

Innovaciencia 2014; 2 (1): 4 - 16

# EVALUACIÓN DE INDICADORES DE GESTIÓN EN LAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS COLOMBIANAS: UNA APLICACIÓN DE MODELOS DE ECUACIONES ESTRUCTURALES

COLOMBIAN PUBLIC UNIVERSITIES MANAGEMENT INDICATORS ASSESSMENT:  
A STRUCTURAL EQUATION MODEL APPLICATION

Miguel Oswaldo Perez Pulido <sup>1</sup>, Giampaolo Orlandoni Merli <sup>2</sup>, Josefa Ramoni Perazzi <sup>3</sup>

Cómo citar este artículo: Pérez-Pulido MO, Orlandoni Merli G, Ramoni Perazzi J. Evaluación de indicadores de gestión en las universidades públicas colombianas: una aplicación de modelos de ecuaciones estructurales. Innovaciencia facultad ciencias exactas fis. naturales. 2014; 2(1): 4 - 16

Artículo recibido el 05 de febrero de 2014 y aceptado para publicación el 10 de junio de 2014

## RESUMEN

**Introducción:** En los últimos años, las universidades están experimentando nuevas tendencias que tienen serias implicaciones en su estructura y funcionamiento. Los organismos involucrados en la educación superior están construyendo estrategias para mejorar la eficiencia en las universidades y así asegurar su correcto funcionamiento. El Modelo de Gestión de las universidades públicas colombianas se basa en la evaluación de las relaciones de causalidad entre los insumos con los que cuenta la universidad, medidos a través de un conjunto de indicadores que representan la capacidad total de la misma. En esta investigación se presenta un análisis de los indicadores de gestión universitaria estatal en el periodo 2003-2008, donde se pretende caracterizar la evolución en el tiempo y explorar si se mantiene su estructura año a año. También se investiga si los indicadores propuestos por el SUE (Sistema Universitario Estatal) son los más aptos y se puntualiza cuáles de ellos son más confiables. **Materiales y Métodos:** Este trabajo es un estudio descriptivo y cuantitativo, en el que se propone un diseño de modelo estructural longitudinal en dos fases (two wave), dividido en dos periodos (2003-2005) y (2006-2008). Se analizaron las variaciones porcentuales de los distintos indicadores de gestión tomando como año base el 2003. Los datos se analizaron mediante el software Lisrel 8.5. **Resultados:** Dentro de los resultados más significativos se observa el cambio estructural de comportamiento favorable para el segundo periodo (2006-2008) respecto al primero (2003-2005) en el índice de investigación. **Conclusiones:** El efecto directo estimado desde el índice de investigación del periodo es de 3.8, lo que indica un cambio de estructura favorable positivo entre los dos periodos.

**Palabras clave:** Indicadores de gestión universitaria, Modelos de Ecuaciones Estructurales, Análisis Factorial Confirmatorio, Sistema Universitario Estatal.

1. Licenciado en Matemáticas, Magister en Estadística. Profesor Titular. Universidad de Santander, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Grupo de Investigación CIBAS. Bucaramanga. Correspondencia: miguel.perez@udes.edu.co

2. Economista, PhD en Estadística. Profesor Titular. Universidad de Santander, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Grupo de Investigación CIBAS. Bucaramanga. Colombia

3. Economista, PhD en Economía. Profesor Titular. Universidad de Santander, Facultad De Ciencias Económicas, Administrativas y Contables. Bucaramanga. Colombia

## ABSTRACT

In recent years, universities are experimenting new trends that have serious implications for its structure and functioning. The organizations involved in higher education are building strategies to improve university efficiency and ensure their proper functioning. There are several studies regarding university evaluation using indicator systems. The management model of Colombian universities is based on the assessment of the causal relationships between university inputs, measured through a set of indicators that represent the university total capacity. This research presents an analysis of the Colombian public universities performance indicators for the period 2003-2008, which aims to characterize its evolution in time and explore whether it maintains its structure every year. We also investigate whether the indicators proposed by the SUE (State University System) are the best indicators and points out which ones are more reliable. This paper is a descriptive and quantitative study, in which we propose a structural longitudinal model in two waves divided into two time periods (2003-2005) and (2006-2008). We analyzed the percentage changes in several management indicators taking 2003 as the base year. The data were analyzed by the software Lisrel 8.5. Among the most significant results is the positive behavior change for the second period (2006-2008) compared to the first (2003-2005) in the research index.

