

<https://doi.org/10.23913/ride.v14i28.1971>

Artículos científicos

***Propuesta de un modelo para analizar la calidad entre las
instituciones del Tecnológico Nacional de México
Proposal of a model for the analysis of quality among institutions of the
Tecnológico Nacional de México
Proposta de um modelo para analisar a qualidade entre as instituições da
Tecnologia Nacional do México***

Eloísa Bernardett Villalobos Oliver

Tecnológico Nacional de México, Departamento de Ciencias Básicas, México
eloisa.villalobos@itcelaya.edu.mx
<http://orcid.org/0000-0002-1160-7436>

Ma. Del Carmen Cornejo Serrano

Tecnológico Nacional de México, Departamento de Ciencias Básicas, México
carmen.cornejo@itcelaya.edu.mx
<http://orcid.org/0000-0002-7940-6710>

Pedro Alberto Quintana Hernández

Tecnológico Nacional de México, Departamento de Ingeniería Química, México
pedro.quintana@itcelaya.edu.mx
<http://orcid.org/0000-0001-9778-3977>

Resumen

La calidad educativa es uno de los temas que preocupa a las instituciones de educación superior, y una forma de medirla es a través de indicadores actualizados y comparables que reflejen el estado actual de la educación a nivel internacional. Por eso, el objetivo de este trabajo fue desarrollar un modelo matemático que permita analizar el desempeño de los Institutos Tecnológicos (IT) pertenecientes al Tecnológico Nacional de México (TecNM). La originalidad del estudio se encuentra en la formulación del modelo matemático utilizando información publicada por cada IT en los anuarios estadísticos del TecNM, lo cual elimina la necesidad de recopilar información adicional. Para ello, se usaron 21 indicadores reportados por 126 IT durante el periodo 2015-2018, y se empleó un enfoque cuantitativo con un diseño no experimental y longitudinal. El método para estructurar el modelo



matemático incluyó el análisis factorial (AF) en etapas exploratoria y confirmatoria, combinado con regresión lineal múltiple para la formulación de las ecuaciones estructurales. Los resultados mostraron la significancia de cuatro factores con 17 indicadores en la etapa exploratoria, y cuatro factores con 9 indicadores en la etapa confirmatoria. Además, los coeficientes de los diferentes factores del modelo fueron consistentes a través del tiempo, al igual que los cinco IT que ocuparon los primeros lugares en el índice total de desempeño calculado con el modelo. Se propone, por tanto, continuar con una línea de investigación orientada a la generación de indicadores que sean representativos de los procesos estratégicos del TecNM y permitan la comparación con otras instituciones de educación superior.

Palabras clave: indicadores educativos, calidad educativa, análisis factorial exploratorio, análisis factorial confirmatorio, regresión lineal múltiple.

Abstract

Educational quality is one of the issues that concerns higher level institution and attempts have been made to measure it through updated and comparable indicators that reflect the current state of education on an international level. The objective of this work was to develop a mathematical model that allows the analysis of the performance of the Technological Institutes (TIs) belonging to the Tecnológico Nacional de México (TecNM). The originality of the work is found in the formulation of a mathematical model using information published by each TI in the TecNM Statistical Yearbooks, so that it is not necessary to collect additional information. In this study, 21 indicators reported annually by 126 TIs from 2015 to 2018 were used; it was used a quantitative study with a longitudinal non-experimental design. The method used to structure the mathematical model was Factor Analysis (FA) with exploratory and confirmatory stages combined with Multiple Linear Regression for the formulation of the structural equations. The results showed four significant factors with 17 indicators at the exploratory stage and the same four factor with nine indicators at the confirmatory stage. In additions, the model coefficients were consistent through the years, as well as the five TIs that appeared at the top places in the total performance index calculated with the model. It is therefore proposed to continue with this line of research aimed at generating indicators that are representative of the strategic processes of TecNM and allow comparison with other higher education institutions.

Key words: educational quality, quality indexes, exploratory factor analysis, confirmatory factor analysis, structural equations.



Resumo

A qualidade educativa é uma das questões que preocupa as instituições de ensino superior, e uma forma de a medir é através de indicadores atualizados e comparáveis que reflitam o estado atual da educação a nível internacional. Portanto, o objetivo deste trabalho foi propor um modelo matemático que permita analisar o desempenho dos Institutos Tecnológicos (TI) pertencentes ao Instituto Tecnológico Nacional do México (TecNM). A originalidade do estudo reside na formulação do modelo utilizando as informações publicadas por cada TI nos anuários estatísticos do TecNM, o que dispensa a necessidade de coleta de informações adicionais. Para isso, foram utilizados 21 indicadores reportados por 126 TIs durante o período 2015-2018, e foi utilizada uma abordagem quantitativa com desenho não experimental e longitudinal. O método de estruturação do modelo matemático incluiu análise fatorial (AF) nas etapas exploratória e confirmatória, combinada com regressão linear múltipla para formulação das equações estruturais. Os resultados mostraram a significância de quatro fatores com 17 indicadores na etapa exploratória, e quatro fatores com 9 indicadores na etapa confirmatória. Os resultados mostraram que os coeficientes dos diferentes fatores do modelo foram consistentes ao longo do tempo, assim como os cinco TIs que ocuparam os cinco primeiros lugares no índice total desenvolvido. Propõe-se, portanto, dar continuidade a uma linha de pesquisa voltada à geração de indicadores representativos dos processos estratégicos do TecNM e de outras instituições de ensino superior.

Palavras-chave: indicadores educacionais, qualidade educacional, análise fatorial exploratória, análise fatorial confirmatória, regressão linear múltipla.

