Sostiene que el” vínculo universidad-empresa se convierte en un factor importante de la economía del conocimiento, al tratar de identificar la relación que existe entre los actores que pueden generar conocimiento (universidades) y quienes lo utilizan (empresas)”.

Huamaní et al. (2016), indican que han considerado fusionar la modelización con una actividad propia del docente universitario, la investigación, es así que se abocan a identificar las variables de entrada y de salida para medir la eficiencia de la formación de profesionales en el Perú. En su trabajo plantean una línea de investigación para evaluar la eficiencia de las escuelas profesionales de Ingeniería Industrial con enfoque de desarrollo sostenible mediante DEA. La metodología de su estudio “comprende dos etapas, la primera corresponde a la identificación de variables de entrada y de salida, a partir de otros estudios DEA aplicados en la educación superior, revisión de criterios utilizados en ranking de universidades, SUNEDU y

ABET. En una segunda etapa propone tres modelos cuya aplicación se restringe a la disponibilidad de datos e información".

De los tres modelos que se proponen, hay una propuesta de modelo DEA sin enfoque de desarrollo sostenible y los otros dos modelos se proponen considerando un enfoque de desarrollo sostenible.

Ayaviri y Zamora (2016), utilizando la "función de producción propuesta inicialmente por Charnes, Cooper y Rhodes, conocida como el modelo CCR y el modelo BCC que tuvo su origen en el artículo de Banker, Charnes y Cooper, y consecuentemente su aplicación del Análisis Envolvente de Datos (DEA), en su investigación ofrecen una evidencia empírica que demuestra una metodología en el sector de la educación superior y, desde el punto de vista metodológico, la introducción de restricciones técnico–productivas en el Análisis Envolvente de Datos "ofrece una robustez sustancial del análisis y los resultados y, en consecuencia, permitirá incorporar y plantear criterios que contribuyan a la mejora de sus actuaciones en estas unidades productivas".

Navarro et al. (2016) en su trabajo presentan "la eficiencia de 32 universidades públicas en México en 2012, instrumentando el análisis de la envolvente de datos (DEA, por sus siglas en inglés), identificando la eficiencia técnica global, técnica pura y de escala, considerando, además, la técnica del bootstrap para darle robustez a los cálculos. Indican que, para medir esta eficiencia, autores como Nazarko y Saparauskas (2014), Ramírez y Alfaro (2013) y Cunha y Rocha (2012) han utilizado como input el financiamiento, mientras que, como outputs, Agasisti y Pérez (2010) y Daghbashyan (2009) utilizan variables relativas a la enseñanza y a la investigación. Los resultados revelan que en promedio se tuvo un valor de 0.77 de eficiencia con DEA rendimientos variables a escala (VRS, por sus siglas en inglés) y de 0.71 con DEA rendimientos constantes a escala (CRS, por sus siglas en inglés), aplicando bootstrap, aunque ninguna universidad fue eficiente. Además, comentan que la Universidad Autónoma de Querétaro es la que tuvo el valor más cercano al óptimo y del lado opuesto se encuentra la Universidad de Chapingo, que obtuvo el valor más bajo. El bootstrap es una herramienta estadística que fue

introducida por Efron (1979) para analizar la sensibilidad de las medidas de eficiencia a una muestra de variación".

Keith (2017), indica en su tesis que está preocupado por el análisis de la eficiencia de los hospitales públicos y privados en el sistema de salud de México para la evaluación y seguimiento de los resultados. Con base en el análisis empírico, que tiene como objetivo promover y apoyar el desarrollo de las políticas públicas, así como la gestión privada, es necesario reforzar la asistencia sanitaria mediante la identificación de áreas potenciales de mejora. La tesis incluye tres temas principales de investigación. El primer tema analiza si los diferentes sistemas de financiación actualmente en el sistema de salud tienen un impacto sobre la eficiencia hospitalaria, como una parte importante de la cobertura universal de salud. El segundo tema se analiza la presencia de economías de escala y alcance en los hospitales privados que permite mejorar su rendimiento y la toma de decisiones. El último tema como una continuación de la anterior, evalúa si los hospitales privados son más eficientes técnicamente y, si tienen una mejor utilización de la capacidad cuando se pertenece a una alianza estratégica en el hospital de salud en el contexto de México. Los resultados obtenidos para el primer tema indican que la financiación de los sistemas afecta a la eficiencia técnica que indica la importancia de la gestión de los recursos financieros para lograr la cobertura universal de salud. Los resultados del segundo tema indican una presencia marginal de las economías de escala y alcance en los hospitales privados y la importancia de los mejores servicios de salud mezcla para lograr economías de alcance. Los resultados del último tema muestran un poco mayor eficiencia para los hospitales que pertenecen a una alianza estratégica y una mayor utilización de la capacidad.

Según Camargo (2017), las alianzas de colaboración para innovar con organizaciones externas están surgiendo y se están consolidando como una práctica empresarial habitual debido a los beneficios mutuos entre las organizaciones porque se proveen de recursos y conocimientos que no están fácilmente en el mercado ni en sus propias

organizaciones. Uno de los tipos de colaboraciones para la innovación que puede ayudar a las empresas a crear nuevos productos son las alianzas de colaboración entre las empresas y la universidad, sin embargo la literatura pone en evidencia que el rol que están cumpliendo las alianzas de colaboración universidad-empresa (U-E) para desarrollar proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) no están obteniendo los resultados esperados por diferentes factores internos y externos a la relación y que aún están presentes en el debate por muchos investigadores (Baba et al., 2009; Freitas et al., 2013; Fontana et al., 2006; Erickson y Trauth, 2011).

Arias y Torres (2018) midieron "la eficiencia del gasto público en educación secundaria en 37 países en desarrollo y desarrollados usando una metodología semi paramétrica en dos etapas DEA (análisis envolvente de datos). Primero, implementaron dos modelos de frontera a nivel país para el período 2012-2015: uno de ellos usa un insumo físico (razón profesor- alumno) y el otro usa dos insumos monetarios (gasto público y gasto privado por estudiante en secundaria como porcentaje del PIB). Estos resultados son corregidos por los efectos del PIB per cápita y el desempeño educativo de los adultos como variables no discrecionales. De esta manera se obtuvieron cinco resultados importantes: 1) los países desarrollados y en desarrollo tienen un proceso de producción de la educación similar, debido a los pares usados en la estimación no paramétrica de la eficiencia relativa, 2) los países en desarrollo pueden incrementar sus tasas de matrícula y puntajes PISA aproximadamente en 22% y 21%, respectivamente, manteniendo la misma razón profesor-alumno y niveles de gasto público y privado; 3) Australia, Bélgica, Finlandia y Japón son países eficientes en los dos modelos de frontera; 4) la evidencia empírica robusta indica que tanto el ingreso como el desempeño educativo de los adultos afectan negativamente la eficiencia de la educación pública en ambos modelos y 5) el modelo de frontera físico favorece significativamente los países en desarrollo, llevándolos más cerca de la frontera de eficiencia, pero afecta los países desarrollados".

Castañeda (2019), indica que “la productividad en las fábricas de software es dada por el esfuerzo realizado para la producción del software, siendo muy importante porque permite que las organizaciones logren una mayor eficiencia y eficacia en sus actividades. Uno de los pilares de la competitividad es la productividad, la cual está relacionada al esfuerzo requerido para cumplir con las tareas asignadas, sin embargo, no existe una forma estándar de medirla”.

En este trabajo, se presenta un modelo basado en DEA, para “evaluar la eficiencia relativa de las fábricas de software y sus proyectos, a fin de medir la productividad en el Componente de Producción de Software de la Fábrica de Software a través de las actividades que se realizan en sus diferentes unidades de trabajo. El modelo propuesto consta de dos fases, en la cual se evalúa, respectivamente, la productividad de la fábrica de software y la productividad de los proyectos que ésta realiza. Pruebas numéricas sobre seis fábricas de software con 160 proyectos implementados en el Perú muestran que el modelo propuesto permite determinar las fábricas de software y los proyectos más eficientes”.

Según Salas-Velasco (2020), con base a un estudio sobre las universidades públicas de España indica que el análisis envolvente de datos (DEA) puede ser un buen instrumento de evaluación comparativa en educación superior. En este caso el DEA puede determinar, mediante el empleo de insumos y productos, instituciones técnicamente eficientes que funcionarían como referentes para clasificar universidades y, además, permite identificar los factores que inciden en la eficiencia técnica de las universidades evaluadas.

Navas et al. (2020), indican que durante los últimos años ha crecido el acceso a la educación superior en Latinoamérica. Los sistemas de educación superior se han visto obligados a mejorar su eficiencia a la par que se fortalecen los procesos que garanticen de calidad. En su estudio evaluaron la ET de las instituciones colombianas de educación universitaria utilizando el DEA, concluyendo que algunas instituciones son eficientes en términos de docencia, otras lo son en términos de

investigación, por lo que el modelo recomienda ampliar las políticas para obtener la eficiencia de las instituciones.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Metodología DEA

Análisis Envolvente de Datos (DEA)

Según Buitrago, Espitia y Molano (2017), el DEA es una técnica que sirve para medir la eficiencia relativa en organizaciones educativas y, por ello, es importante destacar que se utilizó por vez primera para evaluar colegios norteamericanos (Rhodes, 1978). Entre sus fortalezas destaca una precisión adecuada de la "unidad de toma de decisiones" sometida a evaluación, así como sus entradas y salidas, de manera que, una vez aplicada la técnica, se pueden clasificar entre unidades eficientes e ineficientes, a las cuales se les asignan pares de referencia con el fin de proporcionar guías para mejorar las unidades ineficientes y establecer metas para que utilicen correctamente sus recursos.

Castañeda (2019) indica que el DEA representa una técnica de programación matemática muy difundida, creada por Charnes, Cooper y Rhodes (1978) y mejorada por Banker, Charnes y Cooper (1984), para evaluar retornos variables de escala. "El DEA generaliza la medida de eficiencia técnica de Farrell (1957) para evaluar la eficiencia relativa de unidades pares con referente a múltiples medidas de rendimiento" (Charnes, Cooper, Lewin y Seiford, 1994; Cooper, Seiford y Tone, 2006). Las organizaciones o unidades que son evaluadas con el DEA se denominan "unidades de toma de decisiones" (DMU en inglés) y según Cooper et al. (2006) una DMU "se considera eficiente cuando ninguna otra unidad DMU puede producir más salidas usando una cantidad igual o menor de entradas".

La técnica DEA ofrece las siguientes ventajas:

a) "No requiere la imposición de una función específica de producción que relacione las variables independientes con las

variables dependientes. El DEA asigna matemáticamente valores ponderados para las variables de entrada y de salida, lo que evita que un “experto” asigne los valores ponderados” (Nyhan y Martin, 1999).

b) Permite realizar de manera simultánea comparaciones de procesos con varios insumos y productos, y genera una “eficiencia” agregada para cada organización.

c) Permite estimar la cuantía de recursos que pudieran ahorrarse, o el volumen de recursos adicionales para las organizaciones ineficientes.

d) Posibilita su utilización para estimar la eficiencia económica o técnica, en función de la información proporcionada.

Conceptos Fundamentales

A continuación, se explican los conceptos fundamentales sobre los cuáles se basan los modelos DEA.

Unidad productiva

Según Villa (2003), citado por Castañeda (2019) “Es cualquier organización que produzca consumiendo ciertos recursos, con la capacidad de poder modificar tanto los recursos consumidos (entradas) como la producción creada (salidas)”.

Productividad

La productividad, según Farrel (1957), de una determinada unidad productiva se define como la relación existente entre los resultados que obtiene y los recursos empleados en su producción. Es una forma de medir cómo se están aprovechando dichos recursos. Para el caso de una sola salida y entrada:

$$\textbf{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\textbf{PRODUCCIÓN CREADA}}{\textbf{RECURSO CONSUMIDO}} = \frac{\textbf{SALIDA}}{\textbf{ENTRADA}}$$

En la medición de la productividad es importante destacar la dificultad de determinar los factores que son realmente relevantes a la hora de definir las entradas y las salidas de la unidad productiva. En algunos casos, los recursos o los productos no son fácilmente mensurables y a veces ni siquiera es sencillo obtener información cuantitativa sobre ellos". Para el caso de varias entradas y varias salidas la expresión matemática es (Castañeda, 2019):

$$\textbf{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\textbf{SUMA PONDERADA DE SALIDAS}}{\textbf{SUMA PONDERADA DE ENTRADAS}}$$

"Por lo tanto, si denotamos como xij a la cantidad de entrada o recurso "i" utilizado por la unidad "j", y como ykj a la cantidad de salida o resultado "k" que produce la misma unidad, se obtiene la expresión:

$$\text{ENTRADA VIRTUAL}j = \sum_{i=1}^{m} u_{ij}\, x_{ij}$$

$$\text{SALIDA VIRTUAL}j = \sum_{K=1}^{S} v_{kj}\, y_{kj}$$

En donde los términos uij y vkj son, respectivamente, los pesos correspondientes a cada entrada y salida, que adimensionalizan las expresiones de entrada y salida virtuales, "m" el número total de entradas consideradas y "s" el número de salidas de la unidad. Con estos nuevos conceptos se puede definir la productividad como:

$$\text{PRODUCTIVIDAD}j = \frac{\sum_{k=1}^{s} v_{kj}\, y_{kj}}{\sum_{i=1}^{m} u_{ij}\, x_{ij}}$$

Con esta expresión se puede determinar la productividad de una unidad productiva. Sin embargo, lo interesante es tener algún índice que permita comparar unas unidades con otras similares, por ello es importante introducir un nuevo concepto: eficiencia relativa".

2.2.2 Eficiencia relativa

La expresión que define la eficiencia relativa es (Castañeda, 2019):

$$\text{EFICIENCIA}j = \frac{\text{PRODUCTIVIDAD}j}{\text{PRODUCTIVIDAD}max} = \frac{\text{SALIDA VIRTUAL}j / \text{ENTRADA VIRTUAL}j}{\text{SALIDA VIRTUAL}max / \text{ENTRADA VIRTUAL}max}$$

"Donde el subíndice "j" indica la unidad que se va a estudiar, y el subíndice "max" la unidad de máxima productividad. Se pueden distinguir varios tipos de eficiencias relativas en función de la unidad de referencia que se utilice.

Se habla de la eficiencia global cuando se escoge como unidad de referencia la de mayor productividad de entre las que están en estudio. La eficiencia técnica se utiliza cuando se elige como unidad de referencia la de mayor productividad de entre las unidades de su tamaño. Se define la eficiencia de escala como el cociente entre la eficiencia global y la eficiencia técnica".

Como indican Navarro et al. (2016), "la eficiencia analizada bajo el método no paramétrico del DEA fue iniciada por Farrell (1957) y reformulada como un problema de programación matemático por Charnes, Cooper y Rhodes (1978). Dado un número de unidades de producción, que son las unidades de manejo decisión (DMU, por sus siglas en ingles), se construye una frontera de eficiencia de la muestra de unidades de producción".

Buitrago et al. (2017), indican que la "exposición de la técnica en la tesis doctoral de Rhodes (1978), basándose en el trabajo de Farrell

(1957), plantea una programación matemática para la construcción de una frontera eficiente, con respecto a la cual se mide la eficiencia de las unidades evaluadas. Se parte del principio de contrastar sólo entidades comparables puesto que el índice de eficiencia obtenido es relativo; por ello se debe ser cuidadoso al definir la unidad de análisis (DMU), y las entradas que a través del proceso se transforman en salidas".

Según comenta Keith (2017), el DEA proporciona un procedimiento de programación matemática para la estimación de fronteras de producción y para la evaluación de la eficiencia relativa de diferentes DMU (Bogetoft, 1994); que permite el manejo de múltiples entradas y salidas con facilidad, mientras que muestra la ventaja de que no requiere suposiciones, ya sea en la forma funcional de la frontera de producción o en el comportamiento de los actores (Arocena y García-Prado, 2007). Cada DMU puede seleccionar la entrada y salida de ponderación para mostrar la mejor puntuación eficiencia posible, sujeto a la condición de que la relación correspondiente de cada DMU será menor que o igual a la unidad (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978). La DMU bajo análisis debe ser comparable, utilizando las mismas entradas para producir las mismas salidas. Del mismo modo, la DMU debe operar en ambientes similares, de lo contrario las diferencias en el entorno de funcionamiento deben ser considerados. También, unidades que son relativamente más y menos eficientes deben ser distinguida y la ineficiencia en comparación con unidades medidas eficientes. Por lo tanto, la DEA mide la eficiencia en relación con las mejores prácticas en lugar de un medio centro o tendencia que incorpora tanto eficiente e ineficiente DMU (Sherman, 1984).

El método DEA ha sido utilizado para medir la eficiencia de empresas tanto públicas como privadas, en distintos sectores económicos (Garzón, Flores & Flores, 2011; Chen, Wong, Yang & Miao, 2021; Castillo, Tejada, Flores & Flores, 2020; Le, Afsharian, & Ahn, 2021; Jetmar, Kubat, Fabera & Jerabek, 2022).

2.2.3 Revisión de inputs y outputs

2.2.3.1 Aspectos generales

Se sabe que la producción requiere de “entradas” (materia prima, insumos, maquinarias, mano de obra, herramientas, etc.) para obtener “salidas” (bienes y servicios). El DEA utiliza el término INPUTS para las entradas y el término OUTPUTS para las salidas.

Las mejores organizaciones son aquellas que, consumiendo los mismos inputs que sus competidores, obtienen más outputs, o que, para producir la misma cantidad emplean menos inputs, esto engloba el término de eficiencia.

Como indica Figueroa (2017), el “estudio de la eficiencia se ha convertido en una de las áreas de la economía aplicada y de la investigación operativa que más desarrollo ha experimentado. Este aumento de su estudio es debido a que el entorno económico es hostil, y las empresas tienen que competir entre ellas para sobrevivir. Por este motivo es necesario comparar el rendimiento de varias empresas de un mismo sector. Los conceptos de eficiencia y productividad nos ayudan a comparar el rendimiento de las empresas”.

Dado un conjunto de universidades el interés radica en hacer comparaciones de su rendimiento. Cada una de estas universidades la consideramos como una unidad productiva de toma de decisiones (“Decision making unit" o “DMU").
Un total de “m inputs se usan en el proceso de producción de cada DMU para producir s outputs. Como las universidades comparten los mismos conjuntos de inputs y de outputs son comparables” (Figueroa, 2017).
Nieto (2016) comenta que un aspecto fundamental en la evaluación de las universidades a través de la metodología DEA es la selección de variables, pues no existe un método estadístico que permita seleccionar las variables input y output

más adecuadas para el caso de estudio. Es el propio investigador el que determina las variables a utilizar en el modelo. Por lo tanto, el error puede producirse tanto incluyendo una variable que no sea relevante como omitiendo variables significativas.

Al depender la eficiencia, de los inputs y outputs que se utilizarán, podemos entender la importancia que tiene la determinación de entradas y salidas. Por lo tanto, se debe entender la función de producción de las universidades para lo cual se tratará de definir esta función y luego se describen las variables que actúan como inputs y outputs en la producción, después se proponen las variables inputs y outputs que determinan el proceso de producción y, finalmente, se someterán a análisis estadísticos que permitan seleccionar las variables más adecuados para el presente trabajo.

2.2.3.2 Función de producción en la universidad

Se debe entender primero el proceso de producción educativo para poder evaluar la eficiencia de la organización, determinando para ello los ingresos (inputs) y las salidas (outputs) y, después, se determina la relación técnica entre la combinación de los inputs para obtener los outputs.

En el informe de Coleman et al., (1996), una de las conclusiones más destacables de este documento es que la igualdad en el rendimiento educativo no se obtiene igualando las partidas presupuestarias destinadas a la educación. Además, indica que el origen de las diferencias entre unas escuelas y otras sería el nivel educativo y el nivel de ingresos de los padres, así como las condiciones económico-sociales de los compañeros de clase. A pesar de que diversos autores plantearon críticas metodológicas a este punto, este informe generó una amplia literatura que pretende determinar el proceso productivo y sus resultados, siguiendo el esquema input-output.

Santín (2003), indica que existen dos líneas de debate, por un lado, el trabajo de Erick Hanushek defiende la teoría que mayor financiamiento no significa mejores resultados y, por otro lado, la teoría que indica que sí existe una relación directa entre el financiamiento y los resultados.

Para centrar el proceso de producción educativo es necesario exponer las funciones que contempla la ley peruana **(**Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014):

Son funciones de la universidad:

1) Formación profesional.
2) Investigación.
3) Extensión cultural y proyección social.
4) Educación continua.
5) Contribuir al desarrollo humano.
6) Las demás que le señala la Constitución Política del Perú, la ley, su estatuto y normas conexas.

En resumen, las funciones de la universidad pueden concretarse en: docencia, investigación y extensión universitaria.

La función docente se lleva a cabo en tres niveles: grados magister y doctorado.

La función de investigación se puede realizar a través de la investigación pura (o teórica) y aplicada. Como indica el Informe Robbins (1963), la investigación permite aumentar el poder del hombre para entender, evaluar y modificar su mundo y su experiencia.

Debemos tener en cuenta que tanto la función docente como la investigadora se realizan a partir de un grupo común de inputs: profesores, recursos financieros, instalaciones entre otros.

La función de extensión universitaria, según Trillo (2002), implica actividades que no son claramente docencia reglada o investigación. De acuerdo con Vilalta (2013) ésta tercera función se basa en dos grandes objetivos: Primero, la responsabilidad social de la universidad y, segundo, la misión de transformar el

conocimiento en valor económico, resaltando la competitividad y facilitando la innovación, la creatividad y el desarrollo cultural, científico y tecnológico.
La elección de un modelo de función de producción debe realizarse eligiendo aquel que refleje mejor las relaciones entre los inputs y los outputs.