**Keywords:** University management Indicators, Structural Equation Modeling, Confirmatory Factor Analysis, State University System

**Código JEL:** I23, C33

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la ley 30 de 1992, las fuentes de recursos de las universidades estatales son tres: los recursos provenientes de la nación, los recursos aportados por las entidades territoriales y los recursos propios de cada institución, los cuales se obtienen a través de venta de servicios, matrículas, derechos académicos, programas de extensión, consultorías o convenios de investigación, entre otros. En cuanto a los recursos provenientes de la nación, estos se aseguran y regulan mediante dos normatividades: los Artículos 86 y 87 de la Ley 30. El Artículo 86 garantiza a las universidades del estado unos recursos fijos que provienen de la nación y de las entidades territoriales, los cuales deben ser destinados a funcionamiento e inversión; el Artículo 87 por su parte fija el incremento anual de los recursos que aporta la nación por el artículo 86 de acuerdo con

el crecimiento de la economía y de conformidad con los objetivos previstos para el Sistema de Universidades estatales<sup>1</sup>.

Los cambios generados a nivel económico y social han tenido en Colombia como consecuencia la exigencia de una gestión más ágil y moderna de las universidades tradicionales, en particular, las universidades públicas. Estos cambios establecen ciertos desafíos, como la necesidad de que los recursos materiales, académicos y profesionales deban ser organizados adecuadamente para el cumplimiento de la función universitaria. Bajo esta idea, se crea un ambiente positivo encaminado a evaluar el desempeño académico e investigativo, creando una sociedad innovadora y de resultados basados en los principios de eficacia, calidad y pertinencia. Tomando en consideración la importancia de la educación pública en Colombia y pensando en el mejoramiento de su calidad, el Sistema de Universidades Estatales (SUE) definió una serie de indicadores<sup>IV</sup> que describen la gestión de las universidades públicas en Colombia, con el fin de conocer la eficiencia de cada una de ellas desde el punto de vista académico-investigativo.

Como contribución a esta situación, el presente artículo pretende, con base en la importancia del desempeño de gestión universitaria, analizar el comportamiento de los indicadores en el periodo 2003-2008, estando a la expectativa de encontrar diferencias entre los distintos grupos (2003-2005 y 2006-2008), debido a que las universidades están en un proceso de mejoramiento en su rendimiento. De la misma manera, se espera que los últimos años las universidades tengan un crecimiento significativo e importante respecto a los primeros, y que existan relaciones entre indicadores de diferentes índices. Esto llevará de alguna manera, a que las universidades en mira de ser acreditadas planifiquen y mejoren su desempeño misional. Ante esta situación, surge la necesidad de responder a interrogantes como: ¿Los indicadores seleccionados por el SUE son los más aptos? ¿Se mantiene la estructura de los indicadores año a año? ¿Cuáles son los indicadores más confiables en los distintos periodos de tiempo?

## Indicadores de gestión universitaria

El objetivo general del Modelo de Indicadores de Gestión es estimular el mejoramiento del Sistema Universitario Estatal en su conjunto, a través del seguimiento a la gestión en los componentes inherentes a las universidades, en un enfoque de equidad y heterogeneidad<sup>2</sup>.

Se trata de un instrumento que combina el análisis y procesamiento de datos en un modelo técnico que provee unos indicadores claros, los cuales permiten a la sociedad enterarse de cómo las universidades estatales producen

IV. Se entiende por indicador a la expresión cuantitativa o cualitativa que permite describir características, comportamientos o fenómenos de la realidad, en un momento determinado. Se habla de variables o indicadores, porque si bien algunos de los resultados de la universidad pueden representarse a través de variables como el número de alumnos matriculados, otros resultados son el producto de la combinación de variables que resultan en la construcción de indicadores. Adicionalmente, el conjunto de las variables o indicadores utilizados producen los índices de capacidad y de resultados. (Ministerio de Educación Nacional (MEN), 2010).

resultados concretos. Estos indicadores están distribuidos en cuatro grandes áreas: Formación, Producción Académica, Bienestar Universitario y Extensión, las cuales son entendidas como las principales áreas misionales de cualquier Institución de Educación Superior (IES). Éstas son evaluadas a partir de la capacidad inicial que posee cada institución, entendida como la combinación de recursos ó insumos con que cuenta la IES para la obtención de sus resultados misionales. A continuación se describen los indicadores de capacidad, investigación, formación, que son los de interés en el presente estudio.