Fecha Recepción: Enero 2024

Fecha Aceptación: Junio 2024

Introducción

La calidad educativa es uno de los temas que más preocupa a los mexicanos, ya que de ella depende, en gran parte, el futuro del país. Según Duarte-Mora (2019), la calidad educativa es un concepto multidimensional, relativo y fuertemente influido por diversos factores, los cuales se pueden orientar hacia dos ramas principales:

- a. La rama predictora, que permite diagnosticar la estructura institucional educativa considerando elementos como el liderazgo educativo, los métodos educativos, la gestión de recursos, el diseño de estrategias y la disponibilidad de medios, entre otros.
- b. La rama de indicadores, que muestra las metas hacia las cuales debe enfocarse la calidad educativa. Aquí, los involucrados en el proceso educativo, incluyendo autoridades gubernamentales, directivos, docentes y alumnos, deben asumir sus compromisos y responsabilidades.

Ahora bien, existen organismos internacionales que han desarrollado una serie de indicadores educativos con el objetivo de comparar y observar la mejora de los niveles educativos entre países, como el Programa Mundial de Indicadores Educativos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (2017), el cual proporciona una gran cantidad de indicadores actualizados y comparables que reflejan el estado actual de la educación a escala internacional.

Desde el punto de vista económico, Nikolaevna *et al.* (2020) llevaron a cabo una investigación para establecer indicadores de la actividad económica de las instituciones educativas. Ese estudio requirió determinar los ingresos de cada departamento, calcular sus costos y flujos de efectivo, valorar los activos fijos invertidos en cada uno, así como determinar los coeficientes de significancia de los componentes del indicador de eficiencia. Estos componentes fueron evaluados por expertos, los cuales consideraron las condiciones específicas de funcionamiento de la universidad y los objetivos marcados por las autoridades de las instituciones.

Por su parte, en el caso de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (2019), cuenta con un catálogo de indicadores de actividad y desempeño. Entre los primeros se incluyen la demanda, la población escolar, los egresos, las titulaciones, el número de proyectos de investigación, los productos de investigación, así como la asistencia a actividades de difusión y extensión, entre otros. En cuanto a los indicadores de desempeño, se mencionan la relación demanda/cupo, la regularidad, la eficiencia terminal, los índices de aprobación/reprobación, la producción bibliográfica por investigador, y las variaciones en la

asistencia a actividades de difusión o extensión, entre otros. Estos indicadores son utilizados para tomar decisiones sobre la continuidad de proyectos, la asignación de recursos, la comparación entre instituciones y para la rendición de cuentas estándar.

Asimismo, se han desarrollado investigaciones que clasifican las instituciones de educación superior según su desempeño utilizando indicadores educativos. Por ejemplo, en Colombia, el Ministerio de Educación Nacional implementó un esquema donde se asignan fondos según el desempeño de las instituciones, calculado a través de un modelo matemático que genera un índice de desempeño sintético basado en el análisis de múltiples factores. Con este índice se pueden clasificar las IES, analizar su trayectoria en un momento dado, revisar su evolución en el tiempo, y detectar sus fortalezas y debilidades (Visbal *et al.*, 2020).

Dhir (2020) también desarrolló una escala para medir la eficacia institucional de las escuelas de negocios de la India mediante análisis factorial exploratorio. En dicho estudio se utilizaron 15 ítems distribuidos en cuatro grandes factores que permitieron evaluar y mejorar los resultados de una institución en términos de planificación, desempeño y efectividad. La escala fue validada en cuanto a su contenido, constructo y validez de criterio, con puntajes de confiabilidad satisfactorios en cada factor.

Igualmente, Cornejo (2018) propuso un conjunto de indicadores básicos para caracterizar los procesos estratégicos de vinculación, académicos, de planeación, administración de recursos y calidad. Estos indicadores fueron diseñados para medir la calidad educativa en los IT del Tecnológico Nacional de México (TecNM) y determinar las áreas prioritarias de crecimiento de cada institución.

No obstante, a pesar de que se han propuesto diversos modelos matemáticos para medir la calidad educativa en el nivel superior, aún no se ha establecido un esquema de medición para los IT del TecNM. Por esta razón, en este trabajo se presenta un modelo matemático de correlación desarrollado para estimar el índice de desempeño y calidad de los institutos que conforman el TecNM, utilizando información reportada en los anuarios de los años 2015 a 2018. El modelo ha sido desarrollado mediante análisis factorial exploratorio, análisis factorial confirmatorio y regresión lineal múltiple. Tras su validación, el modelo ha permitido realizar un análisis de la evolución de los indicadores y el comportamiento de los procesos estratégicos durante ese periodo.

Materiales y método

Hipótesis

Es posible desarrollar un modelo matemático, basado en ecuaciones estructurales, para cuantificar el comportamiento de los diferentes indicadores de desempeño y calidad usando información reportada en el periodo 2015-2018, que permita la comparación institucional y la toma de decisiones en el TecNM.

Materiales

Esta investigación utilizó la información reportada por los 126 tecnológicos federales del Tecnológico Nacional de México en los anuarios de estadística básica del TecNM. Cada IT reporta anualmente la siguiente información: oferta educativa por programa (licenciatura y posgrado), matrícula total por género, cantidad de aspirantes y aceptados, índice de absorción, alumnos de reingreso y nuevos ingresos, estudiantes que realizaron servicio social y residencias profesionales, número de egresados y titulados por semestre. También se incluye información sobre el capital humano: cantidad de personal docente y no docente por género, perfil académico de los docentes (licenciatura, maestría, doctorado, con y sin grado), y cantidad de profesores de tiempo completo (con o sin posgrado).