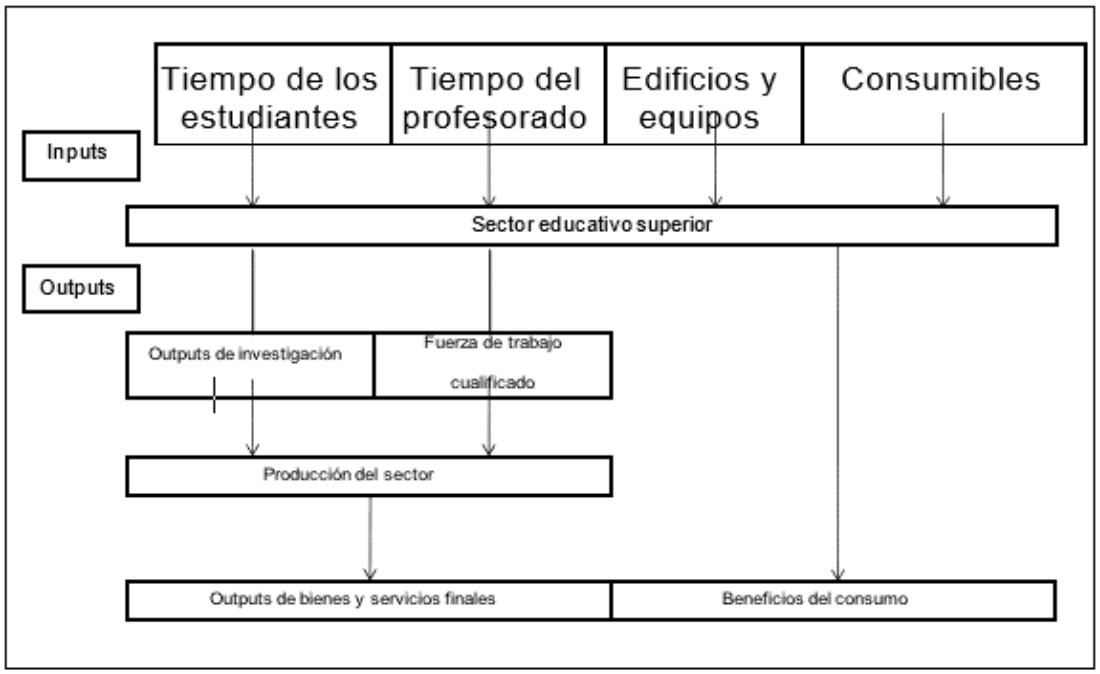
Existen elementos externos como los factores no controlables que afectan directamente a los outputs. De acuerdo a Muñiz (2000), uno de los sectores donde los inputs no controlables tienen mayor importancia es el educativo, donde las condiciones socioeconómicas y familiares intervienen de forma significativa en el proceso productivo, a pesar de que éstas no estén bajo el control de la universidad.

Martín (2005), indica que existen factores internos dentro de la universidad, tales como el “clima de trabajo, la carga docente, la tarea de gestión para los profesores, la estabilidad laboral, la presencia de grupos consolidados de investigación o el interés que muestran los alumnos en los cursos”, que afectan en gran medida la calidad de los outputs producidos.

Determinadas las funciones de las universidades y tomando en cuenta los factores externos e internos que intervienen en la función de producción educativa (Figura 1), es necesario encontrar las medidas necesarios que nos permitan incluir dichas variables a la función de producción.

Figura 1

Proceso productivo de la educación superior



Fuente: Cave (1997, p. 28).

2.2.3.3 Indicadores de la función de producción universitaria

Encontramos una inmensa cantidad de literatura respecto a indicadores o variables que deberían utilizarse para definir la función de producción de la educación universitaria, pero, no hay consenso. Resulta complicada la identificación y cuantificación de las variables, porque, en muchas ocasiones, poseen características intangibles.

Gómez y Mancebón (2005) indican que aún no es suficiente el conocimiento que se tiene de las tecnologías de producción alrededor de las actividades desarrolladas por las universidades, además de la situación que la producción sea conjunta, complica la definición en términos matemáticos entre inputs y outputs.

2.2.3.4 Los inputs y outputs del proceso de producción de las universidades

La revisión de estudios sobre la técnica DEA en diversas universidades del mundo, permite detectar las variables que son consideradas relevantes por los expertos del tema.

En su publicación, Alvarado (2016) estudia las universidades públicas ecuatorianas tomando como inputs: financiamiento, estudiantes, profesores y como salidas: graduados, publicaciones, patentes, consultorías.

Nieto (2016) estudia el sistema universitario español y considera como entradas: financiación, personal docente y administrativo, gastos corrientes en bienes y servicios; y, como salidas: publicaciones, citas, patentes, I+D, licencias, egresados y estudiantes.

Los investigadores Erasmus y Msigwa (2013) analizan "siete universidades públicas de 11 que operan en China, y determinan cuatro entradas: matrícula, personal académico, personal no académico y personal total; y establecen tres salidas: estudiantes en pregrado, estudiantes en postgrado y graduados".

Por su lado, Ruiz (2015) evaluó la calidad de la universidad pública de Argentina tomando como inputs: docentes, presupuesto y como outputs: alumnos matriculados y alumnos egresados.

Respecto a los autores Barra y Zotti (2013) evaluaron un "grupo de 18 departamentos y seis facultades, el cual se designa HSS, así como otro grupo con 10 departamentos y tres facultades, nombrado como ST, en la Universidad de Salerno, y valoran así actividades de investigación y docencia, con tres entradas: personal equivalente, gastos de investigación y gastos de enseñanza y cinco salidas: publicaciones, índices de productividad de investigación, fondos para investigación, graduados e índices de satisfacción".

Por otra parte, los autores Cunha et al. (2012) estudiaron “14 universidades públicas portuguesas, tomando como entradas: recursos financieros, gastos y personal académico; y como salidas: estudiantes, cursos y doctorados recibidos”.

En cuanto a Santín y Sicilia (2012) aplicaron el “modelo BCC orientado a salidas para 132 centros de enseñanza secundaria (26,7% privados y 73,5 % públicos) en España, para el cual definieron tres entradas: estatus socioeconómico del alumno, indicador de calidad de recursos educativos, y un índice de calidad de profesores y, dos salidas: resultado de lectura y resultado de matemáticas de la evaluación del estado”.

Los autores Fernández et al. (2013) analizaron, “con modelos BCC y CCR orientados a salidas, la eficiencia de 39 universidades públicas españolas. Para ello definieron cinco entradas: profesorado de tiempo completo, personal de administración y servicios, matriculados, alumnos de postgrados e ingresos; y tres salidas: graduados, tesis defendidas y ayudas en investigación y desarrollo”.

Gómez (2012) aplica “modelos CCR y BCC orientados a salidas para evaluar 35 universidades españolas, pues considera que los gestores universitarios tienen poca capacidad de actuación sobre las entradas, y de tal manera concentran sus esfuerzos en obtener la máxima salida posible. Define las siguientes dos entradas: estudiantes y otros gastos; y las siguientes dos salidas: tesis leídas y graduados”.

Los autores López y Suarez (2011) estudiaron “78 instituciones educativas del sector oficial de Bucaramanga, Colombia, considerando cada una como unidades diferentes correspondientes a los años 2009 y 2010. Utilizan seis entradas: docentes, personal administrativo, matriculados, valor total de propiedad, planta y equipo, ingresos anuales y área de aulas de clase; así como cinco salidas: graduados, estudiantes aprobados, pruebas saber 11°, pruebas saber 5° y pruebas

saber 9°; con modelos CCR y BCC orientados a salidas".

Por otra parte, Rodríguez (2011) "evalúa las actividades de extensión en diferentes unidades de la Universidad Nacional de Colombia, definiendo 31 DMUs de la forma que se especifica a continuación. Sede Bogotá: once Facultades y seis institutos; Sede Medellín: cinco Facultades; Sede Manizales: el nivel central y tres Facultades; Sede Palmira: dos Facultades y de la Sede presencia nacional: Amazonia, Orinoquia y Caribe. Empleó dos entradas: horas de dedicación de los docentes y dinero obtenido de fuentes de financiación; así como tres salidas: proyectos, transferencias y capital relacional; relaciones internacionales en unidades, aplicando el modelo CCR, orientado a salidas".

Los investigadores Agasisti, Dal Bianco, Landoni, Sala, y Salerno (2011) evaluaron 75 facultades italianas durante años, utilizando tres entradas: área de laboratorios, personal (administrativo y de investigación) y actividades de transferencia tecnológica y, cinco salidas: ingresos de actividades financiadas, ingresos de actividades financiadas desde el extranjero, ingresos de pedidos (medida como actividades de investigación realizadas y financiadas por otras instituciones), publicaciones anuales y doctorados en cooperación con órganos externos.

Por otro lado, García y González (2010) analizaron 32 universidades colombianas (2003- 2009), con cuatro entradas: área, docentes de tiempo completo, gastos en personal administrativo y recursos financieros; y 13 salidas: grupos de investigación reconocidos por COLCIENCIAS, revistas indexadas, artículos de investigación, graduados en maestrías y doctorados, ponentes, estudiantes de pregrado, estudiantes de primer nivel, graduados en pregrado, programas en pregrado, estudiantes con resultados *Ecaes* superiores al percentil 75, estudiantes de postgrado, graduados de postgrado, programas de postgrado.

Los autores Soto, Vásquez y Villegas (2009) midieron la "eficiencia académica del Municipio de Dosquebradas, Colombia, (2007)", empleando cinco entradas: capacidad instalada, aulas, docentes, directivos, docentes y nómina docente; con las siguientes cinco salidas: saber 9, *Icfes* (ahora Saber 11), matricula, egresados noveno y egresados undécimos; aplicando el modelo BCC, comparando sólo las eficientes de similar tamaño.

En cuanto al investigador Barbosa (2010) estudió 54 unidades (27 escuelas en los semestres de 2009), en las Facultades de la Universidad Industrial de Santander, Colombia, implementando las siguientes cinco entradas: docentes de tiempo completo de planta, cátedra, con doctorado, sin doctorado y presupuesto; y con las siguientes seis salidas: cupos de pregrado, cupos de postgrado, graduados de pregrado, graduados de postgrado, evaluación docente y resultados del ECAES (Hoy Saber Pro).

El autor Piñeros (2010) evaluó el desempeño de 33 departamentos colombianos durante el periodo de años 2002-2009, con cuatro entradas: nivel educativo de docentes, alumnos, tamaño del salón de clases y cantidad de establecimientos educativos; y con dos salidas: pruebas de estado y cobertura; este investigador incluye modelos BCC y CCR con orientación a salidas.

En cuanto a Quesada et al. (2010) analizaron los centros educativos de 45 municipios del departamento de Bolívar, Colombia, para los años 2007 y 2008 respectivamente, con tres entradas: docentes oficiales, inversión en educación y espacio de aula; y matriculados como salida.

Asimismo, la investigadora Rojas (2010) analizó 34 grupos de investigación de la Facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, utilizando las siguientes dos entradas: integrantes y antigüedad; con cuatro índices de salida: nuevo

conocimiento, conocimiento, formación y divulgación; a través del modelo CCR y el método de eficiencia cruzada.

Por otro lado, los autores Katharaki y Katharakis (2010) evaluaron 20 universidades griegas, utilizando cuatro entradas: personal académico y no académico, matriculados y gastos de explotación; y como salidas: graduados (pregrado y postgrado) e ingresos de investigación, con la aplicación del modelo CCR orientado a entradas.

Los investigadores Pino et al. (2010) emplearon el modelo CCR orientado a salidas para medir la eficiencia de los grupos de investigación en España. Utilizaron las siguientes entradas: doctores activos, demás personal de I+D+I y subvenciones recibidas en convocatoria de ayudas; y las siguientes salidas: ingresos por proyecto, publicación en revistas ISI, tesis y contratos".

Por su lado Vásquez (2010) estudió las universidades públicas presenciales en España considerando como inputs: alumnos matriculados, personal docente e investigador, presupuestos y como salidas: alumnos graduados, ayuda a la investigación y tesis doctorales.

Por otra parte, Soto, Bernal y Arenas (2009), mediante los modelos CCR y BCC orientados a salidas, evaluaron 16 programas académicos en Pereira, Colombia (2007), utilizando seis entradas: matriculados, docentes de planta con doctorado, docentes de planta y transitorios tiempo completo, docentes catedráticos tiempo completo, horas de investigación y horas de docencia; e incluyeron 10 salidas: becados, graduados con promedio superior a 4,3/5, estudiantes que pasan a semestre de transición, promedio general, tasa de deserción, egresados, situación actual del programa, libros de investigación publicados, reportes de investigación docente y grupos de investigación".

Los autores Chediak y Rodríguez (2009), midieron la eficiencia académica en 47 municipios de Tolima, Colombia para el 2009;

emplearon tres entradas: docentes oficiales, inversión en educación y área disponible; y como salida: matriculados.

Los autores Agasisti y Perez (2009) estudiaron 57 instituciones universitarias públicas italianas y 46 españolas, empleando cuatro entradas: estudiantes, estudiantes de PhD, profesores y recursos financieros disponibles; y dos salidas: graduados y recursos externos atraídos por investigación.

Por otro lado, los investigadores Buitrago y Avella (2008) analizaron, en Colombia, 16 colegios de Tunja, utilizando seis entradas estandarizadas por estudiante: docentes, área de aulas, área de laboratorios, computadores área recreativa y unidades sanitarias y, como salidas los puntajes obtenidos en cada área de las pruebas que realiza el Estado a los estudiantes de grado once".

Los investigadores González y Verdugo (2010) analizaron 43 Universidades chilenas, con las siguientes entradas: aporte fiscal directo, ingresos, docentes y matriculados; y con las siguientes salidas: recursos por proyectos, publicaciones ISI y docentes.

Por otra parte, Coria (2008) seleccionó a 32 universidades argentinas para su estudio y utilizó dos modelos orientados a salidas, el primero es CCR con cuatro entradas: alumnos, gastos en personal, gastos de funcionamiento, insumos y docentes investigadores; el segundo modelo BCC, con cinco entradas (adicionando docentes exclusivos); y para ambos modelos usa dos salidas: graduados y publicaciones científicas.

Los investigadores Johnes y Yu (2008) analizaron 109 Universidades Chinas (2003-2004), definiendo como entradas: personal de tiempo completo y medio tiempo, investigación, libros en biblioteca, área construida y estudiantes postgraduados; y consideraron las salidas siguientes: prestigio de la universidad, publicaciones de investigación e índice de las publicaciones de investigación para lo cual implementaron el

modelo BCC orientado a salidas.

Mediante el implemento de DEA-BCC orientado a salidas, los autores Worthington y Lee (2008) analizaron 35 universidades australianas utilizando cinco entradas: personal de tiempo completo académico y no académico, gastos no laborales, carga de pregrado y de postgrados; y como salidas: estudiantes de pregrado, estudiantes de postgrado, PhD, subvenciones y publicaciones.

Los investigadores García y Palomares (2008) investigaron 43 universidades públicas españolas, mediante las siguientes entradas: gastos, personal académico y no académico; y como salidas: graduados, publicaciones e investigaciones. Emplearon los modelos CCR y BCC orientados a salidas.

Los autores Murias et al. (2008) realizaron una investigación en 43 universidades públicas españolas, incluyendo una variable ficticia (ya que todos los indicadores se combinan en el lado de salida) que toma un valor de uno, y nueve salidas: tiempo del personal/estudiante, estudiantes que se gradúan en un plazo 'adecuado' de tiempo, satisfacción de las necesidades sociales de los estudiantes, estudiantes de intercambio, ingreso de investigación por investigador, tesis doctorales por PhD, estudios de postgrado de estudiantes de postgrado, camas para alojamiento y asientos de la biblioteca por estudiante.

El investigador Martín (2008) analizó 28 departamentos académicos experimentales y 29 no experimentales de la Universidad de La Laguna, España, teniendo como entradas: catedráticos, titulares, profesores asociados y ayudantes y presupuesto departamental; con seis salidas: porcentaje de profesores con buena valoración, créditos del departamento, matriculados en primer y segundo ciclo, alumnos de tercer ciclo, publicaciones e ingresos por proyectos de investigación.

Por otra parte, los autores Torrico et al. (2007) estudiaron 152 unidades académicas de la Universidad de Málaga,

considerando las siguientes entradas: capacidad docente del profesorado funcionario y no funcionario; y como salidas: alumnos, participación académica de cada unidad funcional y productividad científica.

A manera de síntesis se puede reportar lo siguiente:
En cuanto a los insumos (inputs) se identificó:

- Docentes: esta variable fue empleada como entrada (insumo) por Alvarado (2016), Nieto (2016), Ruiz (2015), Barra y Zotti (2013), Erasmus y Msigwa (2013), Cunha et al. (2012), Santín y Suárez (2012), Fernández et al. (2012), López y Suarez (2011), Rodríguez (2011), Agasisti et al. (2011), García y González (2010), Barbosa (2010), Piñeros (2010), Quesada et al. (2010), Katharaki y Katharakis (2010), Vásquez (2010), Soto et al. (2009), Chediak y Rodríguez (2009), , Soto et al. (2009), Agasisti y Perez (2009), Buitrago y Avella (2008), González y Verdugo (2010), Coria (2008), Johnes y Yu (2008), Worthington y Lee (2008), García y Palomares (2008), Murias et al. (2008), Martín (2008), Torrico et al. (2007).

- Presupuesto: esta variable fue empleada como entrada (insumo) por Alvarado (2016), Nieto (2016), Ruiz (2015), Barra y Zotti (2013), Cunha et al. (2012), Fernández et al. (2012), Gómez (2012), López y Suarez (2011), Rodríguez (2011), García y González (2010), Barbosa (2010), Quesada et al. (2010), Vásquez (2010), Chediak y Rodríguez (2009), Agasisti y Perez (2009), González y Verdugo (2010), Coria (2008), Johnes y Yu (2008), García y Palomares (2008), Martín (2008).

- Estudiantes: ésta variable fue empleada como entrada por Alvarado (2016), Ruiz (2015), Cunha y Rocha (2012), Fernández et al. (2012), López y Suarez (2011), García y González (2010), Barbosa (2010), Katharaki y Katharakis

(2010), Vásquez (2010), Soto et al. (2009), Chediak y Rodríguez (2009), Agasisti y Perez (2009), González y Verdugo (2010), Coria (2008), Johnes y Yu (2008), Worthington y Lee (2008),

En cuanto a los productos (outputs) se identificó:

- Egresados: esta variable fue utilizada como salida (producto) por Nieto (2016), Gómez (2012), Ruiz (2015), Soto et al. (2009), Coria (2008),
- Graduados: esta variable fue empleada como salida (producto) por Alvarado (2016), Nieto (2016), Ruiz (2015), Erasmus y Msigwa (2013), Gómez (2012), Fernández et al. (2012), López y Suarez (2011), García y González (2010), Barbosa (2010), Katharaki y Katharakis (2010), Vásquez (2010), Soto et al. (2009), Agasisti y Perez (2009), Coria (2008), Johnes y Yu (2008), García y Palomares (2008), Murias et al. (2008).

Con base en la revisión bibliográfica, en la presente investigación se emplearon los insumos y productos siguientes:
Inputs: Presupuesto (Ejecución Total, S/.MM).
Outputs: 1) Matrícula: sumatoria del número de estudiantes de pregrado, maestría y doctorado (Matrícula) y 2) Profesores adscritos al programa Regina (Actual Renacyt).
Asimismo, se estableció la relación de la eficiencia técnica de las universidades con el lugar que ocupan en el ranking de universidades, tomando como referencia el ranking reportado por el CSIC (2019) (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), lo cual permitió contrastar la gestión interna de las universidades con la valoración externa de una agencia que califica los resultados de la productividad y calidad de las instituciones de educación superior en el mundo.

Variables para relacionar con la eficiencia técnica:
Antigüedad: refleja la experiencia de la institución.
Calidad: se mide a través del ranking de universidades.

2.3 Definición de términos básicos

Análisis: Consiste en identificar los componentes de un todo, separarlos y examinarlos para lograr acceder a sus principios más elementales.

DEA: Análisis envolvente de datos (Sigla en inglés: Data Evelopment Analysis).

DMU: Unidad de toma de decisiones (Sigla en inglés: Decision making unit).

Eficiencia: se deriva del término latino *efficientia* y alude a la habilidad de contar con algo o alguien para lograr un resultado.

Eficiencia técnica = Eficiencia técnica Global.

ETG: Eficiencia técnica Global: Eficiencia obtenida con el modelo DEA-CCR.

ETP: Eficiencia técnica pura: Eficiencia obtenida con el modelo DEA-BCC.

EE: Eficiencia de escala: cociente entre ETG y ETP.

Eficiencia de escala (EE) = ETG/ETP.

Ranking de universidades: serie ordenada obtenida del Ranking mundial de universidades.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Enfoque: cuantitativo

Tipo: aplicada

Alcance: descriptivo y correlacional

Diseño: no experimental y transversal

3.2 Población y muestra

La población de esta investigación son las universidades públicas peruanas, en lo que respecta a la ejecución presupuestal.

La muestra será censal, en tanto se dispone información de todas las universidades públicas peruanas.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los datos son obtenidos de búsqueda en internet (web site de cada universidad) y de información proporcionada por la SUNEDU (Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria), en formato tabla.

Asimismo, en esta investigación no se pudo detallar la cantidad de artículos en revistas indexadas por universidad, tal como dice la teoría, debido a que no están disponibles.

3.4 Técnica de procesamiento y análisis de datos

Se empleó el Análisis envolvente de datos (DEA), el cual según Arieu (2004), permite la identificación del “mejor comportamiento”, que posibilita el empleo de la técnica de benchmarking, en sustitución del “comportamiento medio”, en que se basa el análisis de regresión. Además de medir la eficiencia relativa, con el DEA se obtiene:

1. Una superficie envolvente empírica, que representa el comportamiento de los mejores.

2. Una métrica eficiente para comparar resultados.

3. Proyecciones eficientes sobre la frontera, para cada DMU ineficiente.

4. Un conjunto de referencia eficiente para cada DMU, definida por las unidades eficientes más próximas a ella.

Para el análisis descriptivo de los insumos y producto se empleó el software SPSS, versión 25 y para el procesamiento de la data con el DEA se empleó el software Frontier Analyst (Banxia Software). Cuando los datos registrados de algunas variables tenían valores de cero, se permitió que el software Frontier Analyst los reemplazara por un valor muy pequeño, que es la práctica recomendada en estos casos (Hussain y Jones, 2010, p. 12), ya que la división por cero no es posible, y la opción de excluir las universidades (ver Cuadro 1) con valores de cero en algunas variables le resta validez al estudio.

Cuadro 1

Listado de las 42 universidades públicas peruanas objeto de estudio

UNIVERSIDAD	SIGLAS	CUADRANTE (Matriz estratégica)*
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS	UNMSM	2
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	UNALM	2
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	UNI	2
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	UNSAAC	3
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO	UNT	2
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN	UNSA	1
UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO	UNASAM	4
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO	UNA	1
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA	UNAP	2
UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUÍZ GALLO	UNPRG	4
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL	UNFV	4
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO	UNAC	4
UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN	UNHEVAL	4
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN	UNJBG	3
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	UNC	3
UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA	UNP	4
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA	UNACH	3
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN	UNSM	3
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA	UNSCH	4
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA	UNAS	2

Listado de las 42 universidades públicas peruanas objeto de estudio (continuación)

UNIVERSIDAD	SIGLAS	CUADRANTE (Matriz estratégica)*
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCÍDES CARRIÓN	UNDAC	4
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES	UNTumbes	2
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ	UNCP	4
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA	UNICA	3
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA	UNH	3
UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN ENRIQUE GUZMÁN Y VALLE	UNE	3
UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN	UNFJFSC	4
UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC	UNAMBA	1
UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	UNTRM	2
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA	UNS	2
UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI	UNU	3
UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS	UNAJMA	3
UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS	UNAMAD	4
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA	UNAM	3
UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA	UNIA	3
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE	UNDC	3
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN	UNJ	4
UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR	UNTELS	1
UNIVERSIDAD NACIONAL DE BARRANCA	UNAB	4
UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA	UNAJ	3
UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA	UNF-S	2
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE ALTO AMAZONAS	UNAAA	2

Fuente: SUNEDU (2016) * Clasificación con base en la figura 6

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis e interpretación de resultados

4.1 Estadísticos descriptivos de insumos y productos

En el Cuadro 2 se presenta la base de datos que fue empleada para la estimación de la eficiencia técnica, se empleó como único insumo el presupuesto en millones (MM) de soles de cada universidad y dos productos: número de investigadores adscritos al programa Regina (Actual Renacyt) y número de estudiantes de pregrado, maestría y doctorado (Matrícula), recabados en 42 universidades públicas peruanas, para el año 2016.

