

Capítulo 2. Análisis de eficiencias de graduados de doctorado del Instituto Politécnico Nacional con perspectiva de género.

Marisol Vazquez Tzompantzi
Cesaire Chiatchoua
Bruno Yael Silva Morales

Instituto Politécnico Nacional

DOI: [10.46990/iQuatro.2025.02.11.2](https://doi.org/10.46990/iQuatro.2025.02.11.2)

Resumen

El Instituto Politécnico Nacional (IPN) es una de las instituciones educativas más importantes de México y América Latina, con una matrícula extensa de alumnos y una producción científica significativa. Esta investigación se centra en analizar cómo las diferencias de género influyen en la eficiencia académica de los graduados de doctorado del IPN que han obtenido mención honorífica y se han consolidado como miembros del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII). Mediante un Análisis Envolvente de Datos (DEA), se busca identificar las interacciones que impactan en la eficiencia como investigadores entre 2012 y 2022.

Palabras clave

Análisis DEA, Eficiencia, I.P.N., graduados

Introducción

El Instituto Politécnico Nacional es una institución educativa pública de las más importantes de México y América Latina, (Scimago Institutions Rankings, 2023), con una matrícula inscrita de alrededor de 208,907 alumnos de media superior, superior y posgrado en el ciclo escolar 2022-2023 (Coplaneval, 2023) y producción científica de 12081 (+5.5%) e impacto normalizado de 0.77 (ScimagoIBER, 2024); su finalidad es “alojar y preparar a los futuros técnicos, profesionistas e investigadores a través de sus diferentes programas académicos de las diferentes áreas del conocimiento que se imparte en los diferentes niveles educativos”, (IPN, 2022a).

La importancia de esta investigación radica en comprender como las diferencias de género influyen en la eficiencia académica de los graduados de doctorado del IPN, específicamente aquellos que han logrado consolidarse como miembros del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII). Si bien, se conoce que la productividad y visibilidad científica son factores determinantes en la carrera académica, existe un vacío en el conocimiento respecto a cómo estas dinámicas se ven afectadas por el género.

El objetivo de esta investigación es analizar la eficiencia académica de los graduados de doctorado del IPN, que fueron destacados académicamente con el reconocimiento de mención honorífica o Cum Laude actualmente, aplicando un Análisis Envolvente de Datos (DEA, por sus siglas en inglés: Data Envelopment Analysis), reforzado con el método de regresión Tobit para la validez de la prueba en el modelo DEA y así garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos, identificando las interacciones de género que impactan en el desarrollo y consolidación de investigadores destacados durante el periodo 2012-2022.

Revisión de la Literatura

El IPN se encuentra integrado por 47 unidades académicas incorporadas a nivel posgrado, 21 Centros de investigación, 5 Unidades profesionales interdisciplinarias y 21 Escuelas, lo conforman 157 programas académicos vigentes de especialidad, maestría y doctorado (escolarizados). El área de ciencias médico-biológicas tiene 44 programas; ciencias sociales y administrativas 21 programas; Ingeniería y ciencias física-matemáticas 48 programas y 44 interdisciplinarias (IPN, 2022b).

La Organización de Estados Iberoamericanos (OEI, 2018) reporta un aumento significativo en el número de graduados de maestrías y doctorados en Iberoamérica entre 2007 y 2016. Los graduados de maestría pasaron de 161 mil a 306 mil, predominando las ciencias sociales con un 56%. Los doctorados de 26 mil a 53 mil, entre ciencias sociales, naturales y humanidades.

La participación de mujeres en el posgrado es fundamental, con un impacto considerable en el desarrollo social y el bienestar en América Latina. Aproximadamente 4 de cada 10 personas con formación de tercer nivel trabajan en ciencia y tecnología, integran de manera heterogénea el SNII. Más del 40% de estos investigadores se concentran en Ciudad de México, Estado de México y Jalisco, donde más de un tercio de los miembros del SNII son mujeres (Peinado, 2023).