En cuanto al proceso de investigación, se reportan datos sobre la cantidad de cuerpos académicos y su nivel de desarrollo, así como profesores con perfil deseable y miembros del SNI. Esta información fue empleada por Cornejo (2018) para desarrollar los indicadores de desempeño de los IT y crear una base de datos que sirvió para los análisis estadísticos procesados en SPSS y AMOS. La tabla 1 muestra la lista de indicadores y las fórmulas para su estimación.

Tabla 1. Indicadores de desempeño y fórmulas para su estimación

Nombre	Fórmula de cálculo
1. Antigüedad (A)	$\frac{\text{años de antigüedad de la institución}}{\text{años del instituto con más antigüedad en el TecNM}}$
2. Matrícula total (MT)	$\frac{\text{alumnos inscritos en licenciatura y posgrado}}{\text{máximo número de alumnos inscritos en un instituto}}$
3. Total de programas educativos (PET)	$\frac{\text{programas de licenciatura y posgrado}}{\text{máxima cantidad de programas en un instituto}}$
4. Total de carreras de licenciatura (TCL)	$\frac{\text{programas de licenciatura}}{\text{máxima cantidad de programas de lic. en un instituto}}$
5. Carreras de licenciatura acreditadas (CLA)	$\frac{\text{programas de licenciatura acreditados}}{\text{total de programas de licenciatura}}$
6. Matrícula en posgrado (MP)	$\frac{\text{matrícula en posgrado}}{\text{matrícula máxima en posgrado en un instituto}}$
7. Total de posgrados (TP)	$\frac{\text{programas de posgrado}}{\text{máxima cantidad de programas de posgrado en un instituto}}$
8. Total de programas en PNPC (PNPC)	$\frac{\text{programas de posgrado en el PNPC}}{\text{programas de posgrado}}$
9. Solicitudes de licenciatura (SL)	$\frac{\text{alumnos solicitantes en licenciatura}}{\text{máxima cantidad de aspirantes en un instituto}}$
10. Índice de absorción (IA)	$\frac{\text{alumnos aceptados en licenciatura}}{\text{alumnos solicitantes en licenciatura}}$
11. Índice de egreso (IE)	$\frac{\text{alumnos egresados en licenciatura y posgrado}}{\text{alumnos aceptados en licenciatura y posgrado}}$
12. Índice de titulación (IT)	$\frac{\text{alumnos titulados en licenciatura y posgrado}}{\text{alumnos egresados en licenciatura y posgrado}}$
13. Servicio social (SS)	$\frac{9 * \text{alumnos con servicio social}}{2 * \text{matrícula licenciatura}}$
14. Residencias profesionales (RP)	$\frac{9 * \text{alumnos con residencia profesional}}{2 * \text{matrícula licenciatura}}$
15. Total de docentes con posgrado (TDCP)	$\frac{\text{docentes con maestría y doctorado}}{\text{cantidad total de docentes}}$

16. Total de docentes con doctorado (TDCD)	$\frac{\text{docentes con doctorado}}{\text{cantidad total de docentes}}$
17. Total de docentes con tiempo completo (PTC)	$\frac{\text{docentes con tiempo completo}}{\text{cantidad total de docentes}}$
18. Total de docentes con tiempo completo con posgrado (PTC_CP)	$\frac{\text{docentes de tiempo completo con posgrado}}{\text{cantidad total de docentes}}$
19. Total de cuerpos académicos (CA)	$\frac{\text{total de cuerpos académicos en la institución}}{\text{máxima cantidad de cuerpos académicos en un instituto}}$
20. Total de profesores con perfil deseable (TPPD)	$\frac{\text{cantidad de docentes con perfil deseable}}{\text{total de profesores de tiempo completo con posgrado}}$
21. Total de profesores en el SNI (SNI)	$\frac{\text{cantidad de docentes con SNI}}{\text{máxima cantidad de docentes con SNI en un instituto}}$

Fuente: Cornejo (2018)

Método

En este trabajo se desarrolló un estudio cuantitativo con diseño no experimental y longitudinal. Utilizando la información reportada en los anuarios durante el periodo 2015-2018, se calcularon los indicadores detallados en la tabla 1 para cada IT y cada año. Luego, se efectuó un análisis estadístico exploratorio mediante el análisis de componentes principales para estimar los factores significativos y su asociación con los índices mencionados en la tabla 1 (modelo base). Posteriormente, se empleó un análisis factorial confirmatorio (CFA) para validar el modelo base y verificar la consistencia de las variables latentes (factores) con los datos de los otros años (Brown, 2015). Además, se aseguró que los modelos obtenidos cumplieran con los criterios de ajuste incluidos en las tablas 2 y 3 (Hu y Bentler, 1999).

Empleando el modelo desarrollado, se determinaron las cargas de cada factor para cada IT utilizando los *softwares* AMOS y SPSS 24 para el análisis de datos generados. La suma de las cargas de cada IT representó el índice total, que fue normalizado usando el mayor de los índices obtenidos para todos los IT. Con los índices totales normalizados se ordenaron los IT en orden decreciente y se analizó la posición de cada IT en el periodo considerado.

Finalmente, para desarrollar un modelo predictivo del índice total de cualquier tecnológico, se llevó a cabo un proceso de regresión lineal múltiple empleando las cargas de los factores de todos los tecnológicos analizados.