Cuadro 2

Datos de insumos y productos de 42 universidades públicas peruanas

Nro	SIGLAS	Presupuesto (MM de soles)	Investigadores en Renacyt (Nro)	Matrícula (Nro)
1	UNMSM	418.7	280	41011
2	UNALM	130.6	81	7303
3	UNI	252.8	70	12914
4	UNSAAC	174.3	24	21988
5	UNT	156.3	56	19215
6	UNAS	189.2	58	28520
7	UNASAM	49.1	6	13603
8	UNA	177.3	42	23175
9	UNAP	77.0	17	9819
10	UNPRG	109.6	6	16618
11	UNFV	154.5	1	25201
12	UNAC	79.9	4	16921
13	UNHEVAL	68.2	0	11838
14	UNJBG	74.5	8	7401
15	UNC	77.4	8	9381
16	UNP	145.8	6	19933
17	UNACH	16.2	1	1319
18	UNSM	61.6	4	6138

Datos de insumos y productos de 42 universidades públicas peruanas (continuación)

Nro	SIGLAS	Presupuesto (MM de soles)	Investigadores en Renacyt (Nro)	Matrícula (Nro)
19	UNSCH	74.9	6	12649
20	UNAS	52.6	10	4033
21	UNDAC	66.9	1	8825
22	UNTumbes	44.9	9	3372
23	UNCP	99.9	13	24977
24	UNICA	118.3	4	14045
25	UNH	59.4	6	6818
26	UNE	85.1	0	7753
27	UNFJFSC	80.4	0	16390
28	UNAMBA	21.5	9	3298
29	UNTRM	43.7	16	4501
30	UNS	33.8	7	3971
31	UNU	49.8	3	6462
32	UNAJMA	15.3	1	1356
33	UNAMAD	24.3	0	3475
34	UNAM	29.4	3	1518
35	UNIA	21.3	3	1299
36	UNDC	9.0	1	1077
37	UNJ	8.1	0	1783
38	UNTELS	12.3	4	3034
39	UNAB	8.9	0	1835
40	UNAJ	20.5	1	1263
41	UNF-S	9.0	2	1062
42	UNAAA	5.4	1	157

Fuente: elaboración propia

En Cuadro 3 se presentan los estadísticos descriptivos de las partidas de insumos (inputs) y productos (outputs) de las universidades públicas peruanas, que fueron empleados en la presente investigación. En el presupuesto (MM de soles) se observa una gran variabilidad, pues va de un mínimo de S/. 5.4 MM a un máximo de S/. 418.7 MM, con una media de S/. 81.1 MM/universidad y una desviación estándar de S/. 79.5 MM.

Por su parte, seis universidades no poseen investigadores acreditados en el programa Regina (Actual Renacyt) y una universidad tiene el

máximo de 280. La media de esta variable se ubica en 18.4 investigadores/universidad y una desviación estándar de 45.8 investigadores.

Finalmente, en cuanto a la matricula también hay una gran disparidad, pues va de un mínimo de 157 alumnos a un máximo de 41,011 alumnos, con una media de 10,172.6 estudiantes/universidad y una desviación estándar de 9,299.4 estudiantes.

Cuadro 3

Estadísticos descriptivos de las partidas de insumos (inputs) y productos (outputs) empleados en la presente investigación

Inputs u outputs	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar*
Presupuesto (MM de soles)	5.4	418.7	81.1	79.5
Renacyt (Nro)	0	280	18.4	45.8
Matrícula (Nro)	157	41011	10172.6	9299.4

Fuente: elaboración propia

* Desviación estándar muestral

4.2 Determinación de la eficiencia técnica de las universidades públicas

A fin de facilitar la presentación de los resultados se exponen en detalle los términos a utilizar y los acrónimos, así como aspectos controvertidos sobre determinados puntos. En las investigaciones que abordan la eficiencia con el método DEA en el sector educativo, es común que los autores estimen la eficiencia técnica con base en los modelos DEA-CCR y DEA-BCC, para comparar sus resultados y decidir la mejor opción para el caso objeto de estudio (Casu y Molyneux, 2003; Santana, 2015; Seffino y Hoyos, 2016). El modelo DEA-CCR, el primero en ser desarrollado (Paradi et al., 2011), fue denominado así en honor a sus creadores (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978), y determina la frontera de rendimientos constantes a escala

(RCE), donde un incremento de los insumos genera un incremento de igual magnitud en los productos (Avkiran, 2011). Más tarde, se desarrolló la frontera DEA-BCC, ideada por Banker, Charnes y Cooper (1984), la cual posibilita estimar la frontera de rendimientos variables a escala (RVE).

La ET se orienta a la maximización de los resultados de la DMU con base en los recursos utilizados (Campoverde et al., 2019). De esta manera se tiene que una universidad es eficiente cuando logra obtener niveles máximos de productos (o salidas) para un determinado nivel de dotación de insumos o, por contrario, es capaz de minimizar el nivel de insumos aplicados para alcanzar un determinado nivel de producción. El principal aporte de la técnica DEA consiste en fijar de manera empírica o práctica un patrón referencial mediante una frontera, contra la cual se compara la DMU, para saber si es o no eficiente, por ello se establece una eficiencia que es relativa, donde la estimación de la frontera constituye una de las vías para estimar ET. De manera que Farrell (1957) aportó “un método para calcular los índices, y separar técnicamente la eficiencia en técnica y asignativa, formulando preceptos sobre los rendimientos constantes a escala de la tecnología y una isocuanta convexa en el origen cuya pendiente es positiva”.

Resumiendo, el análisis de la eficiencia se inicia definiendo la “función de producción” que señala la máxima cantidad de producto (salida) que es generado por cada insumo (entrada), así como también se destacan las características tanto del proceso como del sector al cual pertenecen las DMU analizadas.

Esta caracterización debe abarcar la tecnología aplicada en el proceso productivo, y las entradas y salidas del sistema, para asociar la función de producción con las variables que reflejan la tecnología que posibiliten la producción más eficiente en las DMU. Este enfoque puede entenderse en relación a las salidas (outputs) o entradas (inputs), de manera que una aplicación orientada a los outputs (como en la presente investigación), mostraría la máxima producción que se puede

lograr con una particular combinación de factores, mientras que un análisis orientado a los inputs, revelaría los requerimientos mínimos de insumos, que se combinan en una determinada proporción, para alcanzar un nivel determinado de productos (Anzola, 2013).

Para analizar sus componentes, la eficiencia técnica se puede denominar Eficiencia técnica Global (ETG), la cual se desglosa en Eficiencia Técnica Pura (Acrónimo ETP) y Eficiencia de Escala (EE), de manera que ETG = ETP x EE. Por tanto, para determinar si la tecnología de producción aplicada por las universidades presenta rendimientos variables a escala se aplican los dos modelos: Rendimientos Constantes a Escala (RCE) que corresponde a la frontera ETG y Rendimientos Variables a Escala (RVE) representada por la frontera ETP (Blecich, 2020). En el caso de que se detecten diferencias entre las dos mediciones para una universidad en particular, se asume que existen ineficiencias de escala, cuyos valores se imputan a la discrepancia entre la medición del RCE y la medición del RVE. Así, la medición de la Eficiencia de Escala (EE) se obtiene como un resultado del cociente entre la medida de Eficiencia Técnica Global (ETG) y la medida de la Eficiencia Técnica Pura (ETP). En resumen, la ETP evalúa la eficiencia de la universidad debida a la gestión exclusivamente técnica de la organización sin considerar el tamaño de la misma (Martin y Roman, 2010), mientras que las ineficiencias de escala, por el contrario, son pérdidas ocasionadas por el hecho de no funcionar con el tamaño de producción óptimo. Entonces se infiere que una universidad puede ser técnicamente eficiente y, aun así, tiene la posibilidad de lograr mejoras en su desempeño si decide explotar economías de escala (Coelli et al., 1998, p. 4).

De manera que las universidades eficientes serían aquellas que logren valores de 100% (ó 1) para un determinado tipo de rendimiento (RCE o RVE) contra el cual se esté evaluando y, por ello, se considera que están localizadas (o forman parte) sobre la frontera de producción. En contraste, valores por debajo del 100% (100%> x ≥ 0) indicarían

ineficiencias y, por ello, se ubicarían por debajo de la frontera de producción.

Para analizar los resultados, en el Cuadro 4 se presentan los tres tipos de eficiencia de la universidad pública peruana y tipos de rendimientos, donde se observa que según el modelo de rendimientos constantes a escala (RCE), también denominado modelo DEA-CCR, que representa la frontera de eficiencia técnica global (ETG), solo tres universidades resultaron con 100% de ETG (UNMSM, UNASAM y UNTELS).

Por otra parte, la ETP representa la frontera de producción con base en rendimientos variables a escala (Modelo DEA-BCC), y su estimación permite obtener la eficiencia de escala (EE), ya que ETG= ETP x EE. Así, al estimar la frontera ETP, todas las universidades que resultaron cien por ciento eficientes con la frontera ETG, también lo son a nivel de ETP, más otras tres universidades (UNCP, UNJ y UNAAA) que alcanzan la eficiencia con combinaciones de insumo-producto que son diferentes a los que presentan los ubicados en la frontera ETG, mientras que las restantes 36 universidades se consideran ineficientes.

Cuadro 4

Tres tipos de eficiencia (%) de universidades públicas peruanas y tipos de rendimientos

Nro	Universidad	Modelo DEA-CCR (ETG)	Modelo DEA-BCC (ETP)	Eficiencia Escala (EE)	Tipo de rendimiento
1	UNMSM	100.0	100.0	100.0	constante
2	UNALM	92.8	94.7	97.9	drs
3	UNI	44.1	44.8	98.6	irs
4	UNSAAC	49.7	76.6	64.9	irs
5	UNT	71.8	77.4	92.7	irs
6	UNSA	73.2	96.8	75.6	irs
7	UNASAM	100.0	100.0	100.0	constante
8	UNA	60.2	80.3	75.0	irs
9	UNAP	57.6	63.0	91.4	irs
10	UNPRG	54.7	65.3	83.9	irs
11	UNFV	58.9	90.9	64.8	irs
12	UNAC	76.5	82.6	92.6	irs
13	UNHEVAL	62.7	66.3	94.6	irs
14	UNJBG	39.1	43.4	90.2	irs
15	UNC	46.3	50.7	91.2	irs
16	UNP	49.3	73.1	67.5	irs
17	UNACH	30.7	31.7	96.7	drs
18	UNSM	37.0	38.9	95.1	irs
19	UNSCH	61.3	65.3	93.8	irs
20	UNAS	41.0	43.2	95.1	irs
21	UNDAC	47.6	50.2	94.9	irs
22	UNTumbes	41.8	43.4	96.2	irs
23	UNCP	91.3	100.0	91.3	constante
24	UNICA	42.8	54.2	79.0	irs
25	UNH	44.0	46.8	94.0	irs
26	UNE	32.9	35.8	91.9	irs
27	UNFJFSC	73.6	79.5	92.5	irs
28	UNAMBA	86.4	87.1	99.1	drs
29	UNTRM	67.5	68.5	98.6	irs
30	UNS	53.5	56.8	94.1	irs
31	UNU	47.0	47.2	99.6	irs
32	UNAJMA	33.4	34.9	95.7	drs
33	UNAMAD	51.7	53.7	96.3	drs
34	UNAM	24.8	25.9	95.7	irs
35	UNIA	31.5	31.8	99.0	irs
36	UNDC	46.4	58.7	79.0	drs
37	UNJ	79.5	100.0	79.5	constante
38	UNTELS	100.0	100.0	100.0	constante
39	UNAB	74.2	90.4	82.1	drs
40	UNAJ	23.4	23.5	99.6	drs
41	UNF-S	55.6	74.0	75.1	drs
42	UNAAA	28.3	100.0	28.3	constante

Fuente: elaboración propia

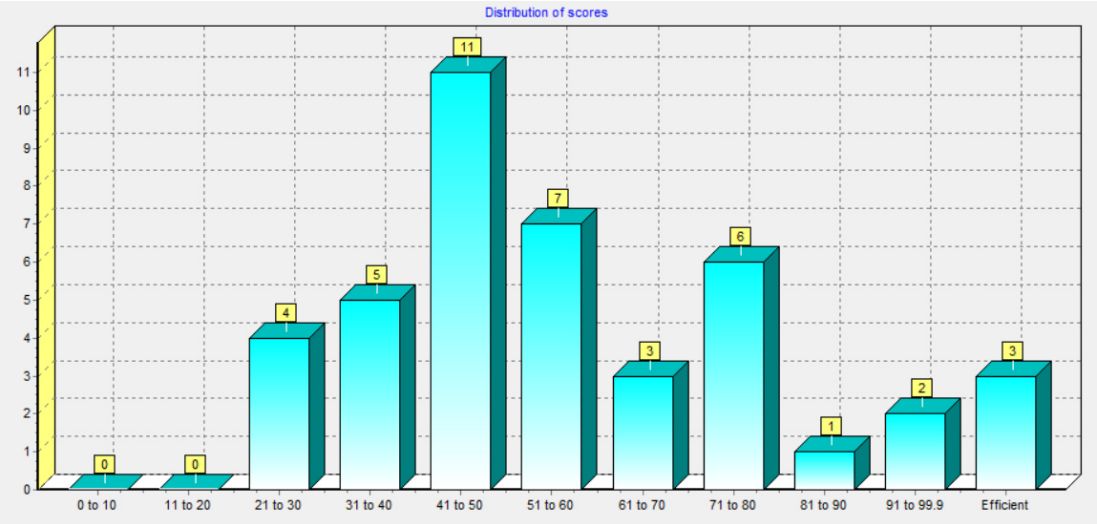
“irs: rendimientos a escala crecientes **drs**: rendimientos a escala decrecientes
ETG= eficiencia técnica global; ETP= eficiencia técnica pura; EE= eficiencia de escala”

También se observa que las universidades que presentan 100% de ETG y ETP no muestran ineficiencias de escala, por el contrario, las universidades que si tienen este tipo de ineficiencia son aquellos que no alcanzan el 100% de ETG, aunque tengan 100% de ETP, o son ineficientes en comparación con ambas fronteras de producción. Finalmente, destaca que la mayoría de las universidades con ineficiencias de escalas presentan tipos rendimientos denominados rendimientos a escala crecientes (irs), es decir, están operando por debajo del tamaño óptimo del sector universitario objeto donde estudio (donde un incremento de los insumos genera un incremento proporcionalmente mayor en los productos. Por el contrario, un número menor de universidades ineficientes está operando por encima del tamaño óptimo (drs: rendimientos a escala decrecientes), segmento de la frontera de producción donde un incremento de los insumos genera un incremento proporcionalmente menor en los productos.

En la Figura 2 se presenta la distribución de la eficiencia técnica global (ETG) en las universidades públicas peruanas, donde se observa que tres universidades están ubicados en la frontera, dos universidades se ubicaron en un rango muy cercano a la máxima eficiencia al estar entre 91 y 99.8%, una universidad en el rango entre 81 y 90%, cuatro universidades en el rango más bajo entre 21 y 30% y 11 universidades en la categoría más numerosa que representa el rango entre 41 y 50%, así como el resto de instituciones distribuidas en otros rangos (Figura 2).

Figura 2

Distribución de la eficiencia técnica global (ETG) en universidades públicas peruanas

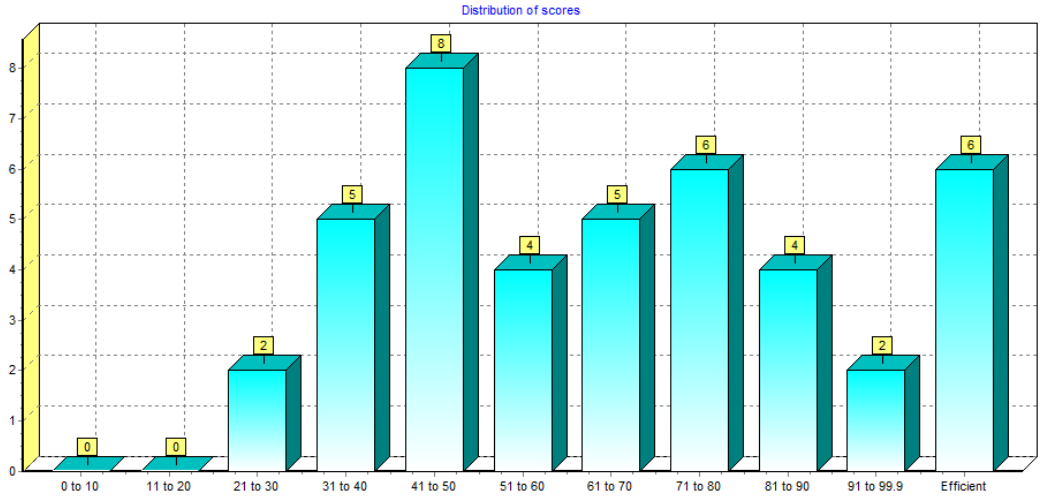


Fuente: elaboración propia.

En la Figura 3 (generada por el software Frontier Analyst Professional) se presenta la distribución de la eficiencia técnica pura (ETP) en las universidades públicas del Perú, que obviamente evidencia una mayor concentración de las instituciones educativas en los segmentos superiores, ya que 6 universidades son eficientes, 2 se ubicaron en un rango muy cercano a la máxima eficiencia al estar entre 91 y 99.8%, 4 instituciones en el rango entre 81 y 90%, se disminuyen a 2 universidades en el rango más bajo entre 21 y 30% y a 8 universidades en la categoría más numerosa que representa el rango entre 41 y 50%, así como el resto de instituciones distribuidas en otros rangos.

Figura 3

Distribución de la eficiencia técnica pura (ETP) en 42 universidades peruanas



Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 5 se muestran los estadísticos de tres tipos de eficiencia de 42 universidades públicas del Perú. La eficiencia técnica lograda por estas instituciones educativas durante el año 2016, bajo el enfoque RCE (ETG) orientado a la maximización de los productos, se estimó en promedio en 56.8%, en tanto que para RVE (ETP) fue de 65.4% De esta forma, debido a que el modelo DEA-CCR asume retornos constantes y el de DEA-BCC incorpora retornos variables, los resultados son coherentes con la teoría, donde la eficiencia del segundo enfoque siempre es superior a la del primero (Haider et al., 2019). Asimismo, la ETG promedio de 56.8 indica que las universidades ineficientes deberían elevar, en promedio, su producción en 43.2% (100%-56.8%), mientras que la universidad con el mínimo de ETG debería elevar su producción en 76.6% (100%-23.4%) para revertir su ineficiencia. Igualmente en el caso de la ETP se requiere elevar (en promedio) la producción en 34.6% para que las entidades educativas ineficientes se tornen eficientes.

Cuadro 5.

Estadísticos de tres tipos de eficiencia de 42 universidades públicas peruanas

	Tipos de eficiencia (%)		
	ETG	ETP	EE
Media	56.8	65.4	88.6
Mínimo	23.4	23.5	28.3
Máximo	100	100	100
Desviación estándar	21.4	23.9	13.8
Mediana	52.6	65.3	93.9
Número de universidades irs		27(64.3%)	
Número de universidades drs		9(21.4%)	
Número de universidades rendimientos constantes		6(14.3%)	

"**irs**: rendimientos a escala crecientes **drs**: rendimientos a escala decrecientes
ETG= eficiencia técnica global; **ETP**= eficiencia técnica pura; **EE**= eficiencia de escala"
Fuente: elaboración propia.

El índice medio de eficiencia de escala (EE=88,6%) indica que hay un nivel relativamente alto de ineficiencia debidas a que el 85.7% (36 de 42 elementos) de las instituciones no están operando a sus tamaños óptimos (medido por la mezcla de volúmenes de *inputs* y *outputs*). Estas ineficiencias de escala se atribuyen principalmente a que 27 universidades (64.3%) están produciendo por debajo de la escala óptima (con rendimientos a escala crecientes) y 9 (21.4%) opera por encima del óptimo (con rendimientos a escala decrecientes). La mediana indica que el 50% de las universidades opera a una ETG de 52.6 %, lo cual también evidencia que las ineficiencias con respecto a los RCE son significativas para el sector.

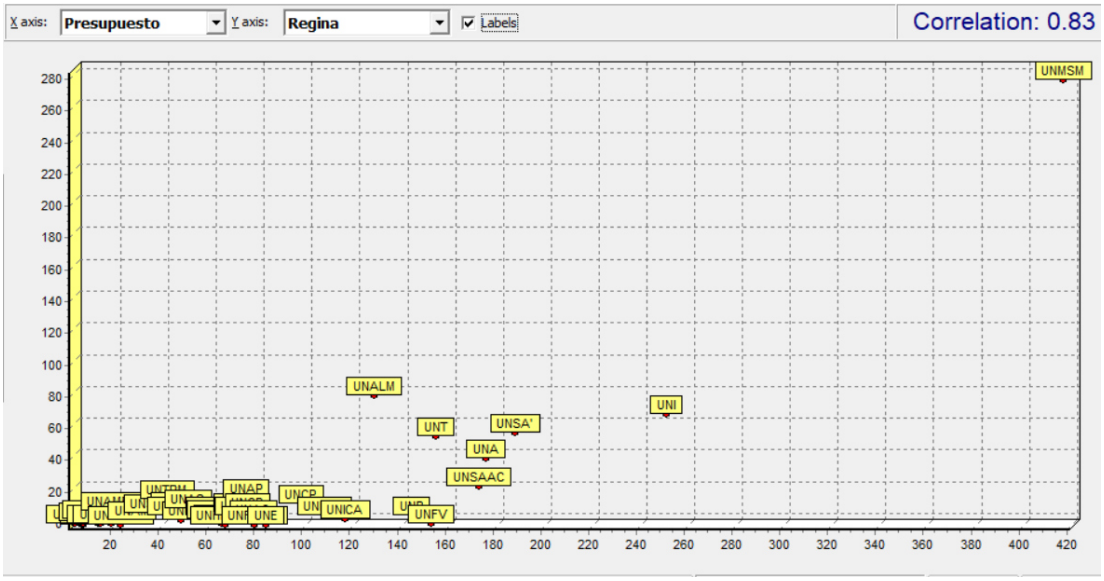
4.2.1 Relaciones insumo producto

En la Figura 4 se muestran las relaciones insumos productos mediante las gráficas insumo-producto (X-Y) generadas con el software Frontier Analyst Professional. En primer lugar, se muestra la relación entre el presupuesto e investigadores adscritos al programa Regina (Actual

Renacyt), donde se observa una alta correlación (0.83), que evidencia de manera clara una relación lineal entre estas variables, que también refuerza los hallazgos previos de una frontera de producción con rendimientos constantes a escala. Asimismo, se observa que: 1) hay una gran brecha la UNMSM y las demás instituciones educativas, al presentar valores extremos a ambas variables, 2) La UNALM con un menor presupuesto está mejor posicionada que la UNI, la cual le aventaja en recursos, pero ambas instituciones, sumadas a la UNT, UNAS, UNA y UNSAAC conforman un grupo con un nivel medio de presupuesto (tamaño medio), que poseen entre 20 y 81 investigadores regina (Actual Renacyt), y 3) el resto de las instituciones con el nivel más bajo de presupuesto (Tamaño pequeño) y menos de 20 o ningún investigador regina (Actual Renacyt) y, por tanto, con poca o ninguna orientación a la calidad de la educación, medida en términos de investigación.