Para la consolidación de los grupos de investigación Peinado, Barragán y Guerra (2019), hacen mención que el cuerpo académico del posgrado considera que deben tomarse en cuenta la generación de productos científicos y de innovación, como son las publicaciones científicas y tecnológicas, prototipos de productos comerciales registrado y patentes, así como la eficiencia terminal de sus egresados, en donde a mayor productividad su inserción al gremio de la investigación se irá consolidando (Martín, Sevilla y Jenaro, 2018).

Ucar y Karsak (2023) señalan que para mejorar la eficiencia y equidad en los sistemas educativos se ha priorizado el uso eficiente de recursos y la evaluación del éxito estudiantil. Los estudios suelen emplear modelos DEA, su estudio comparó la eficiencia educativa en países de la OCDE utilizando modelos DEA y la base de datos PISA 2018, mostrando a diez países como eficientes, destacando a Estonia y Finlandia por su mejor desempeño.

Un estudio que utiliza el DEA, Rodrigues, Dos Santos y Rocha (2022) conjuntaron dicho modelo con técnicas de minería de datos, como K-media y análisis de componentes principales, identificaron grupos homogéneos en un conjunto de datos en el contexto de la matrícula de estudiantes en escuelas privadas del estado de Río de Janeiro, Brasil.

Cada vez es más común el notable crecimiento de estudios que están utilizando el DEA para hacer investigaciones de educación superior y evaluar el desempeño, así Villano y Tran (2021) realizaron un análisis de meta regresión de 109 aplicaciones DEA publicadas en la educación superior en diferentes niveles de análisis y comprender la relación de los resultados generados y sus atributos que surgieron para su implementación.

De la Hoz, Zuluaga y Mendoza (2021) propusieron un método en tres fases para evaluar y predecir la eficiencia académica en programas de ingeniería en Colombia. Se identificaron dos perfiles universitarios con eficiencias del 92.3% y 97.3%, utilizando DEA y un modelo de Random Forest. Su metodología permitió comparar la eficiencia entre instituciones con características similares.

En el mismo país, Puentes y Rúgeles (2023) analizaron la eficiencia del gasto público en la calidad de la educación superior entre 2017-2022 a través del cálculo de un índice de eficiencia bajo la metodología del DEA y contrastar los resultados en términos socioeconó-

micos que puedan afectar la eficiencia en la calidad de la educación, por medio de un modelo probabilístico Tobit. De la estimación de resultados se puede concluir que el 64% de las universidades son ineficientes, además según el modelo Tobit se concluye que las variables socioeconómicas afectan los niveles de eficiencia en la calidad de las universidades públicas.

Li y Su (2018) en su tesis presentan el modelo DEA aplicado en la eficiencia de la educación en innovación y emprendimiento en 24 escuelas de su país (China), sus resultados muestran los insumos y los resultados de su análisis, en donde solo aplicó a pocas escuelas y las eficiencias de las escuelas podría mejorar en la mayoría de ellas, para ello se clasificaron en disciplinas, en donde las áreas de ciencias muestran ventajas en contraste con las de artes.

En un análisis usando el método DEA, Ramírez (2020) destaca que universidades con niveles medios de eficiencia en docencia e investigación tienen bajas probabilidades de ser clasificadas en rankings de sus países. Las universidades públicas de Colombia y España deben realizar más esfuerzos para alcanzar niveles altos de eficiencia y mejorar en docencia e investigación, y así aumentar sus posibilidades de figurar en estas métricas. Se halla que la relación entre los índices de eficiencia y estos rankings es débil, siendo la docencia e investigación los factores más determinantes.

En México, Castro Coria y Gómez Monge (2022) analizaron el impacto de las características tecnológicas implementadas a nivel superior en la participación, asistencia y evaluación de los estudiantes por área académica. Se realizó un análisis DEA para medir la eficiencia de estos factores. Como resultado se identificó que a mayor cantidad de características añadidas a las plataformas digitales hubo mejores niveles de participación, asistencia y evaluación de los estudiantes.