Tabla 2. Pruebas de bondad de ajuste para el análisis factorial confirmatorio

Parámetro	Valores limitantes
χ^2 Chi cuadrada /Grados de libertad CMIN/DF (Byrne, 2016).	< 3 bueno < 5 algunas veces permitido
CFI Índice de ajuste comparativo	> 0.95 excelente > 0.90 tradicional > 0.80 algunas veces permitido
SRMR Raíz cuadrada estandarizada del promedio del cuadrado de los residuales	< 0.09
RMSEA Raíz cuadrada del error de aproximación	< 0.05 bueno Entre 0.05 y 0.10 moderado > 0.10 ajuste pobre
Pclose P valor para el modelo	> 0.05

Fuentes: Hu y Bentler (1999), Hair *et al.* (2014) y Byrne (2016)

Tabla 3. Criterios para la confiabilidad y validez del modelo

Parámetro	Valores limitantes
Varianza media extraída (AVE)	AVE > 0.5
Validez de constructo (CR)	CR > 0.7
Máxima varianza compartida (MSV)	MSV < AVE

Fuente: Hair *et al.* (2014) y Gaskin (2016a)

Resultados

El análisis factorial exploratorio se efectuó con el *software* SPSS 24, utilizando el método de extracción de componentes principales y seleccionando como factores significativos aquellos con valores propios superiores a 1. En la tabla 4 se presentan los valores propios, las sumas de extracción de cargas y la suma de rotación de cargas para los cuatro componentes principales significativos para los datos del año 2015. El valor propio más grande (8.117) corresponde al factor más significativo, el cual puede explicar hasta el 47.749 % de la varianza total. Al considerar los cuatro factores con valores propios superiores a la unidad, la varianza acumulada alcanzó el 78.415 %. Además, la rotación de ejes fortaleció la asociación de los indicadores con los factores principales correspondientes.

En la tabla 5 se muestra la matriz de comunalidades de los indicadores extraídos en cada año utilizando el método de rotación Varimax y normalización Kaiser. Los indicadores que presentaron comunalidades inferiores a 0.5 fueron eliminados en las etapas siguientes

del análisis debido a su baja correlación con cualquiera de los cuatro componentes principales (factores).

En la tabla 6 se distribuyen los 17 indicadores en los cuatro factores significativos identificados en la etapa exploratoria: investigadores, institución, docentes y alumnos. Los indicadores asociados al factor *investigadores* incluyen lo siguiente: SNI, total de posgrados, matrícula del posgrado, cuerpos académicos, total de docentes con doctorado e índice de absorción. Para el factor *institución*, los indicadores asociados fueron total de carreras con licenciaturas, programas educativos totales, matrícula total, solicitudes de licenciatura y antigüedad. En cuanto al factor *docentes*, los indicadores fueron profesores de tiempo completo con posgrado, total de docentes con posgrado y profesores de tiempo completo. Finalmente, para el factor *alumnos* se asociaron los indicadores servicio social, índice de egreso y residencias.

Al repetir el procedimiento de extracción de componentes principales con los datos de otros años, se observó que cuatro componentes principales resultaban significativos y que la asociación de indicadores y factores era similar. Al concluir el análisis factorial exploratorio, se determinó que para cualquier año existen cuatro componentes principales significativos, y que el número de indicadores se redujo de 21 a 17 con la eliminación de los indicadores carreras de licenciatura acreditadas, total de programas en PNPC, índice de titulación y total de profesores con perfil deseable, cuyas cargas resultaron ser menores a 0.5.

Tabla 4. Varianza total explicada por componente principal sin y con rotación (datos año 2015)

Componente principal	Sumas de extracción de cargas			Sumas de rotación de cargas		
	Valor propio	% de varianza	% acumulado	Valor propio	% de varianza	% acumulado
1	8.117	47.749	47.749	4.490	26.413	26.413
2	2.403	14.135	61.884	3.664	21.551	47.964
3	1.755	10.322	72.206	2.765	16.256	64.229
4	1.056	6.209	78.415	2.412	14.187	78.415

Fuente: Villalobos (2020)

Tabla 5. Matriz de comunalidades de extracción con rotación Varimax para cada indicador por año

Índice	2015	2016	2017	2018
Antigüedad	0.783	0.860	0.723	0.739
Matricula total	0.797	0.841	0.843	0.817
Programas educativos totales	0.903	0.888	0.894	0.905
Total de carreras de licenciatura	0.829	0.796	0.809	0.724
Matrícula de posgrado	0.825	0.825	0.850	0.812
Total de posgrados	0.897	0.897	0.900	0.873
Solicitudes a licenciatura	0.826	0.833	0.795	0.827
Índice de absorción	0.642	0.649	0.614	0.727
Índice de egreso	0.721	0.648	0.552	0.718
Servicio social	0.727	0.556	0.702	0.690
Residencias profesionales	0.640	0.787	0.739	0.659
Total de docentes con posgrado	0.718	0.760	0.673	0.717
Total de docentes con doctorado	0.658	0.777	0.742	0.717
Profesores de tiempo completo	0.780	0.819	0.779	0.695
Profesores de tiempo completo con posgrado	0.904	0.927	0.939	0.879
Cuerpos académicos	0.825	0.830	0.756	0.796
Profesores con reconocimiento del SIN	0.854	0.904	0.867	0.765

Fuente: Cornejo (2018) y Villalobos (2020)

Tabla 6. Asociación de indicadores por componente principal usando los datos del 2015 con rotación Varimax y normalización Kaiser

Indicador	Componentes principales			
	Investigadores	Instituciones	Docentes	Alumnos
SNI	0.854			
TP	0.836			
MP	0.816			
CA	0.784			
TDCD	0.589			
IA	-0.564			
TCL		0.905		
PET		0.824		
MT		0.729		
SL		0.693		
A		0.596		
PTC_CP			0.901	
TDCP			0.825	
PTC			0.702	
SS				0.831
IE				0.783
RP				0.781

Fuente: Villalobos (2020)

En la segunda etapa, se realizó un análisis factorial confirmatorio utilizando el modelo base con 4 factores, el cual fue validado con el *software* AMOS 22 y el plugin Model Fit Measures de Gaskin (2016a). En este análisis, se encontró que de los 17 indicadores iniciales solo 9 podían ser asociados a los cuatro factores y cumplir con los estándares establecidos (Gaskin, 2016c).