Figura 4

Gráfica de la relación entre presupuesto (MM de soles) y número de investigadores adscritos a Regina (Actual Renacyt)

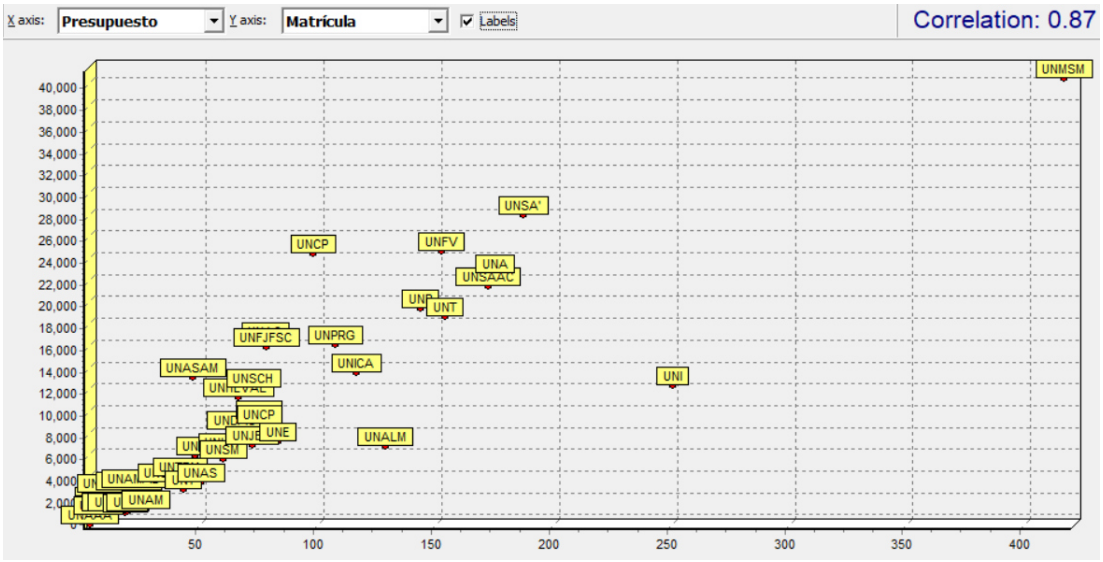


Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, en la Figura 5 se presenta la relación entre Gráfica de la relación entre presupuesto (MM de soles) y matrícula (número de estudiantes), donde también se observa una alta correlación (0.87), que muestra, al igual que en la figura anterior, una clara relación lineal entre estas variables, que refuerza la tesis de una frontera de producción con rendimientos constantes a escala. Asimismo, se observa que: 1) hay una gran brecha la UNMSM y las demás instituciones educativas, al presentar valores extremos a ambas variables, 2) a pesar de ser la segunda en volumen de presupuesto, la UNI posee un nivel de matrícula similar a las instituciones pequeñas (en términos de presupuesto), 3) la UNSA, UNFV, UNA, UNSAAC, UNT y UNP conforman un grupo con un nivel medio de presupuesto (tamaño medio), que atienden más de 18,000 estudiantes, y 4) Salvo la UNCP, el resto de las instituciones con el nivel más bajo de presupuesto (Tamaño pequeño) atienden menos de 18,000 estudiantes.

Figura 5

Gráfica de la relación entre presupuesto (MM de soles) y matrícula (número de estudiantes)



Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Determinación del tipo de frontera de producción

Previo a la ejecución de pruebas estadísticas se verificó la aproximación a la distribución normal de los tipos de eficiencia estimados, para lo cual se empleó el test de Shapiro-Wilk (Cuadro 6). Los resultados indican que la ETG presenta distribución normal ($p>0.05$), mientras que índices ETP y EE no presentan distribuciones normales ($p<0.05$), por lo cual se justifica el empleo de pruebas no paramétricas para evaluar relaciones entre estos índices de eficiencia.

Cuadro 6

Pruebas de normalidad de los tipos de eficiencia

	Shapiro-Wilk		
Tipo de eficiencia	Estadístico	gl	Sig.
ETG	0.948	42	0.054
ETP	0.940	42	0.028
EE	0.734	42	0.000

Fuente: Elaboración propia.

Se empleó el test U de Mann-Whitney para comparar la hipótesis de que los dos grupos independientes que conforman los índices de eficiencia provienen de una misma población (Martín,2006; Martín, 2008). Esta hipótesis se formula de manera siguiente:

Ho: Las universidades públicas peruanas presentan funciones de producción de rendimientos constantes a escala

H1: Las universidades públicas peruanas presentan funciones de producción de rendimientos variables a escala

La aplicación del test U de Mann-Whitney arrojó un p-valor superior a 0.05 ($p>0.05$), por lo cual no se puede rechazar la hipótesis nula y, entonces, se afirma con un 95% de confianza que las distribuciones de los modelos RCE y RVE son iguales, lo que evidencia que en el sector

universitario de educación pública del Perú prevalecen los rendimientos constantes a escala (Cuadro 7).

Cuadro 7

Resultados de los test U de Mann-Whitney para contrastar la hipótesis sobre el tipo de frontera de producción en el sector educativo universitario

Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de índices de eficiencia es la misma entre las categorías ET	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	0.092	Retener la hipótesis nula

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de 0.05.

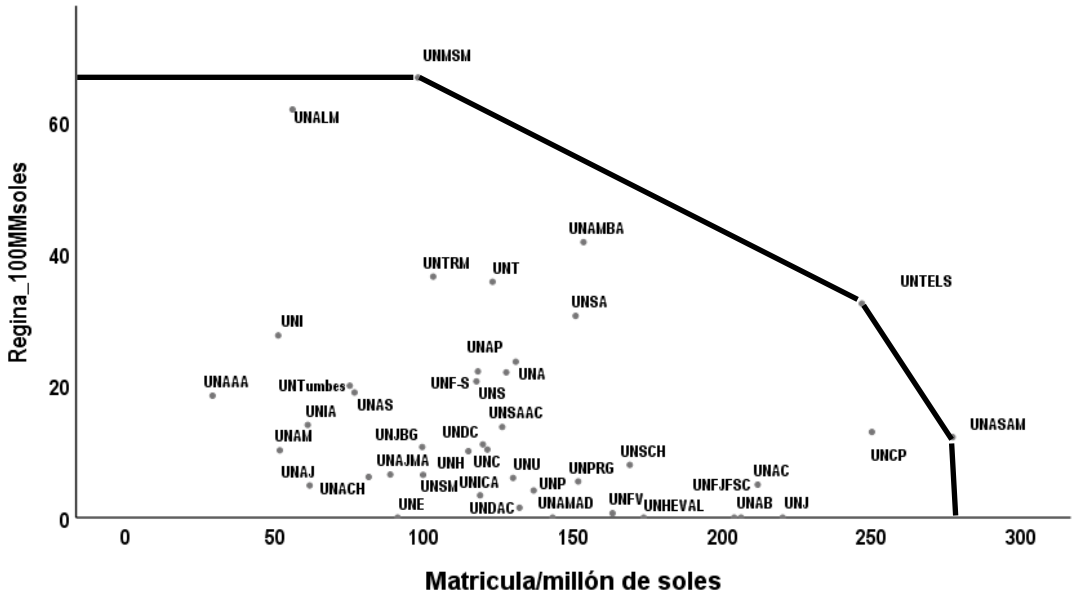
Fuente Elaboración propia.

En la figura 6 se presenta la frontera eficiente según modelo RCE aplicado a 42 universidades públicas peruanas, para lo cual se ha elaborado un gráfico que el eje y tiene el número de investigadores por cada 100 millones de soles de presupuesto, y en el eje x se dispuso la cantidad de estudiantes matriculados por cada millón de soles de presupuesto. De manera que la frontera eficiente (FE) está representada por la línea más gruesa que va desde el punto que corresponde a la UNMSM, llega a la UNTELS y baja hasta la UNASAM. Esta curva, incluyendo sus proyecciones hasta los ejes representa la frontera de posibilidades de producción (FPP). Todas las universidades por debajo de la FE son ineficientes, condición que aumenta en la medida que se aleja de esta curva hacia el origen de las coordenadas. La referencia para la mejora de una universidad es la FE, para lo cual se proyecta una línea imaginaria que va desde el origen de las coordenadas, pasa por el punto que representa la universidad eficiente hasta la FE. Así, por ejemplo, para la UNALM, esa línea imaginaria la proyecta muy cerca de la UNMSM, la cual le sirve como único referente para su mejora. Para el caso de la UNI, esa línea imaginaria también la

proyecta muy cerca de la UNMSM por lado derecho, la cual le sirve como su principal referente para su mejora y, en menor grado, la UNTELS (que determina el otro extremo del segmento de la FE).

Figura 6

Frontera eficiente según modelo RCE aplicado a 42 universidades públicas peruanas



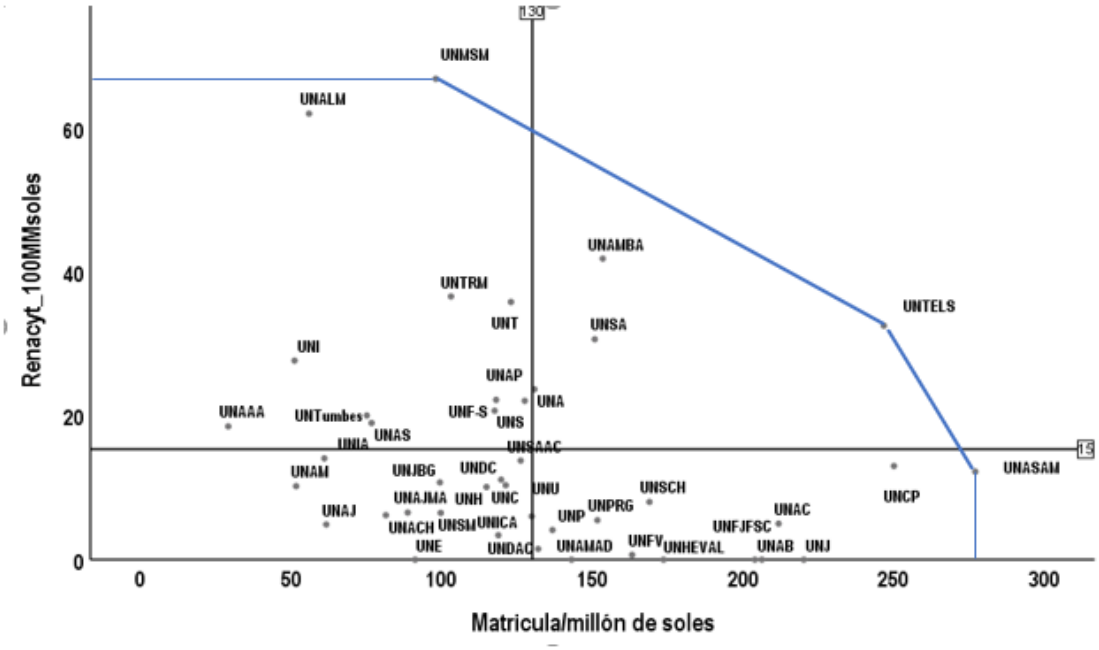
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 7 se presenta la matriz de orientación estratégica a la investigación y masificación educativa (MOEIM) de 42 universidades públicas peruanas, que esencialmente es la misma que la anterior, la cual se ha segmentado (cuatro cuadrantes) con base en los valores promedios de cada variable analizada (Ver anexo 3), de manera que en el caso de la variable investigadores Regina (Actual Renacyt), por encima de la media se considera que la institución posee una alta orientación a la investigación (indicio de la calidad de la investigación) y por debajo una baja orientación. En el caso de la variable matrícula, por encima de la media se considera que la institución posee una alta orientación a la masificación educativa (alto nivel de matrícula estudiantil) y por debajo una baja orientación, aunque también pudiera categorizarse como alta y baja orientación a la enseñanza, tal como

han hecho en otros países (Shamohammadi y Oh, 2019). Esta dicotomía está muy presente la educación superior, especialmente

Figura 7

Matriz de orientación estratégica a la investigación y masificación educativa (MOEIM) de 42 universidades públicas peruanas



Nota: la línea que une las tres universidades eficientes representa la frontera de producción.

Fuente: elaboración propia

latinoamericana (Cabrera, Pérez y López, 2014; García de Fanelli, 2017).

En el primer cuadrante (superior derecho) se observan las instituciones con orientación a la investigación y a la masificación, lideradas por la UNTELS (Ver anexo 3). En el segundo cuadrante (superior izquierdo) se ubican las universidades con alta orientación a la investigación (encabezadas por la UNMSM y la UNALM, con los niveles más altos de todas las instituciones) y baja orientación a la masificación (Ver anexo 3). En el tercer cuadrante (inferior izquierdo) se ubican las

universidades con baja orientación tanto a la investigación como a la masificación, que es la peor situación de los cuatro tipos de desempeño mostrados y, finalmente, en el cuarto cuadrante (inferior derecho) se ubican las universidades con baja orientación a la investigación, pero alta orientación a la masificación, que son encabezados por la UNASAM.

Cuadro 8

Características de las universidades clasificadas por cuadrantes

Primer cuadrante

Nro	Siglas	Presupuesto	Renacyt	Matrícula	Matrícula_MMs./	Regina_100MMsoles	ETG
38	UNTELS	12.3	4	3,034	247	33	100.0
28	UNAMBA	21.5	9	3,298	153	42	86.4
6	UNSA	189.2	58	28,520	151	31	73.2
8	UNA	177.3	42	23,175	131	24	60.2
	Promedio	100.1	28	14,507	170	32	
	Total cuadrante	400.3	113.0	58,027.0	681.5	128.7	
	% del global	11.75%	14.64%	13.58%	12.48%	19.98%	

Segundo cuadrante

Nro	Siglas	Presupuesto	Renacyt	Matrícula	Matrícula_MMs./	Regina_100MMsoles	ETG
9	UNAP	77.0	17	9,819	128	22	57.6
5	UNT	156.3	56	19,215	123	36	71.8
41	UNF-S	9.0	2	1,062	118	22	55.6
30	UNS	33.8	7	3,971	117	21	53.5
29	UNTRM	43.7	16	4,501	103	37	67.5
1	UNMSM	418.7	280	41,011	98	67	100
20	UNAS	52.6	10	4,033	77	19	41
22	UNTumbes	44.9	9	3,372	75	20	41.8
2	UNALM	130.6	81	7,303	56	62	92.8
3	UNI	252.8	70	12,914	51	28	44.1
42	UNAAA	5.4	1	157	29	19	28.3
	Promedio	111.3	50	9,760	89	32	
	Total cuadrante	1,224.8	549.0	107,358.0	974.7	351.6	
	% del global	35.94%	71.11%	25.13%	17.86%	54.59%	

Características de las universidades clasificadas por cuadrantes

(continuación)

Tercer cuadrante

Nro	Siglas	Presupuesto	Renacyt	Matrícula	Matrícula_MMs./	Regina_100MMsoles	ETG
35	UNIA	21.3	3	1,299	61	14	31.5
4	UNSAAC	174.3	24	21,988	126	14	49.7
36	UNDC	9.0	1	1,077	120	11	46.4
14	UNJBG	74.5	8	7,401	99	11	39.1
15	**UNC**	77.4	8	9,381	121	10	46.3
34	UNAM	29.4	3	1,518	52	10	24.8
25	UNH	59.4	6	6,818	115	10	44
32	UNAJMA	15.3	1	1,356	89	7	33.4
18	UNSM	61.6	4	6,138	100	6	37
17	UNACH	16.2	1	1,319	81	6	30.7
31	UNU	49.8	3	6,462	130	6	47
40	UNAJ	20.5	1	1,263	62	5	23.4
24	UNICA	118.3	4	14,045	119	3	42.8
26	UNE	85.1	0	7,753	91	0	32.9
	Promedio	58.0	5	6,273	97	8	
	Total cuadrante	812.1	67.0	87,818.0	1,364.6	113.8	
	% del global	23.83%	8.68%	20.55%	25.00%	17.67%	

Cuarto cuadrante

Nro	Siglas	Presupuesto	Renacyt	Matrícula	Matrícula_MMs./	Regina_100MMsoles	ETG
23	UNCP	99.9	13	24,977	250	13.01	91.3
7	UNASAM	49.1	6	13,603	277	12.22	100
19	UNSCH	74.9	6	12,649	169	8.01	61.3
10	UNPRG	109.6	6	16,618	152	5.47	54.7
12	UNAC	79.9	4	16,921	212	5.01	76.5
16	UNP	145.8	6	19,933	137	4.12	49.3
21	UNDAC	66.9	1	8,825	132	1.49	47.6
11	UNFV	154.5	1	25,201	163	0.65	58.9
37	UNJ	8.1	0	1,783	220	0.00	79.5
39	UNAB	8.9	0	1,835	206	0.00	74.2
27	UNFJFSC	80.4	0	16,390	204	0.00	73.6
13	UNHEVAL	68.2	0	11,838	174	0.00	62.7
33	UNAMAD	24.3	0	3,475	143	0.00	51.7
	Promedio	74.7	3	13,388	188	4	
	Total cuadrante	970.5	43.0	174,048.0	2,437.8	50.0	
	% del global	28.48%	5.57%	40.74%	44.66%	7.76%	
	TOTAL	3,407.7	772.0	427,251.0	5,458.7	644.1	
	%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	

Fuente: elaboración propia

4.3 Contribución de los insumos y productos a la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas.

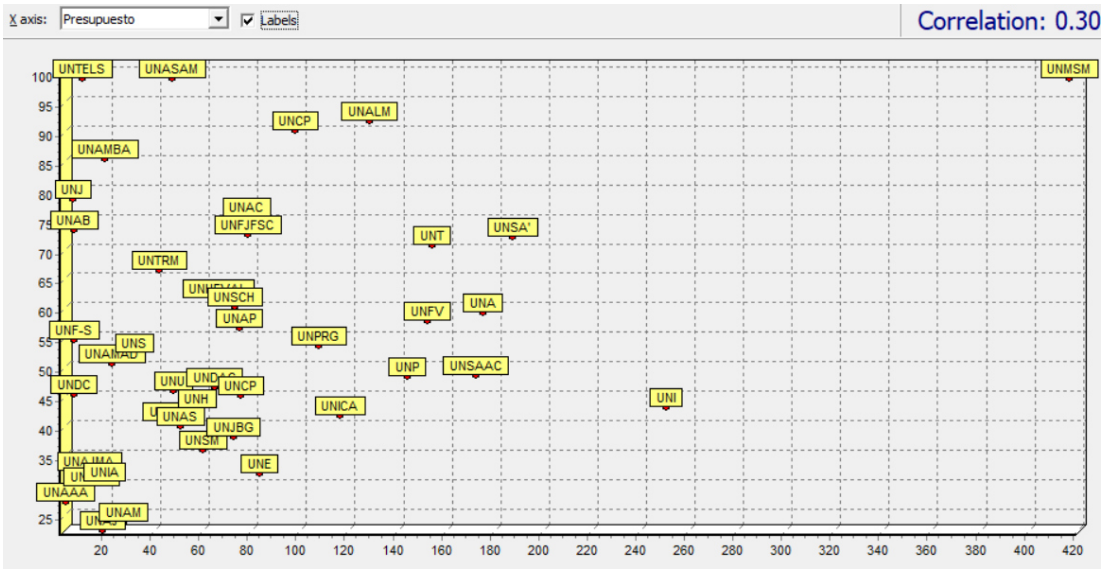
En este apartado se analizan las contribuciones de los insumos y productos a la eficiencia técnica del sistema educativo universitario público del Perú. Para ello, se emplean gráficas generadas directamente por el software Frontier Analyst Professional.

Debido a que se estableció con las técnicas estadística apropiadas que la frontera de producción con RCE es la más adecuada para las universidades que conforman la muestra de este estudio, se emplea este tipo de frontera de producción en todas las estimaciones que a continuación se presentan.

En la Figura 8 se muestra la relación entre la ETG (%) y el presupuesto (millones de soles) en 42 universidades públicas peruanas para el año 2016, donde se observa una baja correlación entre esta variables (r=0.30), pues hay universidades con bajo presupuesto (Ejemplo UNTELS y UNASAM) que son altamente eficientes, otras con altos volúmenes de presupuesto y bajos niveles de eficiencia (UNI), así como la UNMSM que presenta altos niveles en ambas variables (aunque es una universidad atípica por estar muy separada de las demás por su elevado presupuesto). Debido a esta disparidad en los desempeños, no se establece una tendencia que soporte la hipótesis de que a mayor presupuesto de las universidades se tienda a una mayor ETG.