- **Capacidad:** se describen los indicadores que componen los llamados recursos humanos (número de docentes en tiempos completos equivalentes, incluyendo catedráticos y ocasionales, discriminados por niveles de formación); los recursos financieros (recursos financieros provenientes del Estado y generados por la universidad en desarrollo de su actividad, causados en el año respectivo; los recursos físicos (área de los espacios físicos construidos disponibles para las actividades universitarias misionales y de apoyo administrativo).

- **Formación:** esta variable indica los resultados de una universidad en lo referente a la creación, desarrollo y acreditación de programas académicos en pregrado y postgrado, incorporación y seguimiento de estudiantes matriculados, número de estudiantes graduados y número de estudiantes que obtuvieron un puntaje superior al 75% en las pruebas Saber Pro<sup>V</sup>.

- **Investigación:** variable que mide la actividad universitaria en investigación, a través del número de revistas indexadas publicadas por la Institución, los artículos de sus miembros y docentes publicados en revistas indexadas, la creación y sostenimiento de grupos de investigación reconocidos por Colciencias, investigadores y grupos, movilidad de docentes, productos audiovisuales cinematográficos o fonográficos, empresas de innovación y/o creadas a partir de la investigación y la producción de patentes.

Dentro del modelo se encuentran indicadores como bienestar y extensión que no fueron tomados en cuenta para el presente estudio. Es necesario aclarar que se excluyeron algunos indicadores por la poca confianza que se tiene sobre la veracidad de la información suministrada, ya que algunos de ellos son indicadores recién introducidos en el sistema y muchas universidades no contaban con la información claramente definida; otros indicadores no se consideraron por la poca relevancia de su información. Los análisis presentados en el presente trabajo se llevaron a cabo utilizando el lenguaje de procesamiento estadístico Lisrel 8.5 (Linear Structural

Relations), utilizando adaptaciones de rutinas de los manuales del Lisrel propuestos por Joreskög y Sorböm.

## Proceso de creación de indicadores

Los indicadores de gestión universitaria colombiana se revisan y se mejoran cada año por grupos de expertos apoyados por tendencias actuales, proponiendo un mejoramiento y fortalecimiento en su función. Cada propuesta fue socializada y revisada por representantes de dos universidades públicas que fueran viables para su construcción. De esta manera, se construyeron 29 indicadores (para el año 2009 son 36, y para el 2010 son 31), en los que se elaboraron protocolos<sup>VI</sup> de información que facilitaron la recolección de la información.

Una vez recolectada la información, se revisan y se validan por medio de técnicas estadísticas. Cada año se evalúa el desempeño de los indicadores agregando u omitiendo algún criterio en común acuerdo, teniendo en cuenta el aporte significativo a los objetivos del sistema. Su análisis se tiene en cuenta en el año inmediatamente anterior (estático) y el componente dinámico (su evolución desde el 2003 que se crearon los indicadores de gestión).

El primer paso para su construcción consiste en el cálculo de los índices de resultados y de capacidad a partir de los cuales se medirá la gestión de cada universidad. La técnica estadística utilizada para la construcción de los índices es la de análisis multivariante, a partir de la cual se busca explicar el total del sistema (en este caso el total de resultados o de la capacidad) a través de un número menor de variables, denominadas factores o componentes.

Con base en los índices calculados, el modelo define una curva o frontera que establece el techo que en términos de resultados alcanzan las universidades y suministra la distancia que respecto a ese techo tienen cada una de ellas. Esa distancia es una medida de la eficiencia técnica de la universidad. Ninguna universidad puede tener una relación mayor que 1. Suponer que la frontera de producción tiene un carácter aleatorio, implica que aún cuando una universidad realice sus procesos de forma eficiente hay factores que no están bajo su control y que pueden hacer que el nivel de los resultados obtenidos varíe.

Estos aspectos se recogen en una perturbación aleatoria, que puede ser positiva o negativa, reflejando influencias favorables en el primer caso, e influencias adversas en el segundo. Un modelo estocástico de frontera de producción para el total del sistema compara los resultados estimados del mejor resultado esperado de acuerdo a los insumos (capacidad) de la universidad comparado con los resultados esperados, así la Eficiencia Técnica (ET) será la división de este resultado observado

V. Son un instrumento estandarizado para la evaluación externa de la calidad de la Educación Superior para estudiantes de último semestre. Forma parte, con otros procesos y acciones, de un conjunto de instrumentos que el Gobierno Nacional dispone para evaluar la calidad del servicio público educativo y ejercer su inspección y vigilancia (Ley 1324 de 2009)