La figura 1 muestra una representación gráfica del modelo en la etapa confirmatoria, donde se incluyen los valores de las covarianzas entre las variables de los factores y entre los factores. Los indicadores asociados a cada factor son los siguientes: al factor *investigación* se asociaron SNI y total de cuerpos académicos; al factor *docentes* se asociaron profesores de tiempo completo y profesores de tiempo completo con posgrado; al factor *institución* se asociaron programas educativos totales, matrícula total e índice de absorción, y al factor *alumnos* se asociaron residencias y servicio social.

En la tabla 7 se presentan los índices de bondad de ajuste para los cuatro años analizados. Los resultados indican que el modelo cumple con los criterios de Hu y Bentler (1999) excepto el valor RMSEA en 2017. El plugin sugiere eliminar el indicador PTC para que el valor RMSEA se aproxime a los criterios de validación; sin embargo, se decidió conservar el indicador en el modelo, pues se consideró que otros autores como Gaskin (2016b) mencionan criterios más flexibles para la aceptación de los modelos, y que el modelo cumple con el criterio para los otros tres años analizados. Además, la eliminación del indicador PTC dejaría el factor con solo un indicador, lo cual no es adecuado para la representación del modelo en general.

En la tabla 8 se muestran los resultados de la validación de la confiabilidad y validez para cada modelo. De acuerdo con los criterios presentados en la tabla 3, se concluye que los modelos presentaron buenos resultados, aunque existe validez convergente porque la RC del factor institución es menor que la del AVE (Gaskin. 2016c).

Tabla 7. Resultados de las pruebas de bondad de ajuste en la validación del modelo del análisis factorial confirmatorio

Índice	2015	2016	2017	2018
CMIN/DF	1.805	1.286	2.060	1.479
CFI	0.960	0.984	0.940	0.973
SRMR	0.056	0.059	0.085	0.075
RMSEA	0.097	0.059	0.114	0.077
Pclose	0.068	0.373	0.018	0.211

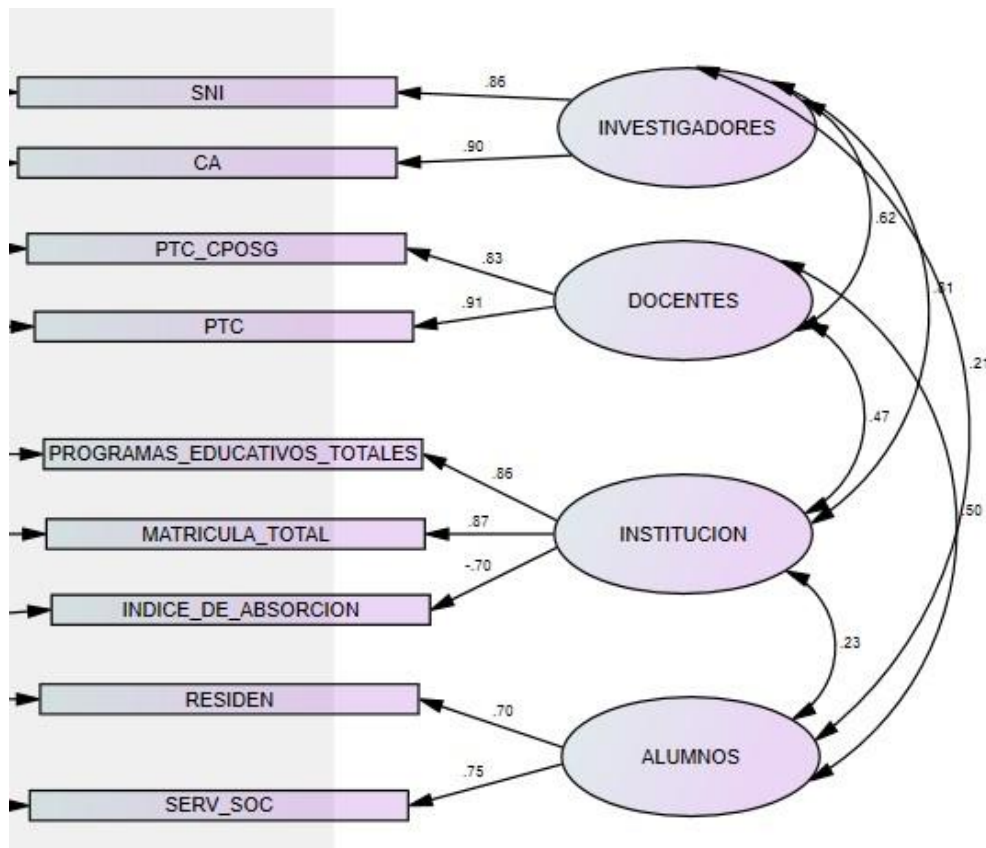
Fuente: Gaskin (2016c), Model Fit Measures, AMOS plugin

Tabla 8. Validez y confiabilidad de los modelos del análisis factorial confirmatorio

Año	Parámetro	Factores			
		Institución	Investigadores	Docentes	Alumnos
2015	CR	0.521	0.876	0.872	0.703
	AVE	0.676	0.780	0.773	0.545
	MSV	0.676	0.676	0.338	0.228
2016	CR	0.512	0.875	0.861	0.689
	AVE	0.664	0.778	0.756	0.526
	MSV	0.664	0.664	0.384	0.248
2017	CR	0.577	0.860	0.887	4.181
	AVE	0.676	0.754	0.797	6.102
	MSV	0.676	0.676	0.318	0.003
2018	CR	0.593	0.838	0.885	0.725
	AVE	0.644	0.722	0.795	0.587
	MSV	0.750	0.750	0.325	0.082

Fuente: Stat tools de Gaskin (2016b)

Figura 1. Modelo obtenido para 2015 después del análisis factorial confirmatorio



Fuente: Villalobos (2020)

Con el modelo obtenido para cada año, se calculó la carga factorial para cada uno de los institutos tecnológicos utilizando el *software* AMOS 22. En la tabla 9 se presentan los resultados parciales para los IT que obtuvieron los mayores puntajes con información del año 2015. El índice total fue normalizado utilizando el valor más grande entre todos los IT en cada año. Los valores de los índices totales máximos para los años 2015-2018 fueron 215.05, 208.66, 237.01 y 217.42 respectivamente.