En un estudio enfocado en evaluar la eficiencia en escuelas secundarias de México entre 2010 y 2017, Delfín Ortega, Navarro Chávez y Cardona Martínez (2024) utilizaron el DEA para analizarlas. Se utilizaron como inputs el presupuesto, alumnos, docentes, escuelas y personal administrativo, y como outputs el número de alumnos en los niveles III y IV de las pruebas ENLACE y PLANEA en español y matemáticas. Los hallazgos revelaron una baja eficiencia. Se recomendó implementar políticas públicas para optimizar el uso de recursos.

González Cadena y Vázquez Rojas (2020) realizaron un estudio para medir el avance en emprendimiento, innovación y compromiso social, evaluando su eficiencia. Utilizando el DEA, encontraron una eficiencia promedio del 91.3%. La innovación fue la dimensión con más universidades eficientes, mientras que el emprendimiento menos instituciones con alta eficiencia.

Metodología

La investigación fue de tipo cuantitativo no experimental de corte transversal (periodo de tiempo de 10 años) y bajo el análisis de un modelo de econometría para ir detectando la relación que puede existir entre las variables dependientes, haciendo que su alcance sea descriptivo.

El objetivo principal de esta investigación es analizar y describir desde la perspectiva de género, la eficiencia académica de los graduados de doctorado del IPN durante el periodo de los años 2012 al 2022 y que fueron destacados académicamente, así también identificar las interacciones que impactan en el desarrollo y consolidación como investigadores desde el punto de vista de la eficacia, por lo que se propuso la siguiente hipótesis:

Hi: La eficiencia de hombres y mujeres en términos de colaboración y producción científica como alumnos de doctorado del IPN puede ser observada a través de los factores de éxito en la titulación, el tiempo que tomó obtener el grado, acompañamiento en la dirección de la tesis y su inserción en el SNII, considerando las diferencias que han contribuido a un mayor grado de éxito entre los graduados con excelencia académica. El análisis envolvente de datos permite entender cómo estas interacciones varían en función de las diferencias de género.

Para la comprobación de la hipótesis planteada, se extrajo la muestra de la base de datos de la Dirección de Posgrado (DPos) del IPN, así también se descargó los datos publicados abiertamente del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) y que contiene a los investigadores que pertenecen al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) en el mismo periodo anteriormente mencionado. Estas bases de datos contienen de información: nombre del alumno, fecha que obtuvo el grado, número de directores de tesis, fecha de ingreso al posgrado, año de ingreso al SNII y nivel con el que ingresó al SNII, es de señalar que, para la obtención de los datos mencionados, este pertenece al Proyecto de Investigación en el Programa Especial de Consolidación de Investigadores (PECI) con número 20241378 otorgado por la Dirección de Investigación y con el Visto Bueno (Vo. Bo.) de la DPos del IPN. Estos datos fueron anonimizados para evitar sesgos y cumplir normativas vigentes respecto a la protección de datos personales. Posteriormente se hizo un cruce de información para identificar que graduados se encuentran en el SNII.

El Análisis Envolvente de Datos es una técnica utilizada en economía para evaluar la eficiencia de unidades de decisión (DMUs, por sus siglas en inglés: Decision Making Units)

que convierten múltiples entradas en múltiples salidas y así obtener el parámetro que lleva a la eficiencia de estos valores. El DEA calcula la eficiencia relativa de cada DMU al comparar la cantidad de recursos utilizados (inputs o entradas) con los resultados obtenidos (outputs o salidas). En términos generales las entradas son los recursos utilizados por el DMU y las salidas los productos o servicios generados.

El modelo DEA establece que la eficiencia máxima alcanzable es 1.0 lo que representa el 100% en valor porcentual, denota un uso óptimo de los recursos evaluados en relación con los resultados.

Eficiencia = 1: Indica que la DMU es eficiente al 100 por ciento en comparación con las demás.

Eficiencia < 1: Indica ineficiencia, lo que sugiere que la DMU podría mejorar sus outputs, sin aumentar los inputs.

El método de regresión Tobit, conocido también como modelo de regresión censurada, es una técnica estadística empleada para estimar relaciones lineales entre variables. Resulta especialmente valiosa cuando la variable dependiente presenta censura, es decir, cuando sus valores están restringidos por un límite superior o inferior, dado que el modelo DEA arroja eficiencias censuradas entre 0 y 1, el modelo Tobit resulta adecuado por la naturaleza del modelo.