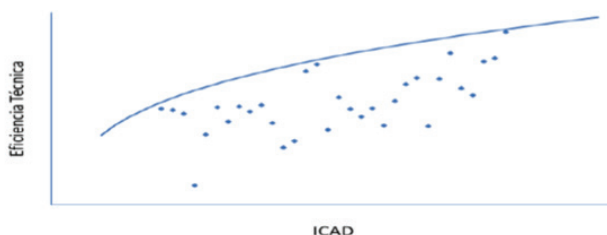
VI. Son lineamientos enviados a cada institución educativa para la recolección de la información. Al recolectar la información, son enviados al MEN para su respectivo análisis.

y el esperado (producto de un modelo estadístico) bajo el supuesto de perfecta eficiencia<sup>2</sup>.

$$ET = (\text{Resultado observado}) / (\text{Resultado esperado en el escenario perfecto de eficiencia})$$

Al tratarse de un valor relativo (un porcentaje de eficiencia), es posible comparar a instituciones de diferentes tamaños en un mismo escenario. De esta forma IES de capacidad grande (parte derecha de la Figura 1) y de capacidad pequeña (parte izquierda de la Figura 1) pueden tener resultados en eficiencia similares o iguales. Por ejemplo en color azul claro se tienen universidades cercanas a la línea de frontera, estando en lugares opuestos según el tamaño de su capacidad.

Figura 1. Modelo de frontera estocástica para las IES  
Fuente: MEN (2012)



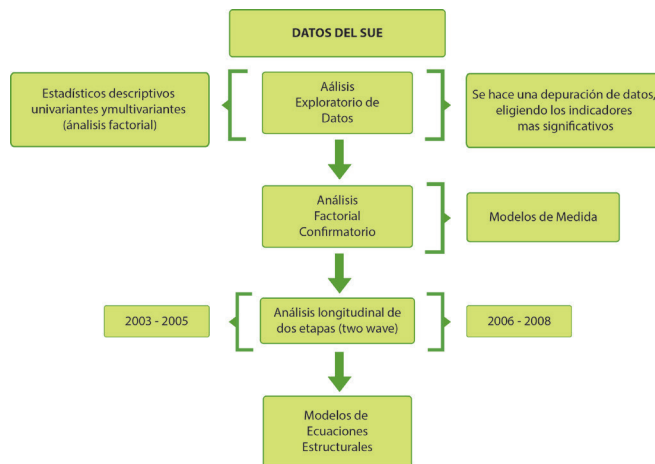
La suma de los dos modelos el estático y el dinámico refleja la eficiencia tanto de la vigencia del año actual como la evaluación que cada una de las IES ha tenido en el sistema. Dentro de los estudios sobre la construcción de indicadores de las universidades estatales se puede ampliar información en las investigaciones de los autores citados<sup>3-8</sup>.

## Materiales y Métodos

Se plantea la metodología como una fusión de técnicas y enfoques, asociada a la creación de los modelos estructurales. Incluye entre otras cosas, análisis exploratorio de datos, con la finalidad de retener indicadores representativos en cada periodo de tiempo y descartar aquellos que estadísticamente sean redundantes<sup>9</sup>. A continuación se describe la estructura metodológica usada para alcanzar los objetivos planteados en este trabajo de investigación. En la Figura 2 se muestra un diagrama de flujo del procedimiento.

Con el propósito de caracterizar y evaluar cada índice, se analizaron los indicadores de manera global, desde los años 2003 hasta el 2008. Esto permite saber cuales tienen mayor aporte al sistema de gestión universitaria conociendo a fondo su comportamiento respecto de cada índice. En un primer acercamiento a los modelos de medida, se tomaron en cuenta los indicadores de capacidad, formación e investigación que el Sistema Universitario Estatal (SUE) sugiere para la evaluación de las universidades (ver Tabla

Figura 2. Esquema general de la metodología del análisis estructural de los indicadores de gestión



1), exceptuando algunos que por irregularidades en sus medidas (datos faltantes, ceros, entre otros) no fueron tomados en cuenta (bienestar y extensión). Posteriormente se plantearon modelos estructurales completos que permitieran tomar en cuenta posibles cambios estructurales en los dos periodos de tiempo definidos, y resaltaran su importancia en la construcción del Sistema Universitario Estatal. Finalmente se evaluaron los modelos a través de los índices de ajuste de los modelos estructurales.