Para los datos del 2015, solo 6 IT obtuvieron un índice mayor o igual a 0.7, mientras que 21 presentaron un índice menor a 0.3. Esta información se detalla en la tabla 10, que muestra las contribuciones porcentuales de cada factor en el modelo para cada IT con datos del 2015. Luego, con estos valores se calculó la contribución promedio de cada factor en el modelo.

Tabla 9. Cargas factoriales para cada IT para el año 2015 (datos parciales)

Instituto tecnológico	Alumnos	Institución	Docentes	Investigadores	Índice total	Índice normalizado
Celaya	3.16	53.73	72.81	85.35	215.05	1.00
Tijuana	2.78	70.99	47.81	62.9	184.48	0.86
Morelia	3.3	50.58	68.84	58.69	181.41	0.84
Ciudad Madero	4.18	53.87	51.87	50.53	160.45	0.74
Orizaba	3.88	38.59	69.66	47.4	159.53	0.74
Durango	3.57	51.93	58.88	43.83	158.21	0.74
Aguascalientes	2.66	43.11	55.99	46.3	148.06	0.69
Veracruz	3.79	32.8	65.18	42.62	144.39	0.67

Fuente: Villalobos (2020)

Tabla 10. Participación porcentual de cada factor en cada IT para el año 2015 (datos parciales)

Instituto Tecnológico	Alumnos	Institución	Docentes	Investigadores
Celaya	1.47	24.98	33.86	39.69
Tijuana	1.51	38.48	25.92	34.10
Morelia	1.82	27.88	37.95	32.35
Ciudad Madero	2.61	33.57	32.33	31.49
Orizaba	2.43	24.19	43.67	29.71
Durango	2.26	32.82	37.22	27.70
Aguascalientes	1.80	29.12	37.82	31.27
Veracruz	2.62	22.72	45.14	29.52

Fuente: Villalobos (2020)

Para obtener el modelo lineal de regresión múltiple se utilizaron las cargas de cada factor por cada tecnológico. La tabla 11 muestra las ecuaciones estructurales de predicción de las regresiones lineales múltiples para cada factor, así como la ecuación del índice global de desempeño normalizada. Los coeficientes de las ecuaciones para cada año se presentan en la tabla 12, mientras que los porcentajes de contribución de cada factor por año se muestran en la tabla 13. Se observa que el factor *docentes* tuvo el mayor impacto con una tendencia decreciente, lo cual podría explicarse por las normativas de contratación de nuevo personal de tiempo completo con posgrado, donde las diferencias entre los IT se van reduciendo.

Por otro lado, el factor *institución* presentó una tendencia creciente durante el periodo de análisis. Los IT consolidados tienen mayor posibilidad de incrementar el número de nuevos programas e incrementar su matrícula en comparación con los de reciente creación.

El factor *investigadores* mostró una participación baja en 2015 y se fortaleció durante los años siguientes debido al impulso que ha tenido la investigación y los diversos programas de financiamiento otorgados por TecNM, Conacyt y Prodep, entre otros.

Tabla 11. Ecuaciones de regresión propuestas para calcular cada factor y el índice del modelo

DOCENTES = A + B * PTC + C * PTC_CPOSG
ALUMNOS = A + B * RESIDEN + C * SERV_SOC
INSTITUCIÓN = A + B * PROGRAMAS_EDUCATIVOS_TOTALES + C*MATRICULA_TOTAL+D*ÍNDICE_DE_ABSORCIÓN
INVESTIGADORES = A + B * CA + C * sin
MODELO GLOBAL PARA OBTENER EL ÍNDICE
ÍNDICE ESTIMADO = $\frac{\text{DOCENTES} + \text{ALUMNOS} + \text{INSTITUCIÓN} + \text{INVESTIGADORES}}{\text{ÍNDICE TOTAL MÁXIMO}}$

Fuente: Cornejo (2018) y Villalobos (2020)

Tabla 12. Resumen de coeficientes para las ecuaciones de regresión para cada año

Coeficientes de los indicadores	2015	2016	2017	2018
DOCENTES				
A	0.587	0.232	-0.551	0.111
B	0.477	0.398	0.549	0.106
C	0.585	0.703	0.493	0.968
ALUMNOS				
A	0.376	0.026	-0.171	0.064
B	0.020	0.055	0.032	0.004
C	0.024	0.012	0.022	0.046
INSTITUCIÓN				
A	2.676	0.95	-1.227	-1.666
B	0.439	0.445	0.662	0.813
C	0.357	0.328	0.259	0.19
D	-0.153	-0.167	-0.091	-0.064
INVESTIGADORES				
A	5.742	7.230	11.372	11.845
B	0.505	0.545	0.455	0.447
C	0.359	0.346	0.454	0.451

Fuente: Cornejo (2018) y Villalobos (2020)

Tabla 13. Porcentajes de participación de cada factor del modelo por año

Factor	2015	2016	2017	2018
Investigadores	19	25	26	26
Docentes	56	46	43	38
Institución	21	22	28	32
Alumnos	4	5	3	4

Fuente: Cornejo (2018) y Villalobos (2020)

Con los índices totales normalizados se construyó una lista con la posición de cada IT para cada año. La primera posición fue ocupada por el IT con el índice total normalizado igual a la unidad. En la tabla 14 se muestra de manera parcial el listado con las posiciones de cinco IT en el periodo analizado.