Los coeficientes obtenidos del modelo Tobit se interpretan de forma similar a los obtenidos en una regresión de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Se exponen los principales hallazgos derivados del análisis de regresión Tobit.

Resultados

En el periodo académico 2012 al 2023 el IPN tuvo un total de matriculados de posgrado (especialidad, maestría y doctorado) de 42,172 alumnos, el número de egresos oscila en 35,069, de graduados 19,768, cifra entre los diferentes niveles de los programas (Tabla 2.1). Los datos se encuentran alojados en dos Sistemas de Posgrado, el Sistema Integral de Control Escolar (SICEP) y del Sistema de Atención a Trámites de Posgrado (SATP) del IPN.

Tabla 2.1

Indicadores de la matrícula de alumnos, egresados y graduados del I.P.N.

Inscritos (2012-2023)	42,172
Graduados	19,768
Graduados de doctorado	3,026
Graduados de doctorado con mención honorífica	468

Fuente: Datos extraídos de las BD de la Dirección de Posgrado del periodo 2012-2022.

Para efectos de la investigación se hizo un cohorte de la muestra de los graduados de doctorado, en donde se filtró los graduados que obtuvieron el reconocimiento académico Mención honorífica/Cum Laude, siendo la cifra de 468 hasta el momento del corte, la razón por la cual se consideró este factor de análisis radica que al momento de obtener el título con mención honorífica tiene una alta probabilidad de contar con algún producto científico (artículo científico) y encontrarse afiliado al SNII (248 graduados), a partir de este cohorte es en donde radica el presente estudio (Tabla 2.2).

Tabla 2.2

Cohorte de los datos que son la base de la investigación, clasificada por género.

Cohorte	S.N.I.	Masculino	Femenino
468	248	272	196

Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje de graduados que ingresaron al SNII es del 53% (248) con base a los 468 de la cohorte, ubicándolos en el nivel de SNII, ingresaron en la categoría C siendo del género femenino 78 (31%) y 98 el 40% pertenecen al masculino; para el nivel 1 el 35 (14%) corresponde al femenino y el 37 (15%) al masculino (Tabla 2.3).

Tabla 2.3

Distribución de la muestra que está integrada al SNII por nivel de ingreso y género.

SNII	Femenino	Porcentaje	Masculino	Porcentaje
C	78	31%	98	40%
1	35	13%	37	15%

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando el modelo DEA, se llevó a cabo un análisis de eficiencia en el que se consideraron como entradas: tiempo de graduación (en años: 2,3,4,5,6), número de directores de tesis (1 o 2), y tiempo requerido para ingresar al SNII (en años: 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9), mientras

que como salida se utilizó el nivel de SNII (Nivel C o Nivel I) alcanzado y como DMU el id del graduado.

La mayoría de los graduados se situaron en niveles de eficiencia cercanos a 1.0 (100%), con un número considerable alcanzando la eficiencia máxima (101 graduados). Particularmente, se detectó que la supervisión bajo un único director de tesis (67) es más común entre aquellos graduados que lograron una eficiencia de 100%, y de estos, 51 de los 101 graduados con esta eficiencia son mujeres. Esto sugiere que la supervisión concentrada podría estar asociada con una mayor eficiencia, mientras que la supervisión compartida podría implicar menores niveles de eficiencia, posiblemente debido a las dificultades adicionales en la gestión de múltiples directores (Tabla 2.4).

Tabla 2.4

Relación de Frecuencias obtenidas bajo el modelo DEA.

Eficiencias	Frecuencia	Femenino	Director	Codirector	Masculino	Director	Codirector
0.709	18	8	0	8	10	0	10
0.921	39	16	0	16	23	0	23
0.728	9	1	0	1	8	0	8
0.750	14	7	0	7	7	0	7
1.0 (100%)	101	51	37	14	50	30	20
0.993	1	0	0	0	1	0	1
0.857	28	11	0	11	17	0	17
0.744	2	2	0	2	0	0	0
0.953	15	6	0	6	9	0	9
0.970	7	7	0	7	0	0	0
0.981	3	1	0	1	2	0	2
0.738	2	1	0	1	1	0	1
0.997	1	1	0	1	0	0	0
0.692	5	1	0	1	4	0	4
0.500	3	0	0	0	3	0	3

Fuente: Elaboración propia.