Figura 8

Relación entre la ETG y presupuesto (millones de soles) en 42 universidades públicas peruanas para el año 2016

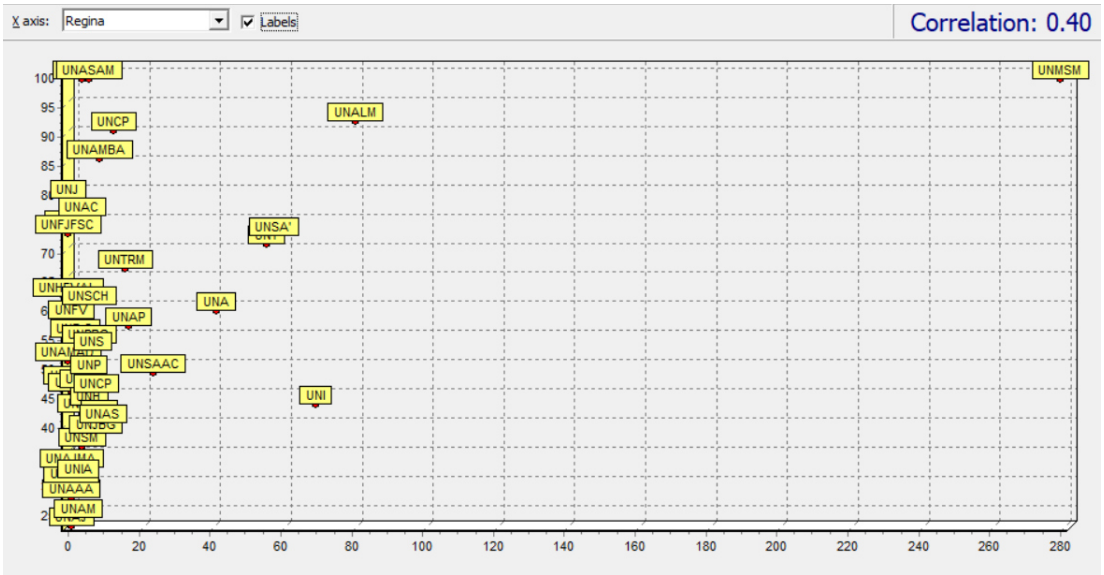


Fuente: elaboración propia.

En la Figura 9 se muestra la relación entre la ETG (%) y el producto Regina (Actual Renacyt) en las universidades públicas peruanas para el año 2016, donde se observa: 1) una situación de mayor concentración que en la figura anterior (ETG y presupuesto), 2) una gran brecha entre la UNMSM y las restantes universidades en la variable Regina (Actual Renacyt) y en, menor grado, en la variable ETG, 3) instituciones con muchos investigadores Regina (caso UNMSM) y con muy pocos investigadores Regina (caso UNTELS y UNASAN) que son 100% eficientes, así como una gran concentración de otro grupo de universidades con muy pocos o ningún investigador acreditado que presentan diversos niveles de ETG, lo cual corrobora la baja relación lineal entre estas dos variables (r=0.40), de manera que una mayor eficiencia técnica no está claramente asociada con una mayor acreditación de investigadores.

Figura 9

Relación entre la ETG y el producto Regina (Actual Renacyt)

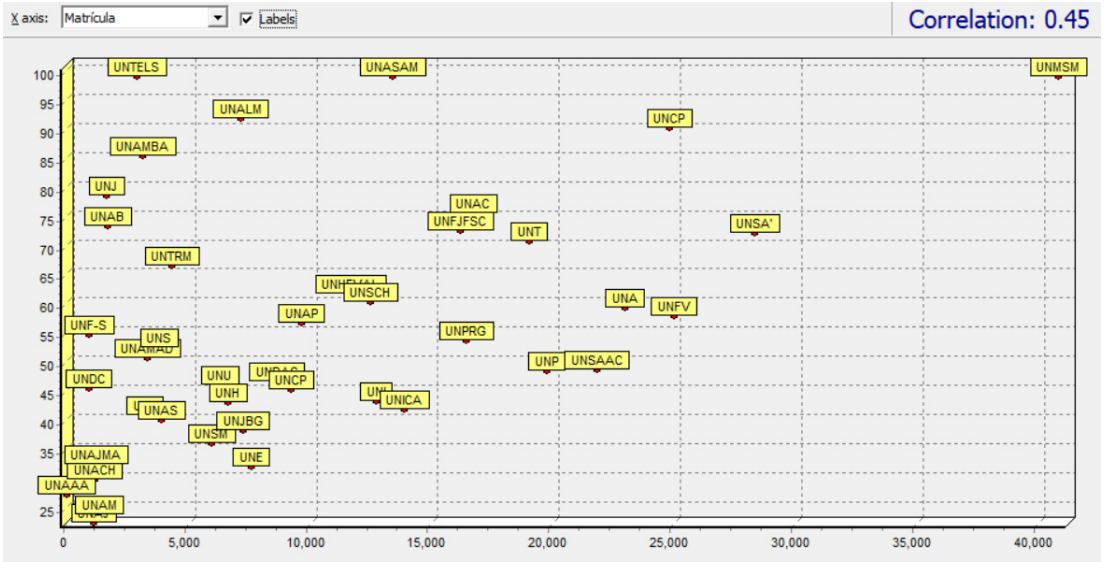


Fuente: elaboración propia.

Finalmente, la relación entre la ETG (%) y el producto matrícula (número de estudiantes) en las universidades públicas peruanas para el año 2016 (Figura 10), donde se observa: 1) una situación de mayor concentración que en la figura anterior (ETG y presupuesto), 2) una brecha importante entre la UNMSM y las restantes universidades en el producto Matrícula y en, menor grado, en la variable ETG, 3) instituciones con mucha matricula (caso UNMSM) y con muy poca (caso UNTELS) o mediano nivel de matrícula (caso UNASAN), que son 100% eficientes, así como otro grupo de universidades con poca matrícula que presentan diversos niveles de ETG, lo cual confirma la baja relación lineal entre estas dos variables (r=0.45), de manera que una mayor eficiencia técnica no está claramente asociada con un mayor nivel de matrícula.

Figura 10

Relación entre la ETG (%) y el producto matrícula



Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 9 se muestran las contribuciones (en términos de porcentajes) de los insumos y productos a la ETG, que se refiere a cómo cada insumo/producto contribuye a la puntuación de la ETG. Estas contribuciones se estiman buscando la mejor combinación de los insumos y productos, que optimizan el nivel de eficiencia de cada universidad. La sumatoria de las contribuciones de todos los insumos analizados debe totalizar 100%, al igual que en el caso de los productos (Coll y Blasco, 2006). Los insumos y productos que aportan más contribución son más sensibles y, por tanto, no es posible reducir alguno de ellos sin afectar negativamente el promedio de la eficiencia técnica.

Al analizar los resultados obtenidos se observa que el presupuesto contribuye a la ETG de todas las universidades en un 100%, lo cual se debe a que se tiene un solo insumo. En el único caso de la UNALM el producto Regina (actual Renacyt) contribuye en 100% a su ETG, ya que su tasa de investigadores/presupuesto es la segunda más alta de toda la muestra, al contrario de la tasa de Matricula/presupuesto que

es baja. En los demás casos el producto Regina (Actual Renacyt) contribuye en parte a la ETG.

El producto matricula contribuye en 100% a la ETG en todas las universidades que no tienen investigadores Regina (actual Renacyt) o éstos presentan tasas bajas en relación sus presupuestos. La evaluación global indica que los productos Regina (actual Renacyt) y Matricula no contribuyen en la misma proporción a la ETG del sector universitario público del Perú, ya que el primero contribuye, en promedio, menos de la mitad (25.6%) que el segundo (74.4%) a la estimación de la eficiencia, lo cual es una evidencia que este sector educativo está más orientado a la matricula (masificación educativa) que la calidad de la investigación, medido en términos de investigadores calificados.

Cuadro 9

Contribuciones (%) de los inputs y outputs a la eficiencia técnica global por institución

Universidad	ETG	Presupuesto	Renacyt	Matrícula
UNMSM	100.0	100	74.7	25.3
UNALM	92.8	100	100.0	0.0
UNI	44.1	100	70.1	29.9
UNSAAC	49.7	100	14.0	86.0
UNT	71.8	100	55.8	44.2
UNSA	73.2	100	46.8	53.2
UNASAM	100.0	100	6.2	93.8
UNA	60.2	100	43.9	56.1
UNAP	57.6	100	42.8	57.2
UNPRG	54.7	100	0.0	100.0
UNFV	58.9	100	0.0	100.0
UNAC	76.5	100	0.0	100.0
UNHEVAL	62.7	100	0.0	100.0
UNJBG	39.1	100	13.9	86.1
UNC	46.3	100	11.3	88.7
UNP	49.3	100	0.0	100.0
UNACH	30.7	100	10.2	89.8
UNSM	37.0	100	8.9	91.1
UNSCH	61.3	100	6.6	93.4

Contribuciones (%) de los inputs y outputs a la eficiencia técnica global por institución (continuación)

Universidad	ETG	Presupuesto	Renacyt	Matrícula
UNAS	41.0	100	51.7	48.3
UNDAC	47.6	100	0.0	100.0
UNTumbes	41.8	100	53.6	46.4
UNCP	91.3	100	7.2	92.8
UNICA	42.8	100	0.0	100.0
UNH	44.0	100	11.6	88.4
UNE	32.9	100	0.0	100.0
UNFJFSC	73.6	100	0.0	100.0
UNAMBA	86.4	100	54.1	45.9
UNTRM	67.5	100	60.6	39.4
UNS	53.5	100	43.3	56.7
UNU	47.0	100	6.5	93.5
UNAJMA	33.4	100	9.9	90.1
UNAMAD	51.7	100	0.0	100.0
UNAM	24.8	100	46.1	53.9
UNIA	31.5	100	50.0	50.0
UNDC	46.4	100	12.2	87.8
UNJ	79.5	100	0.0	100.0
UNTELS	100.0	100	36.3	63.7
UNAB	74.2	100	0.0	100.0
UNAJ	23.4	100	10.6	89.4
UNF-S	55.6	100	44.9	55.1
UNAAA	28.3	100	73.4	26.6
Media			25.6	74.4

Fuente: elaboración propia.

4.4 Plan de mejoras potenciales (plan benchmarking)

La metodología DEA puede ser aplicada como una herramienta de benchmarking (Avkiran, 1999; Zhu, 2014) que ha sido utilizadas en diversos sectores económicos (Raith, Rouse y Seiford, 2019; Cotrim, Sobreiro, Kimura y Mariano, 2018), así como en el sector educativo (Portela, Camanho y Borges,2011; Thanassoulis et al., 2016; Ulucan, Atici y Ozkan, 2018), con el propósito de identificar y utilizar las instituciones o universidades líderes del sector (Benchmarks) como referentes, por ubicarse en la frontera de producción, para introducir mejoras en los procesos empresariales de las empresas ineficientes.

Como un primer paso en los procesos de benchmarking en el sector educativo es fundamental identificar las universidades lideres o benchmarks, para lo cual hace falta apropiarse de la terminología siguiente:

- Número de pares (peers): Número de universidades eficientes que forman parte del conjunto de referencia de una universidad ineficiente.

- Número de referencias: Número de veces que una universidad eficiente ha formado parte del conjunto de referencia de las universidades ineficientes.

- Conjunto de referencia: universidades que sirven de referencia para la mejora de la universidad ineficiente.

En el Cuadro 10 se muestran el número de pares, número de referencias y el conjunto de referencia para las universidades ineficientes. Allí destaca que la UNTELS, por su combinación particular de insumos y productos, es el benchmark o referente más importante, pues cumple ese rol para 28 universidades ineficientes (ver también Figura 11). En segundo lugar, está la UNASAM con 24 referencias y de tercera la UNMSM con 15 referencias (ver también Figura 11), completando así las tres universidades eficientes que sirven como modelo para las demás. Por otra parte, un grupo de universidades ineficientes que tienen dos pares de referencia (por ejemplo, la UNI tiene como pares a la UNMSM y la UNTELS), mientras que otro grupo de universidades solo tiene un par de referencia, por ejemplo, la UNALM tiene como par solo a la UNMSM. Estos pares de referencia pueden servir de guía para fijar las metas de mejoras.

Cuadro 10

Número de pares, Número de referencias y Conjunto de referencia para las universidades ineficientes

Universidad	ETG	Número de referencias	Número de pares	Conjunto de referencia	
				Par 1	Par 2
UNMSM	100.00	15	0	UNMSM	0
UNALM	92.76	0	1	UNMSM	0
UNI	44.13	0	2	UNMSM	UNTELS
UNSAAC	49.71	0	2	UNASAM	UNTELS
UNT	71.78	0	2	UNMSM	UNTELS
UNSA	73.17	0	2	UNMSM	UNTELS
UNASAM	100.00	24	0	UNASAM	0
UNA	60.21	0	2	UNMSM	UNTELS
UNAP	57.58	0	2	UNMSM	UNTELS
UNPRG	54.73	0	1	UNASAM	0
UNFV	58.88	0	1	UNASAM	0
UNAC	76.49	0	1	UNASAM	0
UNHEVAL	62.70	0	1	UNASAM	0
UNJBG	39.11	0	2	UNASAM	UNTELS
UNC	46.26	0	2	UNASAM	UNTELS
UNP	49.34	0	1	UNASAM	0
UNACH	30.67	0	2	UNASAM	UNTELS
UNSM	37.01	0	2	UNASAM	UNTELS
UNSCH	61.28	0	2	UNASAM	UNTELS
UNAS	41.03	0	2	UNMSM	UNTELS
UNDAC	47.60	0	1	UNASAM	0
UNTumbes	41.78	0	2	UNMSM	UNTELS
UNCP	91.26	0	2	UNASAM	UNTELS
UNICA	42.84	0	1	UNASAM	0
UNH	44.02	0	2	UNASAM	UNTELS
UNE	32.89	0	1	UNASAM	0
UNFJFSC	73.58	0	1	UNASAM	0
UNAMBA	86.35	0	2	UNMSM	UNTELS
UNTRM	67.50	0	2	UNMSM	UNTELS
UNS	53.45	0	2	UNMSM	UNTELS
UNU	46.98	0	2	UNASAM	UNTELS
UNAJMA	33.42	0	2	UNASAM	UNTELS
UNAMAD	51.71	0	1	UNASAM	0
UNAM	24.77	0	2	UNMSM	UNTELS
UNIA	31.51	0	2	UNMSM	UNTELS
UNDC	46.41	0	2	UNASAM	UNTELS

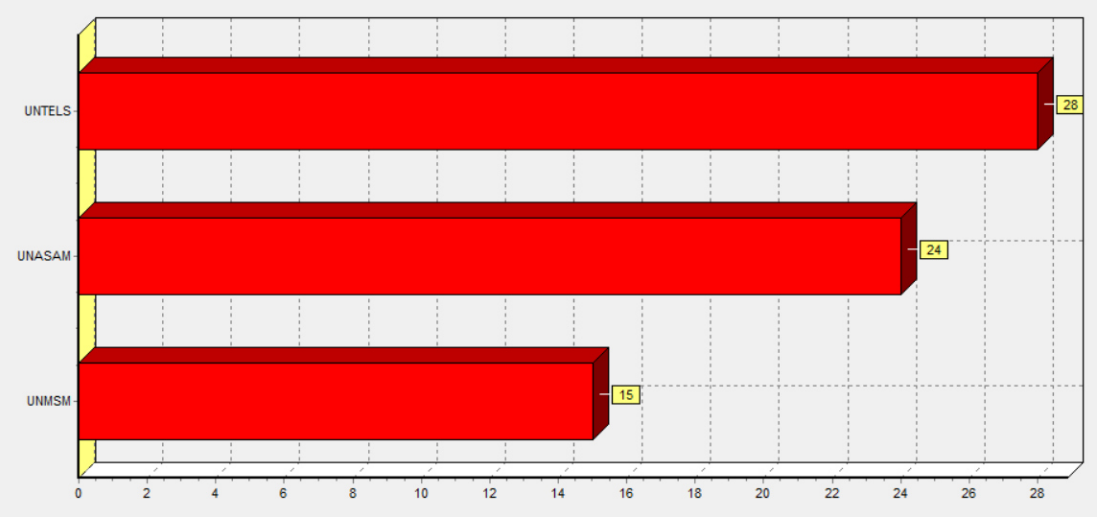
Número de pares, Número de referencias y Conjunto de referencia para las universidades ineficientes (continuación)

Universidad	ETG	Número de referencias	Número de pares	Conjunto de referencia	
				Par 1	Par 2
UNJ	79.54	0	1	UNASAM	0
UNTELS	100.00	28	0	UNTELS	0
UNAB	74.24	0	1	UNASAM	0
UNAJ	23.35	0	2	UNASAM	UNTELS
UNF-S	55.59	0	2	UNMSM	UNTELS
UNAAA	28.25	0	2	UNMSM	UNTELS

Fuente: elaboración propia.

Figura 11

Número de referencias de las universidades eficientes



Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 11 se muestra el plan benchmarking de mejoras potenciales de insumos para el sector de la educación universitaria pública del Perú (MM de soles), que obviamente está elaborado para las universidades ineficientes, pues las que resultan eficientes no requieren modificaciones en sus procesos productivos. Debido a que el modelo formulado en esta investigación está orientado a maximizar los productos, ninguna de las universidades estudiadas requiere cambios

en el nivel de insumos, ya que no ocurren excesos denominados holguras, en cuyo caso algunas universidades ineficientes, además de aumentar sus producciones, tendrían que reducir insumos excedentes (Coll y Blasco, 2006).

Cuadro 11

Plan benchmarking de mejoras potenciales de insumos para 42 universidades pública peruanas (millones de soles)

Universidad	ETG	Nivel actual de insumos	Metas de insumos
		Presupuesto (MM de soles)	Presupuesto (MM de soles)
UNMSM	100.0	418.7	418.7
UNALM	92.8	130.6	130.6
UNI	44.1	252.8	252.8
UNSAAC	49.7	174.3	174.3
UNT	71.8	156.3	156.3
UNSA	73.2	189.2	189.2
UNASAM	100.0	49.1	49.1
UNA	60.2	177.3	177.3
UNAP	57.6	77.0	77.0
UNPRG	54.7	109.6	109.6
UNFV	58.9	154.5	154.5
UNAC	76.5	79.9	79.9
UNHEVAL	62.7	68.2	68.2
UNJBG	39.1	74.5	74.5
UNC	46.3	77.4	77.4
UNP	49.3	145.8	145.8
UNACH	30.7	16.2	16.2
UNSM	37.0	61.7	61.7
UNSCH	61.3	74.9	74.9
UNAS	41.0	52.6	52.6
UNDAC	47.6	66.9	66.9
UNTumbes	41.8	44.9	44.9
UNCP	91.3	99.9	99.9
UNICA	42.8	118.3	118.3
UNH	44.0	59.4	59.4
UNE	32.9	85.1	85.1
UNFJFSC	73.6	80.4	80.4
UNAMBA	86.4	21.5	21.5
UNTRM	67.5	43.7	43.7
UNS	53.5	33.8	33.8
UNU	47.0	49.8	49.8
UNAJMA	33.4	15.3	15.3
UNAMAD	51.7	24.3	24.3
UNAM	24.8	29.4	29.4

Plan benchmarking de mejoras potenciales de insumos para 42 universidades pública peruanas (millones de soles) (continuación)

Universidad	ETG	Nivel actual de insumos	Metas de insumos
		Presupuesto (MM de soles)	Presupuesto (MM de soles)
UNIA	31.5	21.3	21.3
UNDC	46.4	9.0	9.0
UNJ	79.5	8.1	8.1
UNTELS	100.0	12.3	12.3
UNAB	74.2	8.9	8.9
UNAJ	23.4	20.5	20.5
UNF-S	55.6	9.0	9.0
UNAAA	28.3	5.4	5.4

Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro 12 se presenta el plan benchmarking de mejoras potenciales de producción para para 42 universidades públicas peruanas, que obviamente también está formulado para universidades ineficientes, pues las instituciones eficientes no requieren cambios en sus procesos productivos. Asumiendo el hecho de que el modelo desarrollado en la actual investigación se orienta a maximizar la producción, se explican detalladamente estos resultados con un caso, así por el ejemplo, la UNALM, cuya ineficiencia es de 7.2% (100%-92.8%) y para revertir esta situación debería aumentar el número de investigadores adscritos al programa Regina (Actual Renacyt) de 81 que posee a una cifra de 87, que representa un aumento en cantidad de investigadores de 6 y en porcentaje asciende a 7.8 (ver Cuadros 12 y 13). Asimismo, su matrícula debería ascender de 7,303 estudiantes a 12,790; que equivalen a un incremento de 5487 estudiantes un aumento de 75.1%.

En el caso de las universidades que no tienen investigadores adscritos al programa Regina (Actual Renacyt), los incrementos son muy grandes, puesto que se les asignó un valor muy pequeño para para subsanar el problema de tener ceros, el cual impide una solución factible en los modelos DEA. Por ello, es que, por ejemplo, para la UNE, pasar de valores decimales a 10 investigadores Regina (Actual

Renacyt), representa un porcentaje exorbitante, sin embargo, esto no tiene implicaciones en la validez del resultado, puesto que lo relevante es que, de tener cero investigadores, se le fija una meta de 10 investigadores para superar su ineficiencia.

En síntesis, en el contexto de las universidades públicas peruanas se requieren incrementos de 53.4% de investigadores Regina (de 772 a 1,183 investigadores) y de un 69.9% (de 427,251 a 726,060 estudiantes) en la matricula, para convertir a las universidades ineficientes en eficientes.