El análisis estadístico de los datos recopilados se hizo mediante análisis descriptivos multivariantes, modelos factoriales confirmatorios y modelos de ecuaciones estructurales longitudinales de dos etapas.

Tabla 1. Indicadores de gestión universitaria estudiados

INDICE	INDICADOR	ABREVIATURA
Formación	Matricula de pregrado	MATPRE
	Matricula de posgrado	MATPOS
	Estudiante Recién ingreso	PRIM
	Graduados de posgrado	GRADPRE
	Programas de pregrado	PROPRE
Capacidad	Metros cuadrados	METR
	Docentes	DOCEN
	Recursos financieros	RECFIN
	Gastos administrativos	ADMIN
Investigación	Ponencias	PON
	Graduados maestría y Doctorados	GRADMD
	Artículos	ART
	Revistas	REV
	Grupos de investigación	GROUP

## Modelo de Ecuaciones Estructurales LISREL

Se define el modelo LISREL: “como un modelo general que estima los coeficientes desconocidos de un conjunto de ecuaciones estructurales lineales”<sup>10</sup>. Se definen los modelos estructurales como “ecuaciones de regresión con supuestos menos restrictivos, que permiten errores de medida tanto en las variables criterio (independientes) como en las variables dependientes. Consiste en análisis factoriales que permiten efectos directos e indirectos entre los factores. Habitualmente incluyen múltiples indicadores y variables latentes”<sup>11</sup>. De forma general, engloban y extienden los procedimientos de regresión, el análisis econométrico y el análisis factorial. Los modelos analizados por LISREL se conocen como modelos de ecuaciones estructurales (MEE). Estos modelos se caracterizan por ofrecer una visión global del fenómeno estudiado, permitiendo estimar relaciones de dependencias múltiples en un único modelo, logrando así eficiencia estadística. Tienen además la capacidad de representar conceptos no mensurables, mediante variables latentes, teniendo además en cuenta el error de medida en el proceso de estimación<sup>12</sup>.

En los sistemas de ecuaciones analizados por los MEE se tienen dos clases de variables: las observadas directamente y las variables latentes, que representan conceptos no mensurables, que son no observables, aunque están relacionadas con las primeras. En la forma más general el modelo asume que existe relación causal entre las variables latentes y éstas aparecen como causas fundamentales de las variables observadas.

Los modelos de ecuaciones estructurales (MEE) presentan las siguientes características<sup>11</sup>:

1. Permiten representar explícitamente la distinción entre variables latentes y variables observadas, lo que hace posible contrastar una amplia variedad de hipótesis a niveles más altos de abstracción.
2. Incorporan los errores de medida para las variables observadas, mejorando así la calidad de las estimaciones.
3. Engloban como casos especiales muchos procedimientos clásicos, como regresión múltiple, correlación canónica, análisis factorial, sistemas de ecuaciones simultáneas, análisis de datos tipo panel, análisis de varianza y análisis de covarianza.
4. Los MEE se componen a su vez por dos partes: el modelo estructural y los modelos de medida.

Es necesario mencionar varios problemas típicos que suelen encontrar en los modelos estructurales, algunas limitaciones que debemos tener en cuenta y las

precauciones que debemos tomar al utilizarlos. Uno de los problemas que surgen de los modelos de ecuaciones estructurales es su indeterminación. Es decir, existe un número de parámetros a estimar demasiado grande para el tamaño muestral de trabajo. Esto es debido principalmente a que las variables latentes son totalmente desconocidas e introducen una fuerte deficiencia en el modelo a la hora de medir las relaciones existentes entre ellas. El tamaño muestral para el MEE suele ser elevado, y también pueden sufrir deficiencia en la no identificación del modelo<sup>13</sup>. Se acostumbra en estos modelos a exigir tamaños muestrales superiores a 100 sujetos y los tamaños superiores a 200 son buena garantía. En la definición de un modelo no deben excluirse variables importantes desde el punto de vista teórico. En primer lugar, debe hacerse un esfuerzo por medir todas las variables pertinentes. En segundo lugar deben cuestionarse los modelos en los que las variables conceptualmente centrales carezcan de efecto significativo. Muchos estudios en los que se utilizan estos modelos abusan del ajuste y reajuste de las posibles relaciones teóricas, incluyendo y excluyendo efectos variables de manera tentativa<sup>14</sup>.