Nota. Se muestran las eficiencias obtenidas, clasificadas por género y el tipo de acompañamiento.

Este análisis reveló patrones significativos en la eficiencia de los graduados de doctorado del IPN, mostrando la influencia de variables como la cantidad de directores de tesis en su desempeño académico para el tiempo de obtención del grado y cómo estas interacciones

varían en función de las diferencias de género. Además, la eficiencia mostró una correlación con el tiempo de ingreso al SNII y el nivel de este al que se accedió. Aquellos graduados que ingresaron al SNII en un tiempo relativamente corto y con un nivel de 1 tendieron a presentar eficiencias cercanas a 1.0 (Tablas 2.5 y 2.6). Este patrón apoya la idea de que un ingreso rápido al SNI, junto con un alto reconocimiento académico, está relacionado con una mejor optimización de los recursos durante el proceso de formación doctoral.

Tabla 2.5

Frecuencias de eficiencias (Femenino) por Nivel de SNII ingresado, tiempo que tomó graduarse y tiempo que se requirió para ingresar al SNI.

Eficiencias	Femenino	SNII C	SNII 1	T i e m p o graduación 3 años	T i e m p o graduación 4 años	T i e m p o SNII 0.5 años	T i e m p o SNII 1	T i e m p o SNII 2
0.709	8	8	0	8	0	0	0	8
0.921	16	16	0	0	16	0	0	16
0.728	1	1	0	1	0	0	0	0
0.750	7	0	7	7	0	1	1	3
1.000	51	23	28	10	41	3	15	33
0.857	11	11	0	0	11	1	10	0
0.744	2	2	0	2	0	0	0	0
0.953	6	6	0	0	6	0	0	0
0.970	7	7	0	0	7	0	0	0
0.981	1	1	0	0	1	0	0	0
0.738	1	1	0	1	0	0	0	0
0.997	1	1	0	0	1	0	0	0
0.692	1	1	0	1	0	0	1	0

Fuente: Elaboración propia.

Nota. Se puede observar la eficiencia 1.00, está es la máxima eficiencia equivalente al 100% y los tiempos de sus valores de entrada (se descartan valores menos representativos).

Tabla 2.6

Frecuencias de eficiencias (Masculino) por Nivel de SNII ingresado, tiempo que tomó graduarse y tiempo que se requirió para ingresar al SNII.

Eficiencias	Masculino	SNII C	SNII 1	Tiempo de graduación ₃	Tiempo de graduación ₄	Tiempo SNII 0.5 años	Tiempo SNII 1 años	Tiempo SNII 2 años	Tiempo SNII 3 años
0.709	10	10	0	10	0	0	0	10	0
0.921	23	23	0	0	23	0	0	23	0
0.728	8	8	0	8	0	0	0	0	8
0.750	7	0	7	7	0	0	2	1	2
1.000	50	21	29	12	37	2	14	26	8
0.993	1	1	0	0	1	0	0	0	0
0.857	17	17	0	0	17	1	16	0	0
0.953	9	9	0	0	9	0	0	0	9
0.981	2	2	0	0	2	0	0	0	0
0.738	1	1	0	1	0	0	0	0	0
0.692	4	4	0	4	0	0	4	0	0
0.500	3	2	1	0	0	0	0	2	0

Fuente: Elaboración propia.

Nota. Se resalta el valor de máxima eficiencia (1.000) que los masculinos obtuvieron y su relación con los tiempos obtenidos de sus valores de entrada (se descartan valores menos representativos).