Cuadro 12

Plan benchmarking de mejoras potenciales de producción para 42 universidades públicas peruanas

		Nivel actual de productos (cantidades)		Metas de productos (cantidades)	
Universidad	ETG	Renacyt	Matrícula	Renacyt	Matrícula
UNMSM	100.0	280	41011	280	41011
UNALM	92.8	81	7303	87	12790
UNI	44.1	70	12914	159	29267
UNSAAC	49.7	24	21988	48	44237
UNT	71.8	56	19215	78	26769
UNSA	73.2	58	28520	79	38977
UNASAM	100.0	6	13603	6	13603
UNA	60.2	42	23175	70	38489
UNAP	57.6	17	9819	30	17052
UNPRG	54.7	6	16618	13	30361
UNFV	58.9	1	25201	19	42800
UNAC	76.5	4	16921	10	22121
UNHEVAL	62.7	0	11838	8	18880
UNJBG	39.1	8	7401	20	18925
UNC	46.3	8	9381	17	20277
UNP	49.3	6	19933	18	40399
UNACH	30.7	1	1319	3	4300
UNSM	37.0	4	6138	11	16586
UNSCH	61.3	6	12649	10	20642
UNAS	41.0	10	4033	24	9829
UNDAC	47.6	1	8825	8	18541
UNTumbes	41.8	9	3372	22	8071
UNCP	91.3	13	24977	14	27368
UNICA	42.8	4	14045	14	32781

Plan benchmarking de mejoras potenciales de producción para 42 universidades públicas peruanas (continuación)

		Nivel actual de productos (cantidades)		Metas de productos (cantidades)	
Universidad	ETG	Renacyt	Matrícula	Renacyt	Matrícula
UNH	44.0	6	6818	14	15489
UNE	32.9	0	7753	10	23575
UNFJFSC	73.6	0	16390	10	22275
UNAMBA	86.4	9	3298	10	3819
UNTRM	67.5	16	4501	24	6669
UNS	53.5	7	3971	13	7429
UNU	47.0	3	6462	6	13754
UNAJMA	33.4	1	1356	3	4058
UNAMAD	51.7	0	3475	3	6721
UNAM	24.8	3	1518	12	6130
UNIA	31.5	3	1299	10	4122
UNDC	46.4	1	1077	2	2320
UNJ	79.5	0	1783	1	2242
UNTELS	100.0	4	3034	4	3034
UNAB	74.2	0	1835	1	2472
UNAJ	23.4	1	1263	4	5409
UNF-S	55.6	2	1062	4	1910
UNAAA	28.3	1	157	4	556
Total		772	427251	1183	726060

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 13

Plan benchmarking de mejoras potenciales de producción para 42 universidades peruanas (porcentaje y diferencias en cantidades)

		Porcentajes		**Diferencias (cantidades)**	
Universidad	**ETG**	**Renacyt**	**Matrícula**	**Renacyt**	**Matrícula**
UNMSM	100.0	0.0	0.0	0	0
UNALM	92.8	7.8	75.1	6	5487
UNI	44.1	126.6	126.6	89	16353
UNSAAC	49.7	101.2	101.2	24	22249
UNT	71.8	39.3	39.3	22	7554
UNAS	73.2	36.7	36.7	21	10457
UNSA	100.0	0.0	0.0	0	0
UNA	60.2	66.1	66.1	28	15314
UNAP	57.6	73.7	73.7	13	7233
UNPRG	54.7	123.2	82.7	7	13743

Plan benchmarking de mejoras potenciales de producción para 42 universidades peruanas (porcentaje y diferencias en cantidades) (continuación)

		Porcentajes		Diferencias (cantidades)	
Universidad	**ETG**	**Renacyt**	**Matrícula**	**Renacyt**	**Matrícula**
UNFV	58.9	1787.8	69.8	18	17599
UNAC	76.5	143.9	30.7	6	5200
UNHEVAL	62.7	832640.4	59.5	8	7042
UNJBG	39.1	155.7	155.7	12	11524
UNC	46.3	116.1	116.1	9	10896
UNP	49.3	197.0	102.7	12	20466
UNACH	30.7	226.0	226.0	2	2981
UNSM	37.0	170.2	170.2	7	10448
UNSCH	61.3	63.2	63.2	4	7993
UNAS	41.0	143.7	143.7	14	5796
UNDAC	47.6	717.8	110.1	7	9716
UNTumbes	41.8	139.4	139.4	13	4699
UNCP	91.3	9.6	9.6	1	2391
UNICA	42.8	261.5	133.4	10	18737
UNH	44.0	127.2	127.2	8	8671
UNE	32.9	1039739.5	204.1	10	15822
UNFJFSC	73.6	982396.5	35.9	10	5885
UNAMBA	86.4	15.8	15.8	1	521
UNTRM	67.5	48.2	48.2	8	2168
UNS	53.5	87.1	87.1	6	3458
UNU	47.0	112.8	112.8	3	7292
UNAJMA	33.4	199.2	199.2	2	2702
UNAMAD	51.7	296330.7	93.4	3	3246
UNAM	24.8	303.8	303.8	9	4612
UNIA	31.5	217.3	217.3	7	2823
UNDC	46.4	115.5	115.5	1	1243
UNJ	79.5	98780.0	25.7	1	459
UNTELS	100.0	0.0	0.0	0	0
UNAB	74.2	108921.3	34.7	1	637
UNAJ	23.4	328.3	328.3	3	4146
UNF-S	55.6	79.9	79.9	2	848
UNAAA	28.3	254.0	254.0	3	399
Total				412	298808

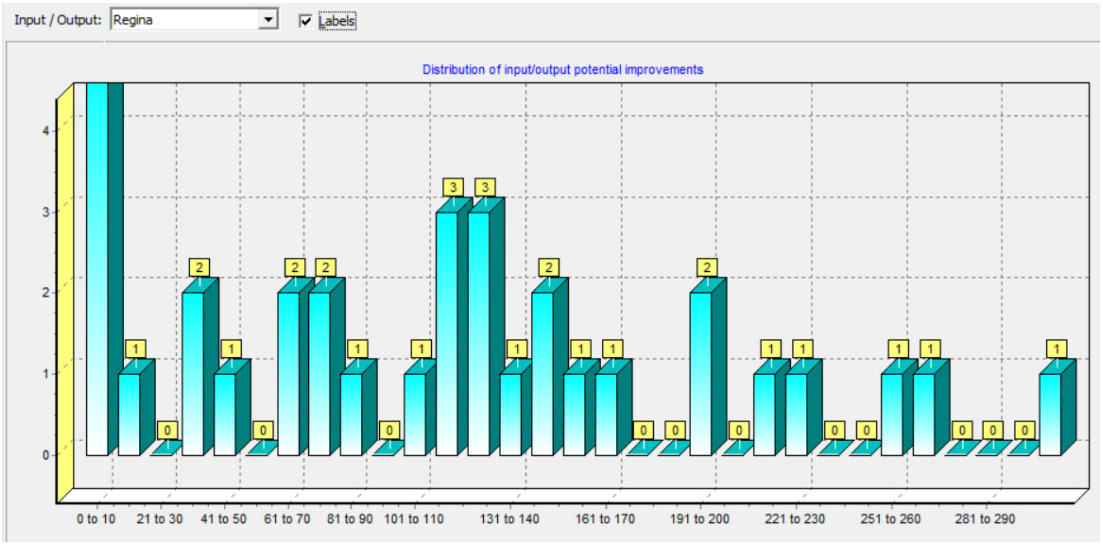
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 12 se presenta la distribución de los porcentajes de mejora del output regina (Actual Renacyt) de las universidades públicas

peruanas, donde destaca que el grupo más grande se ubica en el segmento de mejoras de 0 a 10%, seguido del segmento de mejoras de 111 a 130. Esta gráfica fue elaborada directamente con el software Frontier Analyst.

Figura 12

Distribución de los porcentajes de mejora del output regina (Actual Renacyt)

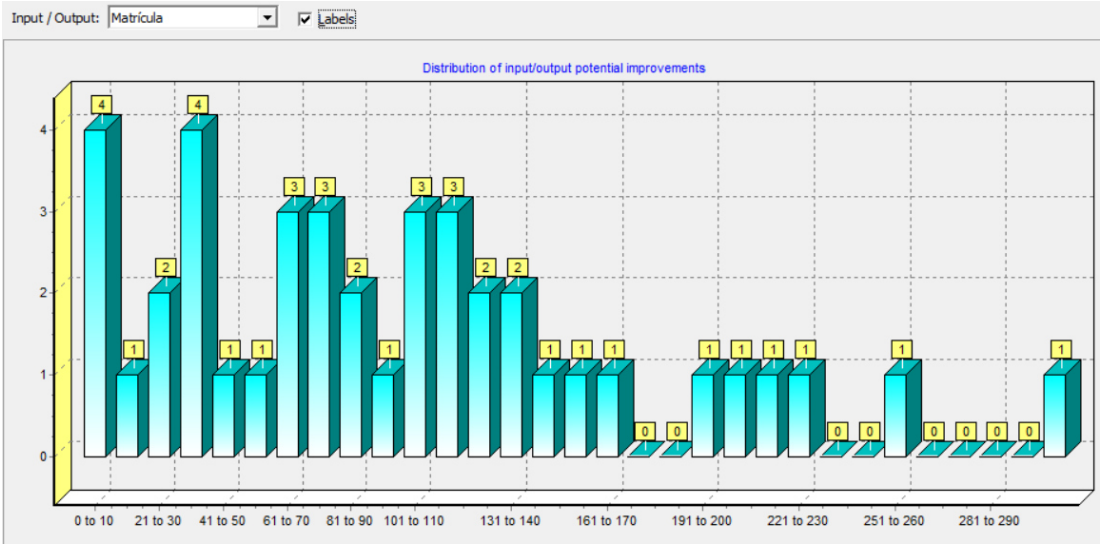


Fuente: elaboración propia.

En la Figura 13 se muestra la distribución de los porcentajes de mejora del output matrícula de la universidad pública peruana, donde destaca que los grupos más grandes se concentran en los segmentos de mejoras de 0 a 10% y en el de 31 a 40.

Figura 13

Distribución de los porcentajes de mejora del output matrícula



Fuente: elaboración propia.

4.5 Relación entre la ET de las universidades públicas peruanas con variables de tiempo y calidad de la institución.

La variable tiempo corresponde a la antigüedad o años de fundada que tiene la universidad para el año de acopio de la información requerida para estimar la eficiencia técnica (año 2016) tal como se muestra en la Cuadro 14. Por otro lado, la calidad de la institución educativa fue medida con una variable proxy, como es el puesto que ocupa en el ranking de universidades elaborado por el CSIC (2019), el cual va de 1 a 25,000; siendo 1 valor más deseable. Por ello, con el fin de establecer relaciones positivas con la ETG se optó por invertir los valores del ranking, aplicando la función inversa (1/ranking), luego se determinó la participación relativa (en porcentaje) de cada universidad en el total de los valores de la función inversa (se denominó Índice de Ranking mundial (%), lo cual garantiza que a mayor valor corresponde una mayor calidad de la institución educativa (Cuadro 14).

Cuadro 14

ETG y variables de tiempo y calidad de la universidad

Nro	SIGLAS	ETG	Antigüedad	Índice de Ranking mundial (%)	Ranking en el Perú	Ranking Mundial	1/ Ranking Mundial
1	UNMSM	100.0	465	12.73	2	1470	0.0006800
2	UNALM	92.8	114	6.31	4	2966	0.0003370
3	UNI	44.1	140	6.15	5	3044	0.0003290
4	UNSAAC	49.7	324	5.45	7	3432	0.0002910
5	UNT	71.8	32	5.15	9	3631	0.0002750
6	UNSA	73.2	188	4.05	15	4623	0.0002160
7	UNASAM	100.0	39	3.13	23	5982	0.0001670
8	UNA	60.2	160	3.06	25	6125	0.0001630
9	UNAP	57.6	55	3.01	27	6225	0.0001610
10	UNPRG	54.7	46	2.82	28	6647	0.0001500
11	UNFV	58.9	53	2.71	30	6918	0.0001450
12	UNAC	76.5	50	2.66	31	7027	0.0001420
13	UNHEVAL	62.7	52	2.47	32	7585	0.0001320
14	UNJBG	39.1	45	2.34	34	8013	0.0001250
15	UNC	46.3	54	2.31	35	8109	0.0001230
16	UNP	49.3	55	2.17	39	8642	0.0001160
17	UNACH	30.7	6	2.07	43	9036	0.0001110
18	UNSM	37.0	37	1.81	45	10319	0.0000970
19	UNSCH	61.3	339	1.69	47	11088	0.0000900
20	UNAS	41.0	52	1.61	50	11590	0.0000860
21	UNDAC	47.6	51	1.56	52	11967	0.0000840
22	UNTumbes	41.8	32	1.54	53	12146	0.0000820
23	UNCP	91.3	57	1.53	56	12222	0.0000820
24	UNICA	42.8	61	1.49	58	12578	0.0000800
25	UNH	44.0	26	1.49	59	12595	0.0000790
26	UNE	32.9	194	1.45	61	12865	0.0000780
27	UNFJFSC	73.6	48	1.44	62	12965	0.0000770
28	UNAMBA	86.4	16	1.38	66	13566	0.0000740
29	UNTRM	67.5	15	1.37	67	13617	0.0000730
30	UNS	53.5	32	1.37	68	13653	0.0000730
31	UNU	47.0	37	1.31	72	14293	0.0000700
32	UNAJMA	33.4	12	1.25	77	15023	0.0000670
33	UNAMAD	51.7	16	1.14	82	16366	0.0000610
34	UNAM	24.8	11	1.11	87	16867	0.0000590
35	UNIA	31.5	16	0.97	97	19332	0.0000520
36	UNDC	46.4	7	0.90	107	20754	0.0000480
37	UNJ	79.5	8	0.87	112	21602	0.0000460
38	UNTELS	100.0	15	0.85	115	22067	0.0000450
39	UNAB	74.2	6	0.85	116	22078	0.0000450
40	UNAJ	23.4	9	0.85	117	22095	0.0000450
41	UNF-S	55.6	6	0.81	123	23112	0.0000430
42	UNAAA	28.3	9	0.77	136	24174	0.0000410
	Total			100.00			0.0053430

Fuente: elaboración propia.

Luego se estimó la correlación Rho de Spearman entre el ranking mundial de universidades peruanas y el índice de ranking mundial (%)

a fin de corroborar la validez de este último índice, que se propone en la presente investigación para establecer correlaciones positivas entre calidad y eficiencia técnica (Cuadro 15). Los resultados evidencian que el índice de ranking mundial es apropiado para medir la calidad de las universidades, pues presenta una correlación negativa perfecta con el ranking de universidades, por tanto, a un mayor valor del índice de ranking mundial corresponde un mayor nivel de calidad de la institución educativa. Se empleó la correlación Rho de Spearman debido a que la variable índice de ranking mundial no se ajusta a una distribución normal y es una variable ordinal.

Cuadro 15

Correlación Rho de Spearman entre ranking mundial de universidades peruanas e índice de ranking mundial

		Índice de ranking de universidades	Ranking Mundial
Índice de ranking de universidades	Coeficiente de correlación	1.000	-1,000**
	Sig. (bilateral)		--
Ranking Mundial	Coeficiente de correlación	-1,000**	1.000
	Sig. (bilateral)	--	

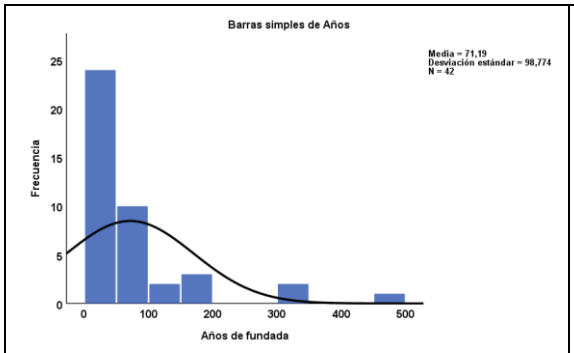
** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).
N= 42 universidades
Fuente: elaboración propia.

La variable antigüedad presenta una media de 71.9 años y una desviación estándar de 98.77 años; variabilidad que es ocasionada principalmente por la UNMSM, que tiene 465 años de fundada, seguida por la UNSAAC con 324 años, lo que contrasta con el surgimiento en periodos más recientes de un importante número de universidades públicas. Por esta razón la variable antigüedad no presenta una distribución normal (Figura 14).

Por su parte, la variable calidad de la institución educativa, medida por índice de ranking de universidades tampoco presenta una distribución normal (Figura 14).

Figura 14

Histograma de las variables antigüedad y ranking de universidades



Antigüedad de la universidad | Ranking de universidades

Fuente: elaboración propia.

Con el test de Shapiro-Wilk (Cuadro 16) se corroboró estadísticamente que las variables experiencia (Antigüedad) y calidad educativa (índice de ranking) de la institución no presentan distribuciones normales ($p<0.05$), por lo cual se correlacionaron con la ETG mediante el coeficiente Rho de Spearman.

Cuadro 16

Test de normalidad para las variables antigüedad, Ranking de la institución y ETG

	Shapiro-Wilk		
Variables	Estadístico	gl	Sig.
ETG	0.948	42	0.054
Antigüedad	0.634	42	0.000
Índice de ranking mundial	0.657	42	0.000

Fuente: elaboración propia.

4.5.1. Relación entre la ET de las universidades públicas peruanas con la variable antigüedad

En primer lugar, se verifica la relación entre la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas con el tiempo de fundada que tiene la institución educativa. Con ello se pretende contrastar la hipótesis siguiente:

Ho: La eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas no se relaciona con la antigüedad de la institución

H1: La eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas se relaciona positivamente con la antigüedad de la institución.

Debido a que la Correlación Rho de Spearman entre ETG y Antigüedad arrojó un valor Rho de 0.232, con un nivel de significación de 0.140 (Cuadro 17), no se puede rechazar la hipótesis nula y, por tanto, se puede afirmar con un 95% de confianza ($p>0.05$) que la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas no se relaciona con la antigüedad de la institución. La poca relación entre ETG y Antigüedad también se observa gráficamente en la figura 15.

Cuadro 17

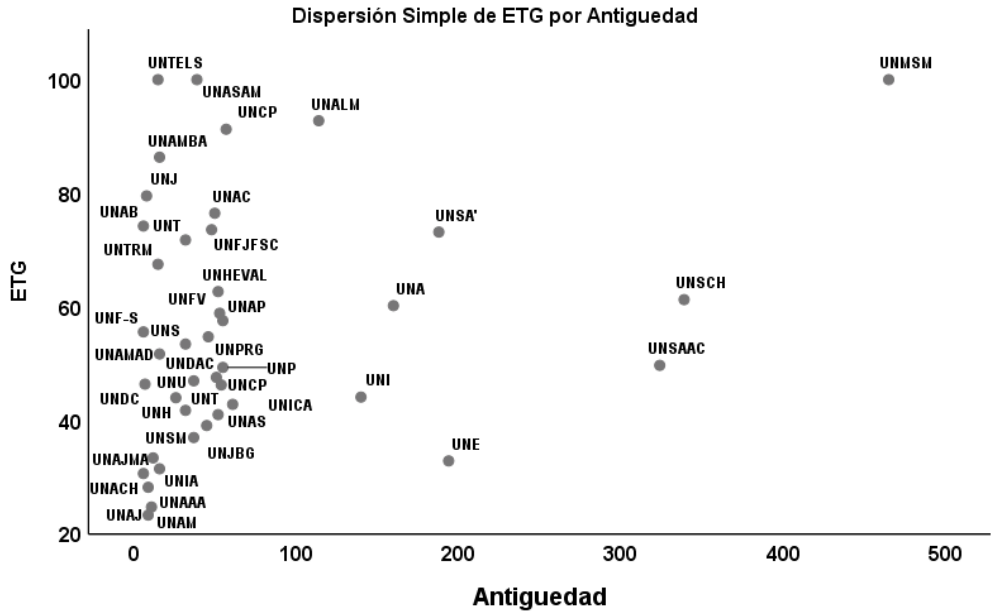
Correlación Rho de Spearman entre ETG y Antigüedad

		ETG	Antigüedad
ETG	Coeficiente de correlación	1.000	0.232
	Sig. (bilateral)		0.140
Antigüedad	Coeficiente de correlación	0.232	1.000
	Sig. (bilateral)	0.140	

N= 42 universidades
Fuente: elaboración propia.

Figura 15

Gráfico de dispersión de ETG y antigüedad de la institución educativa



Fuente: elaboración propia.

4.5.2. Relación entre la ET de las universidades públicas peruanas con la calidad de la institución educativa

En segundo lugar, se verifica la relación entre la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas con la calidad de la institución educativa. Con ello se pretende contrastar la hipótesis siguiente:

Ho: La eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas no se relaciona con la calidad de la institución educativa.
H1: La eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas se relaciona positivamente con la calidad de la institución educativa.

Debido a que la Correlación Rho de Spearman entre ETG e índice de ranking de universidades arrojó un valor Rho de 0.298, con un nivel de significación de 0.055 (Cuadro 18), no se puede rechazar

la hipótesis nula y, por tanto, se puede afirmar con un 95% de confianza (p>0.05) que la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas no se relaciona con la calidad de la institución educativa. La poca relación entre ETG e índice de ranking de universidades también se observa gráficamente en la figura 16.

Cuadro 18

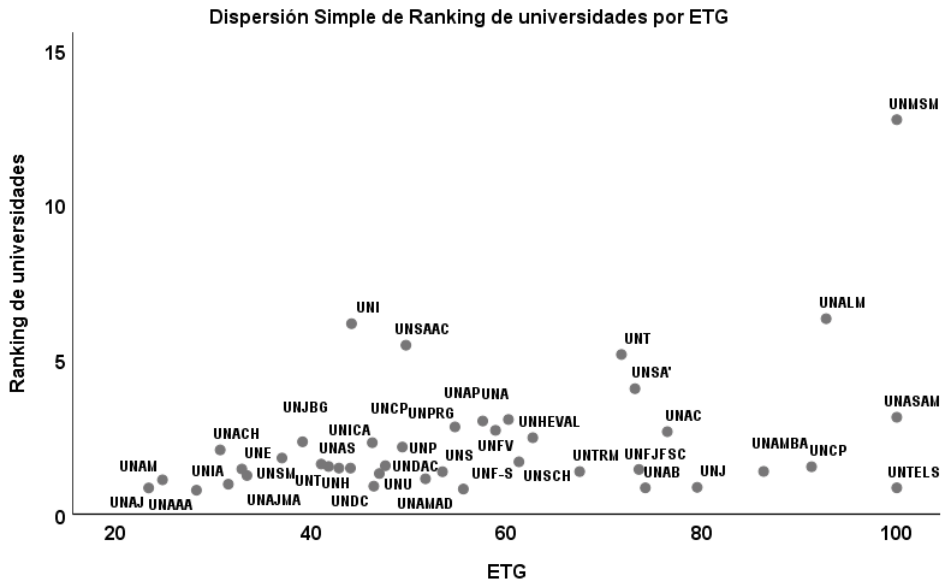
Correlación Rho de Spearman entre ETG e índice de ranking de universidades

		ETG	Índice de ranking de universidades
ETG	Coeficiente de correlación	1.000	0.298
	Sig. (bilateral)		0.055
Índice de ranking de universidades	Coeficiente de correlación	0.298	1.000
	Sig. (bilateral)	0.055	

N= 42 universidades
Fuente: elaboración propia.

Figura 16

Gráfico de dispersión de ETG y ranking de la institución educativa



Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

Estudiar el sector educativo y, en especial, la educación superior, es de suma importancia, ya que se han dictado lineamientos de política pública destinados a la mejora de la educación superior, por parte de instituciones internacionales y nacionales de prestigio como la UNESCO, UNICEF, Banco Mundial, UNFPA, PNUD (2015) y la SUNEDU (Arias, 2019), por citar algunas. La concreción de estos lineamientos permitiría aprovechar las grandes ventajas comparativas y competitivas, así como el logro del desarrollo sostenible en el Perú.