Tabla 14. Tabla representativa de los tecnológicos con valores mayores en su índice institucional por año

Posición	2015	2016	2017	2018
1	Celaya	Celaya	Celaya	Celaya
2	Tijuana	Tijuana	Tijuana	Tijuana
3	Morelia	Morelia	Morelia	Morelia
4	Madero	Durango	Durango	Madero
5	Orizaba	Madero	Madero	La Laguna

Fuente: Cornejo (2018) y Villalobos (2020)

Discusión

Respecto a los índices de bondad de ajuste, se observó que para 2016 se cumplen perfectamente con los criterios de validez de Hu y Bentler (1999) presentados en la tabla 2. En los periodos 2015 y 2018, los modelos cumplían ampliamente con los criterios de validación, es decir, los valores de los índices de bondad de ajuste se encontraron dentro de los límites de tolerancia establecidos por Hu y Bentler (1999). Sin embargo, en 2017 los resultados muestran que el modelo cumplía con los criterios de validez de Hu y Bentler (1999), según lo indica la tabla 2 (Cutoff Criteria), excepto para el RMSEA, cuyo valor fue de 0.11, el cual es superior al límite superior de 0.08 establecido. A pesar de esto, el modelo se conservó debido a que otras opiniones —como la de Hooper *et al.* (2010)— recomiendan para el RMSEA valores límites en el rango de 0.05 a 0.10. Respecto a la validez y confiabilidad para el modelo de cada año, se observó que los modelos cumplen con los criterios establecidos en la tabla 3 de este trabajo.

Para cada año se construyó un modelo con ecuaciones estructurales, mediante los cuales se puede calcular el efecto de cada factor de manera global, es decir, en todos los tecnológicos, así como por institución. De manera global, se encontró que la participación de cada factor para cada año se comporta de la siguiente manera: el factor más impactante es el de *docentes*, seguido muy de cerca por el de *institución* y el de *investigadores*, y, por último, con muy baja contribución el factor *alumnos*. Estos resultados son consistentes en los tecnológicos de la muestra.

Los tecnológicos que cuentan con posgrados consolidados realizan investigación y sus miembros participan en actividades diferentes a las que se llevan a cabo en los tecnológicos sin posgrados consolidados. En la misma línea, el factor *docentes* muestra esta diferencia.

Con respecto al factor *alumnos*, su contribución global al modelo es pequeña debido a que los índices actuales corresponden a acciones que se han desarrollado durante muchos años en los institutos tecnológicos. Las diferencias en los indicadores de este factor entre todos los institutos tecnológicos son muy pequeñas. Sin embargo, el modelo es capaz de distinguir esas pequeñas diferencias.

Es importante señalar que este tipo de modelos proporciona un punto de partida para otras investigaciones basadas en el análisis de indicadores educativos. En otras palabras, el análisis en sí no mejora la calidad educativa, pero sirve como fuente de información para comparar el desempeño de todos los institutos tecnológicos del TecNM y tomar acciones sobre el rumbo que cada instituto podría tomar en un contexto global.

Por último, no fue posible comparar los resultados de este trabajo debido a la falta de referencias de otros índices calculados, propuestos y/o publicados por otras instituciones de educación superior.

Conclusiones

En este trabajo se analizaron 21 índices de desempeño publicados en los anuarios 2015-2018 de los institutos tecnológicos. Para ello, se emplearon estrategias de análisis factorial exploratorio y confirmatorio con el fin de determinar los factores estadísticamente significativos con mayor impacto, los cuales fueron nombrados como *investigadores*, *docentes*, *institución* y *alumnos*.

De los 21 indicadores reportados originalmente en los anuarios, solamente fueron necesarios 9 para integrar los cuatro factores. Asimismo, se desarrollaron ecuaciones estructurales mediante regresión lineal múltiple para cada factor y se cuantificó un índice total para cada Instituto Tecnológico. De esta manera, cada instituto tecnológico puede tomar las medidas necesarias para mejorar los indicadores que describen la actividad institucional realizada por cada uno de ellos y, como consecuencia, superar su desempeño institucional.

Con base en lo anterior, se sugiere que, de acuerdo con los planes de desarrollo del TecNM, se incluyan nuevos indicadores en los anuarios que permitan fortalecer los modelos de predicción de desarrollo institucional. Por ejemplo, actividades relacionadas con la vinculación con otras instituciones educativas y empresas, la participación de estudiantes en proyectos de desarrollo tecnológico e investigación, la inclusión de alumnos en publicaciones científicas y de divulgación, la movilidad y el intercambio de estudiantes entre instituciones, así como la participación en programas de educación dual, congresos, concursos, etc.

Asimismo, en la medida en que se cuente con nuevos datos proporcionados por los institutos tecnológicos, se podrá mejorar el modelo al incluir nuevos índices que lo enriquezcan y perfeccionen. En tal sentido, es crucial que estos indicadores se difundan entre las instituciones del TecNM para promover mejoras tanto a nivel institucional como a nivel general. Además, el uso de nuevas tecnologías y la gestión de bases de datos permitirán sistematizar la información y los modelos para garantizar datos veraces y actualizados de manera inmediata para la toma de decisiones oportunas en el camino hacia la mejora institucional.