La Tabla 2.5, presenta los resultados de eficiencia para las femeninas en función del tiempo que tomó graduarse, el tiempo que tardaron en ingresar el SNII y el nivel de SNII con el que se ingresó, en donde 23 de ellas en el nivel de SNII C y 28 en SNII 1. Además, 10 de estas graduadas finalizaron su doctorado en 3 años, mientras que 41 lo hicieron en 4 años. Respecto al tiempo de ingreso al SNII, 3 graduadas lograron ingresar en 0.5 años, 15 en 1 año, y 33 en 2 años. En contraste la Tabla 2.6, muestra los graduados, revela cómo se distribuyen los factores clave de acuerdo con sus niveles de eficiencia. El valor de eficiencia 1.0 fue alcanzado por 50 graduados, de los cuales 21 pertenecen al nivel SNII C y 29 al SNII 1. En cuanto al tiempo de graduación, 12 completaron en 3 años, 37 en 4 años, y solo 1 en 5 años. En términos de tiempo para ingresar al SNII, 2 ingresaron en 0.5 años, 14 en 1 año, y 26 en 2 años. Si consideramos el hecho de que la muestra original tiene más hombres (135) que mujeres (113), la distribución de las eficiencias óptimas (1.0) entre los géneros es más favorable para las mujeres cuando se normaliza por la cantidad total de personas en cada grupo.

Cálculo Normalizado: Mujeres: de las 113 mujeres en la muestra, 51 alcanzaron la eficiencia de 1.0 (100%), lo que representa aproximadamente el 45.13% de las mujeres. Hombres: de los 135 hombres en la muestra, 50 alcanzaron la eficiencia de 1.0 (100%), lo que representa aproximadamente el 37.04% de los hombres.

Aunque en términos absolutos el número de mujeres y hombres que alcanzaron la eficiencia óptima es similar (51 vs. 50), cuando se normaliza los resultados por el tamaño de la muestra, un mayor porcentaje de mujeres alcanzó la eficiencia de 1.0 en comparación con los hombres. Esto sugiere que, proporcionalmente, las mujeres tienen un mejor desempeño en términos de eficiencia dentro del grupo, sobresaliendo frente a los hombres en este aspecto.

Para complementar el análisis de eficiencia mediante el modelo DEA, se aplicó el método de regresión Tobit (formula = eficiencias ~ tiempo_graduacion_inverso + num_directores + tiempo_para_sni_inverso, left = 0, right = 1) con el objetivo de validar los resultados y evaluar el impacto de las variables independientes en la eficiencia de las variables utilizadas (Tabla 2.7).

Tabla 2.7

Resultados del método Tobit, coeficientes y p-value.

Coefficients:	Estimate	Std. Error	z value	value (p-value)	Pr(> z)
(Intercept)	1.840203	0.038257	48.101	< 2e-16 ***	
tiempo_graduacion_inverso	-1.985419	0.090023	-22.054	< 2e-16 ***	
num_directores	-0.221037	0.012967	-17.046	< 2e-16 ***	
tiempo_para_sni_inverso	0.011102	0.003347	3.317	0.00091 ***	
Log(scale)	-2.811750	0.054484	0.054484	< 2e-16 ***	

Fuente: Elaboración propia.

Nota. Estos resultados del método Tobit, proporcionan los valores de los coeficientes y de p-value.

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**'

Scale: 0.0601

Log-likelihood: 217.7 on 5 Df

Wald-statistic: 689.1 on 3 Df, p-value: < 2.22e-16

Tiempo de graduación inverso y número de directores tienen un impacto negativo sobre la eficiencia, lo cual es coherente con lo que se espera. Tiempo para ingresar al SNII

tiene un pequeño impacto positivo en la eficiencia. Los p-values indican que todos los coeficientes son estadísticamente significativos. Esto significa que las variables influyen de manera clara sobre la eficiencia y no son producto del azar.

Discusión

El análisis de eficiencia realizado mediante el modelo DEA, utilizando como inputs el tiempo de graduación, el número de directores de tesis, y el tiempo necesario para ingresar al SNII, y como output el nivel de SNII con el que se ingresó, revela patrones significativos en la eficiencia de los graduados y graduadas de doctorado del IPN entre 2012 y 2022, ofrece una visión detallada sobre cómo las variables de tiempo, el género y el número de directores de tesis influyen en la eficiencia académica y profesional de estos.