Uno de los principales problemas que se confronta para analizar la eficiencia en universidades es que, en la literatura, existe una considerable variedad de insumos y productos (Huamaní et al., 2016; Nieto, 2016; Blanco, Bares y Hrynevych, 2019; Shamohammadi y Oh, 2019; Mojahedian et al. 2020), incluso dificultades para la medición de los mismos en algunos casos (Gómez, 2012; Ayaviri y Zamora, 2016; Buitrago et al. 2017). Por ello, se optó por emplear el modelo de Ramírez y Alfaro (2013), con una pequeña modificación para medir la función de investigación, el cual fue evaluado exitosamente en universidades chilenas. En dicho modelo, otros insumos como los docentes, estimado por la partida de sus remuneraciones, tiene una alta correlación con el presupuesto, lo cual desaconseja su utilización, pues es muy poco lo que aporta a los resultados. Asimismo, el modelo se desarrolló orientado a los productos, tal como se acostumbra en el sector universitario, debido principalmente a que, por lo general, los insumos no son controlados por las universidades estudiadas, que es más obvio en instituciones públicas que, al ser financiadas por el Estado, su objetivo principal se centra en demostrar el mejor valor posible en los outputs (Buitrago et al., 2017).

Luego de justificar el modelo a emplear, se determinaron las fronteras de producción de los modelos de RCE y RVE, tal como se ha hecho en estudios previos (García y Palomares (2008); Agasisti et al. (2011); Buitrago et al. 2017).

Por otra parte, se aceptó la hipótesis según la cual las universidades públicas peruanas presentan funciones de producción de rendimientos constantes a escala. Para ello, en la presente investigación se demostró estadísticamente cuál de las fronteras de producción es la más apropiada, tal como lo hizo Martín (2008), ya en estudios sobre eficiencia se han calculado los dos tipos de frontera, sin demostrar estadísticamente cual predomina (Haider et al. 2019). Esta demostración se realizó con base en un test estadístico no paramétrico, que permitió comprobar que prevalecen los RCE, modelo que ha sido empleado por otros autores (Pino et al. 2010).

La ET de las universidades públicas del Perú durante el año 2016, bajo el enfoque RCE (índice ETG), y modelo orientado a los productos se estimó en promedio en 56.8%, en tanto que para los rendimientos variables a escala o RVE (índice ETP) fue superior, al alcanzar el valor de 65.4%, tal como lo predice la teoría de los modelos DEA (Haider et al., 2019). Por su parte, el índice de eficiencia de escala promedio (EE=88.6%) refleja un nivel relativamente importante de ineficiencia debidas a que 27 universidades (64.3%) están produciendo por debajo de la escala óptima (con rendimientos a escala crecientes) y nueve (21.4%) operan por encima del óptimo (con rendimientos a escala decrecientes). La mediana indica que el 50% de las universidades opera a una ETG de 52.6 %, lo cual también evidencia que las ineficiencias con respecto a los RCE son significativas para el sector.

El valor promedio de la ETG (56.8%) son bajos en comparación con los reportados por otros autores, aunque contextos diferentes. Así, por ejemplo, Ramírez y Alfaro (2013) reportaron una eficiencia promedio de 80.89% en universidades públicas y privadas de Chile. Un valor muy cercano fue obtenido por Navarro et al. (2016) al aplicar un modelo DEA a un grupo de 32 universidades públicas de México y obtener una ETG promedio de 80.7%. Por su parte, Alabdulmenem, (2017) en un estudio sobre universidades públicas de Arabia Saudita, aunque no muestra el promedio de la ET indica que 15 de las 25 son eficientes, lo cual indica un promedio relativamente alto, y, de hecho, el valor mínimo de ET es 0.47, superior al reportado en la presente investigación de ETG=23.4%, donde solo tres universidades resultaron

eficientes. Valores de ETG más altos también se observan en el trabajo de Visbal y Palacios (2005), ya que un estudio sobre 30 universidades públicas colombianas, encontraron que 10 eran eficientes, con una ETG promedio de 68.04%, aunque hubo mayor variabilidad, pues el valor mínimo de ETG fue 15.44%.

En el ámbito peruano, Nunez y Cornejo (2018) en un estudio de eficiencia de 42 universidades públicas y privadas reportaron valores de eficiencia de 55.2% y 58.9%, para las universidades públicas en dos de los cuatro modelos de DEA que evaluaron, cifras superiores a las reportadas para las instituciones privadas, y que son muy similares a los obtenidos en la presente investigación, lo que confirma la existencia de un sector educativo muy heterogéneo.

Confirmado el modelo de RCE se elaboró una matriz que sirvió de base para clasificar a las instituciones en cuatro categorías según sus orientaciones estratégicas (alta o baja) hacia la investigación y masificación educativa de 42 universidades públicas del Perú, segmentada con base en los valores promedios de cada variable analizada: en el eje y el número de investigadores Regina (actual Renacyt) por cada 100MM de soles de presupuesto, y en el eje x la cantidad de estudiantes matriculados por cada millón de soles de presupuesto. En la variable y por encima de la media se considera que la institución posee una alta orientación a la investigación y por debajo una baja orientación. En el caso de la variable x por encima de la media se considera que la institución posee una alta orientación a la masificación educativa (alto nivel de matrícula estudiantil), y por debajo se estima como baja orientación, lo cual refleja una dicotomía que está muy presente la educación superior, especialmente latinoamericana (Cabrera, Pérez y López, 2014; García de Fanelli, 2017). Los resultados evidencian que un grupo de universidades con alta orientación a la investigación (encabezadas por la UNMSM y la UNALM) y baja orientación a la masificación. En otro grupo están las instituciones con orientación a la investigación y a la masificación, lideradas por la UNTELS. Un tercer grupo lo conforman las universidades con baja orientación a la investigación, pero alta orientación a la masificación, que son encabezados

por la UNASAM y, finalmente, un cuarto grupo incluye las universidades con baja orientación tanto a la investigación como a la masificación, que es la peor situación de los cuatro tipos de desempeño mostrados. Este panorama, que refleja debilidades en la calidad de la educación universitaria peruana medida por el nivel de investigación ha sido reportado por diversos investigadores (Lavalle, 2017; Nunez y Cornejo, 2018). Por ello, autores como Arias (2019) consideran que la investigación es un requisito esencial para el avance de la calidad en las universidades peruanas, pues la universidad moderna, se caracteriza por su dedicación a la investigación, seguida por la formación de profesionales a nivel de pregrado y postgrado (Ayaviri y Zamora, 2016; Khamala, Makori y Njiraine, 2018). En esta misma línea, Kubak, Bacik y Gavurova (2017) sostienen que la calidad de la educación superior de una universidad depende de la calidad de la investigación científica de sus empleados que, en países como Checoslovaquia, puede servir de base para la entrega de subsidios estatales.

En esta misma línea, se observó una gran brecha en investigación entre las universidades públicas, ya que, por ejemplo, la UNMSM líder en esta variable registró 280 investigadores, una cifra 3.5 veces mayor que la UNALM que se ubica en segundo lugar y, en el último escalón, seis universidades no tienen investigadores, lo que contribuyó a una media 18.4 investigadores/institución para el año 2016. Una segunda brecha se hace patente cuando se observa que en el grupo de universidades pertenecientes al cuadrante II de la MOEIM donde se ubican las dos universidades con mayor orientación a la investigación (UNMSM y UNALM), que sumadas a la UNI, conforman un núcleo de tres universidades limeñas en un grupo de once instituciones mientras que en el cuadrante III, donde se ubican las universidades menos competitivas, todas son de provincias, algunas de las cuales están muy distantes de la capital del país, lo cual refleja desigualdades territoriales que influyen en la eficiencia en el uso de los recursos aplicados en las universidades.

Una tercera brecha se manifiesta al comparar este sector educativo con sus pares de otros países, debido a que el Perú tenía apenas un investigador por

cada 5,000 personas de la Población Económicamente Activa (PEA) para el año 2017, cifras muy deficientes, ya que, por ejemplo, Brasil tenía 11 veces más esa cifra y en América Latina y el Caribe 6 veces más (Concytec, 2017). Como una de las causas más importantes de esta situación deficitaria destaca que el Perú apenas invierte en investigación y desarrollo un 0.08% del Producto Bruto Interno (PBI), lo cual representa cifra muy por debajo de países como México (0.54%), Chile (0.38%) y Colombia (0.25%), por mostrar solo algunos referentes (Concytec, 2017).

En esta investigación también se verificó una segunda hipótesis para relacionar la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas con la experiencia de la institución educativa (años de fundada). El resultado obtenido al aplicar el test de correlación de Spearman (Rho) indica que la ET de las universidades públicas peruanas no se relaciona con la experiencia de la institución ($p>0.05$). Este resultado confirma los hallazgos de Coria (2019), quien no encontró relación entre la eficiencia técnica de las universidades argentinas de gestión estatal y la antigüedad de las mismas.

Igualmente, se planteó una hipótesis para relacionar la ET de las universidades públicas peruanas con la calidad de la institución educativa, medido con el ranking de universidades elaborado por el CSIC (2019). El resultado obtenido al aplicar el test de correlación de Spearman (Rho) permite afirmar que la ET de las universidades públicas peruanas no se relaciona con la calidad de la institución educativa ($p>0.05$). Este resultado no coincide con los de otros investigadores que, si reportaron una relación positiva entre la eficiencia y los rankings de universidades, entre ellos el ranking de Shangai (Blanco, Bares y Hrynevych, 2019), quizás por el hecho que abordaron las 50 mejores universidades del mundo. Asimismo, Huamaní et al. (2016) asoman la factibilidad de esta relación, ya que el lugar que se ocupa en los rankings es un sólido indicador de calidad educativa (Lavalle y de Nicolas, 2017).

Finalmente, se propuso un plan de mejoras potenciales (plan benchmarking) con base en la metodología DEA, la cual puede ser aplicada como una herramienta de benchmarking (Avkiran, 1999; Zhu, 2014, p. 131), particularmente en el caso de las universidades (Shamohammadi y Oh, 2019),

que fue suficientemente demostrado, pues se pudo identificar las universidades eficientes que funcionarían como líderes del sector (Benchmarks) para las universidades ineficientes, a fin de revertir la situación de desventaja competitiva que presentan. Asimismo, se determinaron con gran detalle los incrementos de productos que son necesarios para revertir las ineficiencias de las universidades, que representarían sus metas a lograr para ubicarse en la frontera de producción.

La no inclusión de las publicaciones o patentes desarrolladas por las universidades se considera una limitación de este estudio, por lo cual deben abordarse en futuras investigaciones. Solo están disponibles los datos procesados en los portales institucionales. También se pueden incluir más insumos y productos, a fin de comparar sus resultados con los del presente modelo de pocas variables y, adicionalmente, es relevante comparar la educación pública con la privada.

CONCLUSIONES

1. Las universidades públicas peruanas presentan funciones de producción de desempeño constante a escala (ETG = 56.8%), modelo que sirvió de base para clasificar a las instituciones en cuatro categorías según sus orientaciones estratégicas (alta o baja) hacia la investigación o masificación educativa.
2. La ET de las universidades públicas peruanas no está relacionada con la experiencia (Antigüedad) de la institución, resultado obtenido al aplicar el test de correlación de Spearman. Este resultado confirma los hallazgos previos.
3. Se demostró que la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas no se relaciona con la calidad de la institución educativa, resultado que no coincide con los de otros investigadores que si reportaron una relación positiva entre la eficiencia y los rankings de universidades.
4. A manera de conclusión general se tiene que la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas presenta funciones de producción de rendimientos constantes a escala, y no se relaciona ni con la antigüedad ni calidad de las instituciones educativas.

RECOMENDACIONES

1. El Estado debe formular y ejecutar políticas públicas destinadas a promover la formación de investigadores, particularmente en las provincias más distantes de la capital del país, mediante incentivos para atraer investigadores a esas regiones o empleando las tecnologías de la información y comunicación.
2. En el ámbito intrainstitucional, la gestión de cada universidad debe formular estrategias destinadas a formar investigadores, para lo cual

puede utilizar sus investigadores acreditados en el Renacyt como capacitadores. Esto es particularmente importante en las universidades ubicadas en los cuadrantes III y IV de la matriz de orientación estratégica a la investigación y masificación educativa (MOEIM).

3. A nivel interinstitucional se recomienda que las universidades ubicadas en el segundo cuadrante de la MOEIM contribuyan a la formación de investigadores en las demás universidades del país.
4. A nivel interinstitucional las universidades ineficientes deben considerar a sus pares (peers), identificados en la MOEIM, como sus benchmarks (o modelos) para formular estrategias destinadas a convertirse en eficientes. Esto es particularmente importante para las universidades ubicadas en el tercer cuadrante, que son las más ineficientes y, por tanto, las menos competitivas del sistema educativo analizado.
5. La gerencia de las universidades debe hacer esfuerzos por fortalecer los posgrados a fin de formar profesionales con mayores capacidades de investigación, para lo cual puede considerar el empleo del recurso humano adscrito al Renacyt, tanto interno como externo a la institución. Las universidades que no tienen posgrados deben crearlos de manera urgente, para lo cual es fundamental que empleen investigadores adscritos al Renacyt de otras instituciones para garantizar la calidad de los estudios.
6. Es importante que las universidades firmen convenios con universidades extranjeras, particularmente con las que aparecen en el ranking de Shanghai (el más competitivo en investigación), a fin de fortalecer las capacidades de investigación de todo el sistema de educación superior.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdurakhmanova, G., Shayusupova, N., Irmatova, A. y Rustamov, D. (2020). The role of the digital economy in the development of the human capital market. *International Journal of Psychological Rehabilitation, 24*(07), 8043-8051.

Agasisti, T., y Pérez, C. (2010). Comparing efficiency in a cross-country perspective: the case of Italian and Spanish state universities. *Higher Education*, *59*(1), 85-103.

Agasisti, T., Dal Bianco, A., Landoni, P., Sala, A., Salerno, M. (2011). Evaluating the Efficiency of Research in Academic Departments: an Empirical Analysis in an Italian Region. *Italy, Volume 65*, No. 3, pp 267–289.

Agasisti, T. y Bonomi, F. (2014). Benchmarking universities efficiency indicators in the presence of internal heterogeneity. *Studies in Higher Education, 39 (*7), 1237-1255.

Alabdulmenem, F. (2017). Measuring the Efficiency of Public Universities: Using Data Envelopment Analysis (DEA) to Examine Public Universities in Saudi Arabia. *International Education Studies, 10* (1), 137 – 143.

Alvarado, D. (2016). *Medición de la eficiencia estática y dinámica de las universidades mediante métodos: No paramétricos. Aplicación a las universidades públicas ecuatorianas* (Tesis doctoral, Universidad de Sevilla).

Anzola, L. (2013). Eficiencia técnica para las universidades públicas venezolanas a través del modelo de análisis de datos envolventes DEA. *Revista Científica Teorías, Enfoques y Aplicaciones en las Ciencias Sociales*, *5*(12), 45-62.

Arieu, A. (2004). *Eficiencia técnica comparada en elevadores de granos de Argentina, bajo una aplicación de análisis de envolvente de datos. La*

situación del puerto de Bahía Blanca. Universidad Tecnológica Nacional. Consorcio de gestión del Puerto de Bahıa Blanca.

Arias, J. y Torres, A. (2018). Economic efficiency of public secondary education expenditure: How different are developed and developing countries. *Desarrollo y Sociedad*, (80), 119-154.

Arias, P. (2019). La investigación: requisito para el avance de la calidad en las universidades peruanas. *In Crescendo, 10*(3), 447.

Arnao, M. (2015). *Investigación formativa y competencia comunicativa en educación superior* (Tesis doctoral, Universidad de Málaga). Málaga, España.

Arocena, P., y García-Prado, A. (2007). Accounting for quality in the measurement of hospital performance: evidence from Costa Rica*. Health Economics, 16*(7), 667-685.

Avkiran, N. (1999). Una referencia de aplicación para el análisis de envoltura de datos en sucursal bancaria: ayuda al investigador novato. *Revista Internacional de Marketing Bancario*.

Avkiran, N. (2011). Association of DEA super-efficiency estimates with financial ratios: Investigating the case for Chinese banks. *Omega, 39*(3), 323-334.

Ayaviri, V. y Zamora, G. (2016). Medición de la eficiencia en las Universidades. Una propuesta metodológica*. Revista Perspectivas, (37)*, 7-22.

Baba, Y., Shichijo, N., y Sedita, S. R. (2009). How do collaborations with universities affect firms' innovative performance? The role of "Pasteur scientists" in the advanced materials field*. Research Policy, 38*(5), 756-764.

Banker, R., Charnes, A., y Cooper, W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science, 30*(9), 1078-1092.

Barbosa S. (2010). *Evaluacion De La Eficiencia De Las Escuelas de La Universidad Industrial De Santander Aplicando Análisis Envolvente De*

Datos (Dea) (Tesis Doctoral, Universidad Industrial de Santander). Escuela De Estudios Industriales y Empresariales.

Barra, C., y Zotti, R. (2013). Interdepartmental Centre for Research in Labour Economics and Economic Policy. *Interdepartmental Centre for Research in Labour Economics and Economic Policy. University of Salerno*, 1-30.

Benites, R. (2021). La Educación Superior Universitaria en el Perú post-pandemia. Política y Debates Públicos (PUCP), 1, 1-11.

Bogetoft, P. (1994). Incentive efficient production frontiers: an agency perspective on DEA. *Management Science, 40*(8), 959-968.

Blanco, M., Bares, L., y Hrynevych, O. (2019). Análisis de la eficiencia global de las 50 mejores universidades del mundo. *Revista Espacios.*

Blecich, A. (2020). Factors affecting relative efficiency of higher education institutions of economic orientation. *Management (Croatia), 25*(1), 45-67.

Buckle, R. y Creedy, J. (2019). The evolution of research quality in New Zealand universities as measured by the performance-based research fund process. *New Zealand Economic Papers, 53*:2, 144-165.

Buitrago O., Espitia A. y 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.

Buitrago, O., y Avella, J. (2008). *Estudio de la Eficiencia Relativa de los colegios municipales de la ciudad de Tunja Aplicando Análisis Envolvente de Datos*. Boyacá, Tunja. Universidad de Boyacá.

Cabrera, A., Pérez, P., y López, L. (2014). Evolución de perspectivas en el estudio de la retención universitaria en los EEUU: bases conceptuales y puntos de inflexión. *Persistir con éxito en la universidad: de la investigación a la acción*, 15-40.

Camargo, M. (2017). *Contribución de las alianzas de colaboración Universidad-Empresa en investigación, Desarrollo e Innovación para desarrollar proyectos de innovación tecnológica en producto en países emergentes* (Tesis doctoral. Universidad ESAN). Lima, Perú.

Campoverde, J., Romero, C. y Borenstein, D. (2019). Evaluación de eficiencia de cooperativas de ahorro y crédito en Ecuador: aplicación del modelo Análisis Envolvente de Datos DEA. *Contaduría y administración, 64*(1), 1-19.

Castillo, L., Tejada, L., Flores, J., & Flores, S. (2020). *Contribución de las inversiones en recursos humanos a la eficiencia técnica de la banca múltiple peruana. Encuentro Científico Internacional 2020 verano.* (Editor Modesto Montoya). Lima, Perú, 2 al 4 de enero de 2020. pp. 87, 88. de https://www.researchgate.net/publication/338411578_Contribucion_de_las_inversiones_en_recursos_humanos_a_la_eficiencia_tecnica_de_la_banca_multiple_peruana

Casu, B., y Molyneux, P. (2003). A comparative study of efficiency in European banking. *Applied economics, 35*(17), 1865-1876.

Castañeda, P. (2019). *Modelo de medición de la productividad para fábricas de software* (Tesis doctoral, Universidad Nacional Mayor de San Marcos). Lima, Perú.

Cave, M. (1997): The Use of Performance Indicators in Higher Education, The Challenge of the Quality Movement. *Jessica Kingsley Publishers*

Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A. and Seiford, L. (1994). Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application. *Kluwer Academic Publishers,* Norwell.

Charnes, A., Cooper, W., y Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research, 2*(6), 429-444.

Chávez, C. (2014). *Propuesta de política de transferencia tecnológica para la Pontificia Universidad Católica del Perú* (Tesis de Magíster en Política y Gestión Universitaria, Pontificia Universidad Católica del Perú).

Chediak, F., Rodríguez, Y., (2009). La eficiencia relativa en cobertura educativa de los municipios del Tolima, aplicando el Análisis Envolvente De Datos –DEA. *Scientia et Technica* Año XVII, (47) 1-5.

Chen, Y., Cook, WD, Li, N. y Zhu, J. (2009). Descomposición de eficiencia aditiva en DEA de dos etapas. *European Journal of Operational Research, 196* (3), 1170-1176.

Chen, Y., Wong, C.., Yang, R., & Miao, X. (2021). Optimal structure adjustment strategy, emission reduction potential and utilization efficiency of fossil energies in China. Energy, 237, 121623. DOI: 10.1016/j.energy.2021.121623

Coelli, T., Prasada, D., y Battese, G. (1998). *An introduction to productivity and efficiency analysis.* Kluwer academic publishers. Boston.

Coleman, J., Campbell, E., Hobson, C., Mc Partland, J. y Mood, A. (1996). Equality of educational opportunity. *US office of Education*, Washington.

Coll, V. y Blasco, O. (2006). Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos: introducción a los modelos básicos. *Editorial Eumed*.

Concytec (19 mayo 2017). *Primer Censo revela baja inversión en investigación y desarrollo en el Perú*. Recuperado de https://portal.concytec.gob.pe/index.php/noticias/1051-primer-censo-revela-baja-inversion-en-investigacion-y-desarrollo-en-el-peru

Coria, M. (2008). Eficiencia técnica de las universidades de gestión estatal en Argentina. Facultad de Ciencias Sociales y Económicas. pp. 1-46.

Coria, M. (2019). Eficiencia técnica de las universidades argentinas de gestión estatal. *Ensayos de Política Económica, 1*(5), 44-64.

Cotrim, H., Sobreiro, V., Kimura, H., y Mariano, E. (2018). Efficiency in the

Brazilian banking system using data envelopment analysis. *Future Business Journal, 4*(2), 157-178.

CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) (2019). *Ranking Web de Universidades*. Recuperado de https://www.webometrics.info/es

Cunha, M., y Rocha, V. (2012). On the efficiency of Public higher education institutions in Portugal: an exploratory study*. FEP Economics and Management*. Working Paper.

Cooper, W., Seiford, L., y Tone, K. (2006). Introduction to data envelopment analysis and its uses: with DEA-solver software and references. *Springer Science y Business Media*.

Daghbashyan, Z. (2009). Do University Units Differ in the Efficiency of Resource Utilization? a case study of the Royal Institute of Technology (KTH), Sweden.

Delfín, O., y Lenin, J. (2016). Eficiencia económica en los Puertos de México, 2000-2010. *Revista mexicana de economía y finanzas, 11*(3), 179-197.

Díaz, J. (2008). Educación superior en el Perú: tendencias de la demanda y la oferta. *51506*, 83-129.

Efron, B. (1979). Computers and the theory of statistics: thinking the unthinkable. *SIAM review*, *21*(4), 460-480.