Por otro lado, respecto a las limitaciones encontradas, se puede mencionar que el tipo de información disponible al público en el TecNM no se publica regularmente. Los anuarios correspondientes a los años 2019, 2020 y 2021 que genera el departamento de planeación, se publicaron recientemente, por lo cual no se incluyó el análisis de estos años en esta investigación.

Además, la información disponible no es óptima para generar indicadores que representen plenamente cada proceso estratégico del TecNM. Se observó que se requieren otro tipo de datos que fortalezcan la información relacionada con el desempeño de los estudiantes, el desarrollo de proyectos de investigación, los vínculos interinstitucionales y con la industria y los procesos administrativos.

Futuras líneas de investigación

Los modelos presentados en este trabajo son dinámicos y podrán enriquecerse con la información proporcionada a la Dirección de Planeación del TecNM. En tal sentido, vale subrayar que esta investigación ha demostrado la utilidad de emplear la información reportada en los anuarios, lo cual debería promover la actualización continua de estos documentos. De esta manera, los interesados podrán disponer de un banco de información completo y podrán seguir una línea de investigación orientada a generar indicadores que representen adecuadamente el comportamiento de los diferentes procesos estratégicos del TecNM y de otras instituciones de educación superior.

Referencias

- Brown, T. (2015). *Confirmatory Factor Analysis for Applied Research* (2.^a ed.). The Guilford Press.
- Byrne, B. (2016). *Structural equation modeling with AMOS. Basic concepts, applications and programming*. Routledge.
- Cornejo, M. (2018). *Propuesta de un sistema básico de indicadores de desempeño y de calidad para el Tecnológico Nacional de México* (tesis de doctorado). Universidad de Celaya, Guanajuato, México.
- Dhir, S. (2020). Developing a Scale to Measure Institutional Effectiveness in the Context of Indian Business Schools: Using Exploratory Factor Analysis. *Global Business Review*, 25(2), 1-19. doi:10.1177/0972150920957603
- Duarte-Mora, J. (2019). Calidad educativa. *AIBI Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 7(51), 32-35. doi: 10.15649/2346030X.442
- Gaskin, J. (2016a). *Model fit during a Confirmatory Factor Analysis (CFA) in AMOS* (video). YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=JkZGWUUjdLg>
- Gaskin, J. (2016b). *Confirmatory Factor Analysis*. <http://statwiki.kolobkcreations.com>
- Gaskin, J. (2016c). *Excel stats tools*. <http://statwiki.kolobkcreations.com>
- Hair, J., Black, W., Babin, B. and Anderson, R. (2014). *Multivariate data analysis* (7.^a ed.). Pearson.
- Hooper, D., Coughlan, J., y Mullen, M. R. (2010). Structural Equation Modelling: Guidelines for Determining Model Fit. *The Electronic Journal of Business Research Methods*, 6(1), 53–60.
- Hu, L. T. and Bentler, P. M. (1999). Cutoff Criteria for Fit Indexes in Covariance Structure Analysis: Conventional Criteria Versus New Alternatives, *Structural Equation Modeling. A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1-55. doi:10.1080/10705519909540118.
- Nikolaevna, Y., Arkadievich, K., Petrovich, V. and Nikolaevna, E. (2020). Key indicators of the economic activity of educational institutions: modeling and prospects. *Revista Inclusiones*, 7, 1-14.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (2017). *Panorama de la educación 2017: Indicadores de la OCDE*. <https://doi.org/10.1787/eag-2017-es>

- Tecnológico Nacional de México (TECNM) (2018). *Anuario estadístico del TecNM*.
https://www.tecnm.mx/pdf/ANUARIO_ESTADISTICO_2018.pdf
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (2019). *Catálogo de indicadores para evaluar la calidad de la gestión universitaria*.
<https://www.planeacion.unam.mx/Planeacion/Apoyo/CatalogoIndicadoresEvaluarCalidadGestion-2019.pdf>
- Villalobos, E. (2020). *Propuesta de un modelo longitudinal basado en modelado con ecuaciones estructurales para obtener los indicadores de calidad en el Tecnológico Nacional de México* (tesis de doctorado). Universidad de Celaya, Guanajuato, México.
- Visbal, D., Martínez, M. and Escorcía, R. (2020). Exploring University Performance through Multiple Factor Analysis: A Case Study. *Sustainability*, (12), 924. doi:10.3390/su12030924.

Rol de Contribución	Autor (es)
Conceptualización	Eloisa Bernardett Villalobos Oliver 35% Ma. del Carmen Cornejo Serrano 35% Pedro Alberto Quintana Hernández 30%
Metodología	Eloisa Bernardett Villalobos Oliver 60% Ma. del Carmen Cornejo Serrano 40%
Software	Eloisa Bernardett Villalobos Oliver
Validación	Eloisa Bernardett Villalobos Oliver 70% Ma. Del Carmen Cornejo Serrano 30%
Análisis Formal	Eloisa Bernardett Villalobos Oliver
Investigación	Eloisa Bernardett Villalobos Oliver
Recursos	Eloisa Bernardett Villalobos Oliver
Curación de datos	Eloisa Bernardett Villalobos Oliver 80% Ma. del Carmen Cornejo Serrano 20%
Escritura - Preparación del borrador original	Eloisa Bernardett Villalobos Oliver
Escritura - Revisión y edición	Eloisa Bernardett Villalobos Oliver 50% Ma. del Carmen Cornejo Serrano 25% Pedro Alberto Quintana Hernández 25%
Visualización	Eloisa Bernardett Villalobos Oliver
Supervisión	Eloisa Bernardett Villalobos Oliver
Administración de Proyectos	Eloisa Bernardett Villalobos Oliver
Adquisición de fondos	Eloisa Bernardett Villalobos Oliver