En las frecuencias de eficiencia, observamos que la mayoría de los graduados se concentran en niveles de eficiencia óptima que es 1.00, Esta tendencia sugiere que un número significativo de graduados y graduadas optimizan los recursos disponibles durante su formación doctoral y su transición al SNII. En el caso específico de la eficiencia de 1.00, predomina la supervisión con un solo director de tesis, lo cual refuerza la tendencia observada de que una supervisión concentrada se correlaciona con una mayor eficiencia, y en donde 45.13% con esta eficiencia son mujeres vs 37.04% de los hombres. Este resultado podría indicar que una supervisión compartida, aunque rica en perspectivas, podría estar asociada con menores eficiencias, tal vez debido a las complejidades adicionales en la gestión y coordinación de las expectativas de múltiples directores.

El modelo DEA permitió identificar eficiencias menores a 1, se observan variaciones entre géneros, estos valores pueden indicar diferencias en las trayectorias académicas que merecen un análisis más profundo para identificar factores subyacentes, dado que estos porcentajes son diferentes de la eficiencia óptima.

Por ende, el análisis basado en el modelo DEA revela que el número de directores de tesis y el género influyen significativamente en la eficiencia de los graduados de doctorado. Una dirección concentrada parece correlacionarse con mayores niveles de eficiencia y una integración más rápida en redes de investigación nacionales como el SNII, mientras que la codirección, aunque potencialmente más enriquecedora, podría estar asociada con menores niveles de eficiencia, especialmente en el caso de los graduados masculinos. Estos hallazgos sugieren la necesidad de explorar estrategias para optimizar las colaboraciones y la dirección de tesis para maximizar la eficiencia y el éxito profesional de los graduados de doctorado.

Conclusiones

El presente estudio, basado en el análisis de eficiencia mediante el modelo DEA, ha revelado hallazgos significativos en la relación entre las variables de tiempo de graduación, número de directores de tesis, tiempo de ingreso al SNII, y el nivel de SNII alcanzado por los graduados de doctorado del IPN durante el periodo 2012-2022. Los resultados indican que la mayoría de los graduados se sitúan en niveles de eficiencia cercanos a 1.0, con una tendencia marcada a ser asistidos por un solo director de tesis. Este hallazgo sugiere que una supervisión concentrada podría facilitar un uso óptimo de los recursos y una transición más efectiva hacia el SNII.

Una limitación del estudio es la falta de un análisis cualitativo que explore más a fondo las dinámicas entre director(es) y estudiante, así como otros factores externos que podrían influir en la eficiencia, como el contexto institucional o la disponibilidad de recursos. Además, el análisis se centra en la eficiencia cuantitativa, sin considerar la calidad de los resultados obtenidos ni el impacto a largo plazo en la carrera de los graduados. Futuros estudios podrían incluir estos aspectos, así como un análisis comparativo con otras instituciones para identificar prácticas que optimicen la eficiencia de los programas de posgrado.

El análisis destacó las diferencias de género y el impacto del número de directores de tesis en la eficiencia académica. Las frecuencias de eficiencia muestran una clara tendencia en la que la eficiencia 1.0 es más común entre los graduados con un solo director, especialmente en mujeres, mientras que las eficiencias menores parecen estar asociadas con la codirección, sugiriendo posibles desafíos adicionales en la gestión de múltiples supervisores.

Finalmente, este análisis evidencia que tanto el número de directores de tesis como el género son factores influyentes en la eficiencia de los graduados de doctorado. La dirección de tesis única se asocia con una mayor eficiencia y una inserción más rápida en redes de investigación, lo que podría orientar futuras políticas académicas hacia una optimización de la dirección de tesis. A su vez, las disparidades de género identificadas subrayan la necesidad de continuar explorando estrategias para cerrar estas brechas y mejorar la eficiencia y el éxito profesional de todos los graduados de doctorado.