Erasmus, F., Msigwa, R. (2013). Efficiency of Higher Learning Institutions: Evidences from Public Universities in Tanzania. *Journal of Education and Practice. Vol.4*, China, pp. 1-11.

Erickson, L. y Trauth, E. (2011). Reducir la brecha de innovación: factores que influyen en los resultados de las colaboraciones entre la industria y la universidad. En de AMCIS.

Farrell, M. (1957). The measurement of Productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A, General, 125*, 252-267.

Fernández Y., Martínez A. y Fernández J. (2013). Evaluación de la eficiencia y el cambio de productividad en el sistema universitario público español

tras la implantación de la LOU. *Hacienda Pública Española/Review of Public Economics*, *205*(2), 71-98.

Figueroa, A. (2017). Aplicación del modelo no paramétrico DEA (Análisis envolvente de datos) a un caso práctico: Eficiencia y productividad del sector pesquero gallego.

Fontana, R., Geuna, A., y Matt, M. (2006). Factors affecting university–industry R&D projects: The importance of searching, screening and signalling. *Research policy*, *35*(2), 309-323.

Freitas, I., Marques, R., y Silva, E. M. (2013). University–industry collaboration and innovation in emergent and mature industries in new industrialized countries. *Research Policy*, *42*(2), 443-453.

García, A., González, M., (2011). *La evaluación de la eficiencia de las universidades públicas de Colombia utilizando el Análisis Envolvente De Datos (AED)*. Bucaramanga, Colombia, pp. 27-224.

García de Fanelli, A. (2017). Políticas públicas ante la masificación de la educación universitaria: el reto de elevar la graduación, garantizando la inclusión y la calidad. En: C. Marquis (Editor). *La agenda universitaria III. Propuestas de políticas y acciones*. Buenos Aires: Universidad de Palermo.

García, A., Palomares, D., (2008). *Evaluation of Spanish Universities: Efficiency, Technology and Productivity Change*. Prime-Latin America Conference at Mexico, pp. 24-26.

Garzón H., Flores, S., & Flores, J. (2011). Eficiencia técnica de instituciones públicas de educación secundaria del estado Barinas, Venezuela. *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, XVI (2), 149-165.

Gómez, J. y Mancebón, M. (2005). Algunas reflexiones metodológicas sobre la evaluación de la eficiencia productiva de las instituciones de educación superior, *Ekonomiaz, 1*(60), 141-166.

Gómez, J. (2012). *La evaluación de la eficiencia en las universidades públicas españolas*. Universidad de Lleida, España.

González, M., Verdugo, G. (2010). Análisis de eficiencia y productividad de las universidades chilenas mediante análisis y encapsulamiento de datos. Curicó –Chile. *Rev. Aporte Santiaguino,* pp. 245-256.

Haider, M., Raza, Q., Jameel, S. y Pervaiz, K. (2019). Un estudio comparativo de la eficiencia operativa de los bancos islámicos de Pakistán y Malasia: enfoque de análisis de desarrollo de datos. *Asian Economic and Financial Review , Asian Economic and Social Society, vol. 9* (5), páginas 559-580, mayo.

Huamaní, G., Huamaní, S., Salcedo, J. y Fernandez, Z. (2016). *Modelo de Análisis Envolvente de Datos (DEA) para la evaluar la Eficiencia de las Escuelas Profesionales de Ingeniería Industrial en el Perú con Enfoque de desarrollo Sostenible*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima Perú.

Hussain; A. y Jones, M. (2010). *An Introduction to Frontier Analyst, version 4.0. Banxia Software Ltd.* https://banxia.com/pdf/fa/FAWorkbook1.pdf

Jetmar, M., Kubat, J., Fabera, V., & Jerabek, M. (2022). Possibilities of Using Data Envelope Analysis for Quality Management of Public Services at the Local Level. *EAI/Springer Innovations in Communication and Computing*, 129-141. DOI: 10.1007/978-3-030-67241-6_11

Jiang, J., Lee, S., y Rah, M. (2020). Assessing the research efficiency of Chinese higher education institutions by data envelopment analysis. *Asia Pacific Education Review, 21*, 423–440.

Johnes, J., Yu, L. (2008). Measuring the research performance of Chinese higher education institutions using data envelopment analysis. *UK, China Economic Review 19*, pp. 679–696.

Katharaki, M., Katharakis, G. (2010). A comparative assessment of Greek universities' efficiency using quantitative analysis. Quantitative Methods, Statistics and Econometrics, Athens, Greece. *International Journal of Educational Research 49*, pp. 115–128.

Keith, J. (2017). *Hospital efficiency Analysis in México* (Tesis doctoral, Universitat Autónoma de Barcelona). España.

Khamala, D., Makori, E., y Njiraine, D. (2018). *Webometrics Ranking and Its Relationship to Quality Education and Research inAcademic Institutions in Kenya. Library Philosophy and Practice (e-journal)*. Recuperado de http://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/2020

Kubak, M., Bacik, R., y Gavurova, B. (2017). On the Science and Research Efficiency of Czech Universities: A Data Envelopment Analysis. *Journal of Applied Economic Sciences, 47,* 286-290.

Kumar, A., y Thakur, R. (2019). Objectivity in performance ranking of higher education institutions using dynamic data envelopment analysis. *International Journal of Productivity and Performance Management*.

Lavalle, C., y de Nicolas, V. (2017). Peru and its new challenge in higher education: Towards a research university. *PloS one, 12*(8).

Le, M., Afsharian, M., & Ahn, H. (2021). Inverse Frontier-based Benchmarking for Investigating the Efficiency and Achieving the Targets in the Vietnamese Education System. *Omega* (United Kingdom), 103, 102427.DOI: 10.1016/j.omega.2021.102427

López O. y Suarez E. (2011). *Evaluación De La Eficiencia De Las Instituciones Educativas Oficiales De Bucaramanga Mediante El Análisis Envolvente De Datos Dea* (Doctoral dissertation, Universidad Industrial de Santander). Escuela De Estudios Industriales y Empresariales.

Macilwain, C. (2010). Science economics: What science is really worth. *Nature*, *465*(7299), 682-684.

Martín, R. (2005). *La eficiencia en la asignación de recursos destinados a la educación superior. El caso de la Universidad de La Laguna* (Tesis Doctoral, Universidad de la Laguna).

Martín, R. (2006). La evaluación de la eficiencia técnica. Una aplicación del DEA a la Universidad de la Laguna. *XV Jornadas de la Asociación de la Economía de la Educación. Granada, España*.

Martín, R., (2008) La Medición de la Eficiencia Universitaria: Una Aplicación del Análisis Envolvente de Datos. Universidad de La Laguna, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. *Formación Universitaria, 1*(2), 17-26.

Martin, J. y Roman, C. (2010). Evaluating the service quality of major air carriers: a DEA approach. *International Journal of Applied Management Science, 2*(4), 351-371.

Merchand, L. (2004). Aplicación del Data Envelopment Analysis a la producción de investigación económica en la Ciudad de México: La eficiencia relativa del CIDE, COLMEX, IPN, UAM y UNAM (1990-2002). In *Ponencia presentada en el 4th International Symposium of Data Envelopment Analysis and Performance Management, Birmingham*.

Ministerio de educación MINEDU (2014). *Nueva Ley Universitaria 30220*. Recuperado de https://www.gob.pe/institucion/minedu/normas-legales/118482-30220

Mojahedian, M., Mohammadi, A., Abdollahi, M., Kebriaeezadeh, A., Sharifzadeh, M., Asadzandi, S. y Nikfar, S. (2020). A review on inputs and outputs in determining the efficiency of universities of medical sciences by data envelopment analysis method. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran (MJIRI), 34*-42. https://doi.org/10.34171/mjiri.34.42

Muñiz M. (2000). *Inclusión de los inputs no controlables en un análisis DEA. El entorno familiar del alumno en la evaluación de los centros educativos*. *VII Encuentro de Economía Pública, Zaragoza.*

Murias, P., Miguel, J., y Rodríguez, D. (2008). A composite indicator for university quality assesment: The case of Spanish higher education system. *Social Indicators Research, 89*(1), 129-146.

Navarro, J., Gómez, R. y Torres, Z. (2016). Las universidades en México: una medida de su eficiencia a través del análisis de la envolvente de datos con bootstrap*. Acta universitaria, 26*(6), 60-69.

Navas, L., Montes, F., Abolghasem, S., Salas, R. J., Toloo, M., y Zarama, R. (2020). Colombian higher education institutions evaluation. *Socio-Economic Planning Sciences*, *71*, 100801.

Nazarko, J., y Šaparauskas, J. (2014). Application of DEA method in efficiency evaluation of public higher education institutions. *Technological and Economic development of Economy*, *20*(1), 25-44.

Nieto L. (2016). *Eficiencia y financiación en las universidades públicas españolas* (Tesis doctoral, Universidad Católica de Murcia). España.

Nunez, E. y Cornejo, G. (2018). Haciendo mucho con poco: eficiencia de la investigación científica en el Perú. *Revista Espacios, 39* (26), 1-7.

Nyhan, R. C., y Martin, L. L. (1999). Comparative performance measurement: A primer on data envelopment analysis. *Public Productivity & Management Review*, 348-364.

Paradi, J., Rouatt, S., y Zhu, H. (2011). Two-stage evaluation of bank branch efficiency using data envelopment analysis. *Omega, 39*(1), 99-109.

Pino, J., Solís, M., Delgado, M., y Barea, R., (2010). Evaluación de la eficiencia de grupos de investigación mediante análisis envolvente de datos (DEA)". *El profesional de la información, 19*(2), 160-167.

Piñeros Acevedo, J. D. (2010). Descentralización, gasto público y sistema educativo oficial colombiano: un análisis de eficiencia y calidad. *Escuela de Economía*.

Portela, M, Camanho, A y Borges, D. (2011). BESP: evaluación comparativa de las escuelas secundarias portuguesas. *Benchmarking: una revista internacional 18*(2):240–260.

Quesada, V., Blanco, I., y Maza, F. (2010). Análisis envolvente de datos aplicado a la cobertura educativa en el departamento de Bolívar-

Colombia (2007-2008). *Omnia, 16*(3), 77-100.

Quevedo, J. (2014). La relación universidad-empresa en las relaciones Unión Europea-América Latina y el caribe: Una variable necesaria para el desarrollo económico y social birregional. *InterNaciones. Año 2,* núm. 5, mayo-agosto 2013.

Raith, A., Rouse, P., y Seiford, L. (2019). Benchmarking Using Data Envelopment Analysis: Application to Stores of a Post and Banking Business. In *Multiple Criteria Decision Making and Aiding* (pp. 1-39). Springer, Cham.

Ramírez, P. y Alfaro, J. (2013). Evaluación de la Eficiencia de las Universidades pertenecientes al Consejo de Rectores de las Universidades Chilenas: Resultados de un Análisis Envolvente de Datos. *Formación universitaria*, *6*(3), 31-38.

Rhodes, E. (1978), *Data envelopment analysis and related approaches fo measuring the efficiency of decision-making unit with application to Program follow through U.S. education*. Carnegie-Mellon University School of Urban and Public Affair, Pittsburgh (Ph. D.Tesis).

Robbins, L. (1963). Report of the Committee on Higher Education. *Retrieved January*, *29*, 2014.

Rodríguez, G. (2011). *Indicadores DEA (Data Envelopmen Analysis) de Eficiencia y Productividad para las actividades de Extensión universitaria: Aplicación en la Universidad Nacional de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.

Rojas, M. (2010). *Clasificación de los grupos de investigación de la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, mediante la estimación de la eficiencia técnica utilizando análisis envolvente de datos* (Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia).

Ruiz, R. (2015). *Calidad de la universidad pública argentina. Una aproximación desde la eficiencia* (Tesis doctoral, Universidad de Alcalá).

Salas-Velasco, M. (2020). The technical efficiency performance of the higher education systems based on data envelopment analysis with an illustration for the Spanish case. *Educational Research for Policy and Practice, 19 (2)*, pp. 159-180.

Santana, Y. (2015). *Estudio descriptivo del alumnado de NEAE con DEA: situación en Gran Canaria* (Bachelor's tesis, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria).

Santín, D. (2003). *La estimación de la función de producción educativa en valor añadido mediante redes neuronales: una aplicación para el caso español* (No. 5-03 Classification-JEL: C45, H52, I21.). Instituto de Estudios Fiscales.

Santín, D. y Sicilia, G. (2012), *La medición de la eficiencia educativa en Uruguay. ¿Cuáles son sus determinantes?* Departamento de Economía Aplicada VI. Universidad Complutense de Madrid, España. pp. 2-25

Secretaria de Gestión Pública (2021). La Política Nacional de Modernización de la Gestión Pública. https://sgp.pcm.gob.pe/politica-nacional-de-modernizacion-de-la-gestion-publica-al-2021

Seffino, M., y Hoyos Maldonado, D. (2016). Bank efficiency in Argentina. Performance between 2005 and 2013. *Estudios Gerenciales, 32*(138), 44-50.

Shamohammadi, M., y 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*, 119730.

Sherman, H. D. (1984). Hospital efficiency measurement and evaluation: empirical test of a new technique. *Medical care*, 922-938.

Soto, J., Bernal, M., y Arenas W. (2009). Enfoque metodológico para medir la calidad de los programas académicos de la universidad tecnológica de Pereira. *Scientia et technica*, *15*(42), 111-116.

Soto, J., Vásquez, S. y Villegas, J. (2009). Medición de la eficiencia en las instituciones educativas oficiales del municipio de Dosquebradas (Risaralda) 2007. *Scientia et technica*, *15*(43), 95-99.

SUNEDU (2018). *Información estadística de universidades*. Recuperado de https://www.sunedu.gob.pe/

Schwab, K. (2019). *Informe global de competitividad 2019*. World Economic Forum. Recuperado de http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf

Thanassoulis, E., De Witte, K., Johnes, J., Johnes, G., Karagiannis, G. y Portela, C. (2016). Aplicaciones del análisis de envoltura de datos en educación. En *Análisis de envoltura de datos* (pp. 367-438). Springer, Boston, MA.

Trillo, D. (2002). *La función distancia. Un análisis de la eficiencia en la universidad*. (Tesis Doctoral, Universidad Rey Juan Carlos, Madrid).

Torres, M., Vásquez, C., Luna, M., Bucci, N., Viloria, A., y Cabrera, D. (2019). Clustering of top 50 Latin American universities in SIR, QS, ARWU, and webometrics rankings. *Procedia Computer Science*, *160*, 467-472.

Torres, M., Vásquez, C., Viloria, A., Borrero, T., Varela, N., Cabrera, D., Gaitan, M. y Lis-Gutiérrez, J. (2018). Efficiency analysis of the visibility of Latin American Universities and their impact on the ranking web. In *International Conference on Data Mining and Big Data* (pp. 235-243). Springer, Cham.

Torrico, A., Pérez, F., Galache, T., Molina, J., Gómez, T. y Caballero, R., (2007). *Análisis de la eficiencia de las unidades productivas de una universidad*. Universidad de Málaga. España, pp. 1-33.

Ulucan, A., Atici K., y Ozkan, A. (2018) Benchmarking in higher education using data envelopment analysis and the Bologna process data. *Croatian Operational Research Review 9*(2), 301-316.

UNESCO (2020). (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). (2016-2017). *Desglosar el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4: Educación 2030, guía*. Obtenido de

https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246300_spa?posInSet=6&queryId=6f25c671-c046-4494-9c46-8d8c00bbc159

UNESCO, UNICEF, Banco Mundial, UNFPA, PNUD, O. M. y A. (2015). *Declaración de Incheon Marco de Acción*. Unescodoc, 1—84. Recuperado de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245656_spa

Vásquez M. (2010). Estudio sobre la eficiencia técnica de las universidades públicas presenciales españolas. *Investigaciones de Economía de la Educación volume 5*, 5, 689-702.

Vilalta M. (2013). La tercera misión universitaria. Innovación y transferencia de conocimientos en las universidades españolas. Cuaderno de trabajo IV. *Fundación Europea Sociedad y Educación*, Studia XXI.

Villa, G. (2003). Análisis por envoltura de datos (DEA) nuevos modelos y aplicaciones.

Visbal, D., y Palacios, F., (2005). *Evaluación de la eficiencia relativa en el uso de recursos de las universidades públicas colombianas mediante la metodología Data Envelopment Analysis*. Universidad de Los Andes, Colombia pp. 1-18

Wodon, Q. (2019). Measuring the contribution of Faith-based schools to human capital wealth: Estimates for the Catholic church. *The Review of Faith & International Affairs*, *17*(4), 94-102.

Worthington, A. C., y Lee, B. L. (2008). Efficiency, technology and productivity change in Australian universities, 1998–2003. *Economics of education review, 27*(3), 285-298.

Zhao, Y. (2020). Transformation of Educational Management Mode in Ocean Colleges and Universities. *Journal of Coastal Research*, *110*(SI), 67-70.

Zhu, J. (2014). *Quantitative models for performanceevaluation and benchmarking*. Omega.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Operacionalización

Anexo 2: Matriz de Consistencia

Anexo 3: Caracterización de las universidades según resultados de la MOEIM

ANEXO 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

VARIABLES	DEFINICION	DIMENSIONES	INDICADORES	CRITERIO DE MEDICION	MEDICION
Variable 1: Eficiencia técnica (VD)	Es un método de frontera, quiere decir que evalúa la producción respecto a las funciones de producción, donde por función de producción se entiende el máximo nivel de output alcanzable con una cierta combinación de inputs, o bien, el mínimo nivel de inputs necesario en la producción de un cierto nivel de outputs. Arroja un valor entre 0 y 1 (0 y 100%)	Unidimensional	Escala adimensional de 0 a 1 (0 a 100%)	Valor de la optimización orientada a producto	Cuantitiva continua
Variable 2: Inputs (VI)	Entradas	Unidimensional	Presupuesto total utilizado	Financiamiento	Cuantitativa discreta
Variable 3: outputs (VI)	Salidas	Unidimensional	1) Matrícula: Sumatoria de alumnos de pregrado, maestría y doctorado. 2) Profesores Regina (Renacyt).	Producción de pregrado/maestría/doctorado/investigación	Cuantitativa discreta
Variable 4: Calidad		Unidimensional	Puesto que ocupan las universidades según el ranking del CSIC	Calidad global	Ordinal
Variable 5: Antigüedad de universidades		Unidimensional	Antigüedad de universidades.	Antigüedad	Cuantitativa discreta

ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: "Evaluación de la eficiencia técnica de universidades públicas del Perú utilizando la metodología Data Envelopment Analisys (DEA)"		**Autor: Marco Antonio Tello Miranda**
PROBLEMA GENERAL	**OBJETIVO GENERAL**	**HIPÓTESIS GENERAL**
¿Qué factores se relacionan con la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas?	Determinar los factores que se relacionan con la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas.	La eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas se relaciona con la antigüedad y calidad de las instituciones educativas
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**	**HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**
1 ¿Cuál es la función de producción que prevalece en las universidades públicas peruanas?	1. Determinar las funciones de producción de las universidades públicas peruanas	1. Las universidades públicas peruanas presentan funciones de producción de rendimientos variables a escala
2 ¿Cuál es la relación entre la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas y la antigüedad de la institución educativa?	2 Establecer la relación entre la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas y la antigüedad de la institución educativa.	2. La eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas se relaciona positivamente con la antigüedad de la institución educativa.
3. ¿Cuál es la relación entre la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas y la calidad de la institución educativa?	3 Determinar la relación entre la eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas y la calidad de la institución medida por el ranking mundial de universidades	3. La eficiencia técnica de las universidades públicas peruanas se relaciona positivamente con la calidad de la institución educativa.

ANEXO 3. Caracterización de las universidades según resultados de la MOEIM

Universidades ubicadas en el segundo cuadrante

Siglas	Presupuesto (MM S./)	Renacyt (Nro)	Matrícula (Nro)	ETG
UNAP	77.0	17	9819	57.6
UNT	156.3	56	19215	71.8
UNF-S	9.0	2	1062	55.6
UNS	33.8	7	3971	53.5
UNTRM	43.7	16	4501	67.5
UNMSM	418.7	280	41011	100.0
UNAS	52.6	10	4033	41.0
UNTumbes	44.9	9	3372	41.8
UNALM	130.6	81	7303	92.8
UNI	252.8	70	12914	44.1
UNAAA	5.4	1	157	28.3
Promedio	111.3	50	9760	
Total	1224.8	549	107358	
% del global	35.9%	71.1%	25.1%	

Universidades ubicadas en el primer cuadrante

Siglas	Presupuesto (MM S./)	Renacyt (Nro)	Matrícula (Nro)	ETG
UNTELS	12.3	4	3034	100.0
UNAMBA	21.5	9	3298	86.4
UNSA	189.2	58	28520	73.2
UNA	177.3	42	23175	60.2
Promedio	100.1	28	14507	
Total	400.3	113	58027	
% del global	11.7%	14.6%	13.6%	

Universidades ubicadas en el tercer cuadrante

Siglas	Presupuesto (MM S./)	Renacyt (Nro)	Matrícula (Nro)	ETG
UNIA	21.3	3	1299	31.5
UNSAAC	174.3	24	21988	49.7
UNDC	9.0	1	1077	46.4
UNJBG	74.5	8	7401	39.1
UNC	77.4	8	9381	46.3
UNAM	29.4	3	1518	24.8
UNH	59.4	6	6818	44.0
UNAJMA	15.3	1	1356	33.4
UNSM	61.6	4	6138	37.0
UNACH	16.2	1	1319	30.7
UNU	49.8	3	6462	47.0
UNAJ	20.5	1	1263	23.4
UNICA	118.3	4	14045	42.8
UNE	85.1	0	7753	32.9
Promedio	58.0	5	6273	
Total	812.1	67	87818	
% del global	23.8%	8.7%	20.6%	

Universidades ubicadas en el cuarto cuadrante

Siglas	Presupuesto (MM S./)	Renacyt (Nro)	Matrícula (Nro)	ETG
UNCP	99.9	13	24977	91.3
UNASAM	49.1	6	13603	100.0
UNSCH	74.9	6	12649	61.3
UNPRG	109.6	6	16618	54.7
UNAC	79.9	4	16921	76.5
UNP	145.8	6	19933	49.3
UNDAC	66.9	1	8825	47.6
UNFV	154.5	1	25201	58.9
UNJ	8.1	0	1783	79.5
UNAB	8.9	0	1835	74.2
UNFJFSC	80.4	0	16390	73.6
UNHEVAL	68.2	0	11838	62.7
UNAMAD	24.3	0	3475	51.7
Promedio	74.7	3	13,388	
Total	970.5	43	174,048	
% del global	28.5%	5.6%	40.7%	

Total universidades (insumos y productos)

	Presupuesto (MM S./)	Renacyt (Nro)	Matrícula (Nro)
TOTAL	3407.7	772	427251
%	100.0%	100.0%	100.0%