Referencias

- Castro Coria, E., & Gómez Monge, R. (2022). Análisis envolvente de datos de las plataformas educativas por área académica. *Apertura* (Guadalajara, Jal.), 14(2), 92-109. <https://doi.org/https://doi.org/10.32870/ap.v14n2.2199>
- Coplaneval. (2023). Coplaneval-IPN. Indicadores. https://www.ipn.mx/assets/files/coplaneval/docs/Evaluacion/Indicadores%202022_final.pdf

- De la Hoz, E., Zuluaga, R., & Mendoza, A. (2021). Assessing and Classification of Academic Efficiency in Engineering Teaching Programs. *Journal on Efficiency and Responsibility in Education and Science*, 14(1), 41-52. <https://doi.org/https://doi.org/10.7160/eriesj.2021.140104>
- Delfín, O., Odette, V., Navarro, C., José César, L., & Cardona, M. (2024). Eficiencia de la educación secundaria en México, 2010-2017: Un estudio a nivel municipal a través del análisis de la envolvente de datos. *Perfiles latinoamericanos*, 32(63). Epub 29 de julio de 2024. <https://doi.org/10.18504/pl3263-003-2024>
- González Cadena, M., & Vázquez Rojas, A. (2021). Medición de la tercera misión en las universidades públicas estatales en México por medio del análisis envolvente de datos. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(21), e054. <https://doi.org/https://doi.org/10.23913/ride.v11i21.793>
- IPN. (2022a). Instituto Politécnico Nacional. <https://www.ipn.mx/comunidad/organizacion-y-estructura/mision-e-historia.html>
- IPN. (2022b). Instituto Politécnico Nacional. <https://www.ipn.mx/oferta-educativa/posgrado/>
- Li, O., & Su, Z. (2018). Evaluation on Efficiency of Innovation and Entrepreneurship Education in a University Based on DEA. *International Conference on Computer, Communication and Network Technology (CCNT)*, 291, 710-714. <https://doi.org/10.12783/dtcse/ccnt2018/24784>
- Martín Pavón, M., Sevilla Santo, D., & Jenaro Río, C. (2018). Factores personales-institucionales que impactan el rendimiento académico en un posgrado en educación. *CPU-e Revista de Investigación Educativa.*, 27, 4-32. Epub 07 de septiembre de 2020 <https://doi.org/10.25009/cpue.v0i27.2556>
- Organización de Estados Iberoamericanos (OEI). (2018). El estado de la ciencia. Principales. Argentina: Altuna Impresores. https://www.rieyt.org/wp-content/uploads/2018/10/www.rieyt_.org_files_edlc_2018.pdf
- Peinado Camacho, J. (2023). Hacia la equidad de género en el posgrado en México. *Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 11(2), 532-546. Epub 01 de agosto de 2023. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-01322023000200036&lng=es&tlng=es
- Peinado Camacho, J., Mayagoitia Barragán, V., & Cruz Guerra, C. (2019). Los grupos de investigación y su impacto en los factores que determinan la eficiencia terminal del posgrado. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 32(1). <https://doi.org/10.46377/dilemas.v28i1.1712>
- Puentes Prieto, D., & Rugeles Bastos, Y. (2023). Análisis de la eficiencia del gasto público en la calidad de la educación superior en Colombia para el periodo 2017-2022. *Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca*.

- Ramirez Gutierrez, Z. (2020). Eficiencia y rankings en la gestión pública universitaria. Modelos de medición y comparación a través del análisis envolvente de datos. Tesis, Universitat de València. <https://producciocientifica.uv.es/documentos/617cd-b28a090953abfa33fa2?lang=en>
- Rodrigues, L., Dos Santos, M., & Rocha, C. (2022). Application of DEA and Group Analysis using K-means; compliance in the context of the performance evaluation of school networks. *Procedia Computer Science*, 199, 687-696. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.085>
- Scimago Institutions Rankings. (2023). Scimago INstitutions Rankings. <https://www.scimagoir.com/>
- Scimago IBER. (2024). Scimago IBER. <https://www.scimagoiber.com/institution.php?id=5503>
- Ucar, E., & Karsak, E. (2023). Evaluating Educational Performance of OECD Countries with Common-Weight DEA-Based Models. *Journal of the Knowledge Economy*. <https://doi.org/10.1007/s13132-023-01619-9>
- Villano, R., & Tran, C. (2021). Survey on technical efficiency in higher education: A meta-fractional regression analysis. *Pacific Economic Review*, 26(1), 110-135. <https://doi.org/10.1111/1468-0106.12310>