## Modelo estructural

El modelo general en MEE lo constituyen un sistema de ecuaciones simultáneas que pueden contener variables aleatorias, parámetros estructurales y en algunos casos variables no aleatorias. Se consideran tres tipos de variables aleatorias: latentes, observadas y perturbadoras o errores. A su vez, las perturbaciones pueden ser de dos tipos conceptualmente distintos. Por un lado, los errores en las ecuaciones o perturbaciones tal cual son entendidas en modelos de regresión; es decir, un compuesto de todas las variables que pueden afectar a la variable dependiente y que no se incluyen explícitamente en el modelo y por otro lado, los errores de medida que afectan la confiabilidad de los indicadores de las variables no observadas.

La fortaleza de las relaciones causales propuestas en un modelo está recogida en los parámetros estructurales. Estos son constantes e invariantes que pueden describir la relación entre variables latentes, entre variables observadas o entre variables latentes y variables observadas. El modelo general posee dos elementos principales: *el modelo de variable latente* y *el modelo de medida*. Modificaciones a estos dos grandes componentes dan lugar a los tipos básicos de modelos estructurales: *modelo con variables observadas*, *modelo confirmatorio* y *modelo completo*.

Una potencialidad interesante de estos modelos es la posibilidad de representar el efecto causal entre sus variables. Se debe tener claro que la estimación del parámetro no “demuestra” la existencia de causalidad. La existencia de una relación causal entre las variables debe venir sustentada por la articulación teórica del modelo y no por su estimación con datos de tipo transversal. Para demostrar científicamente

la existencia de una relación causal deberemos recurrir al diseño de un experimento controlado con asignación aleatoria de los sujetos a las condiciones de estudio<sup>14</sup>. El número de ecuaciones estructurales es igual al número de variables latentes endógenas definidas en el modelo. El método LISREL estima los coeficientes desconocidos de un conjunto de ecuaciones estructurales lineales. Está diseñado particularmente para considerar modelos que incluyen variables latentes, errores de medida en las variables observables, causación recíproca, simultaneidad e interdependencia<sup>10</sup>. El modelo estructural general tiene la siguiente expresión matemática:

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta$$

Dónde:

$B_{m \times m}$  : Matriz de coeficientes de variables latentes endógenas  $\eta$

$\Gamma_{m \times m}$  : Matriz coeficientes de variables latentes exógenas  $\xi$

$\zeta_{m \times 1}$  : Vector perturbaciones aleatorias

$\eta_{m \times 1}$  : Variables latentes endógenas

$\xi_{m \times 1}$  : Variables latentes exógenas.

Una variable es endógena cuando es explicada por otras variables en el modelo. Sin embargo, una variable endógena puede a su vez explicar a otra variable endógena. Esta es la razón por la que no se emplean los términos: variable dependiente y variable independiente<sup>15</sup>. A continuación se describen los elementos del modelo de medida y los modelos en dos etapas (Two wave).

### Modelos de medida: Análisis factorial confirmatorio

Los modelos de medida especifican la relación de dependencia entre las variables latentes y las variables observables, que sirven de indicadores a dichas variables latentes. El Análisis Factorial Confirmatorio (AFC) se ha convertido en los últimos años en uno de los procedimientos de análisis más utilizados en investigación en ciencias sociales. El AFC es un procedimiento de análisis encuadrado en los modelos de ecuaciones estructurales, cuyo propósito se centra en el estudio de los modelos de medida, esto es, en analizar las relaciones entre un conjunto de indicadores o variables observables y una o más variables latentes o factores. En MEE “el análisis confirmatorio es la herramienta para evaluar la calidad individual y colectiva de los indicadores seleccionados para medir a una o varias variables latentes. Como su nombre lo indica, está orientado a confirmar la estructura sugerida por medio del modelo”<sup>16</sup>.

El modelo general para el análisis confirmatorio establece las relaciones de las variables latentes con los indicadores

múltiples<sup>11</sup>. Se compone de dos modelos: un modelo para las variables endógenas y otro para las variables exógenas:

$$Y = \Lambda_y \eta + \varepsilon \quad X = \Lambda_x \xi + \delta$$

Dónde,

$Y_{p \times 1}$  : Vector de respuestas observadas (endógenas)

$X_{q \times 1}$  : Vector de predictores o variables observadas exógenas

$\Lambda_{y \times m}$  : Matriz coeficientes de  $\eta$  en  $Y$

$\Lambda_{x \times m}$  : Matriz de coeficientes de  $\xi$  en  $X$

$\varepsilon_{p \times 1}$  Vector de errores de medida en  $Y$

$\delta_{q \times 1}$  Vector de errores de medida en  $X$ .

Para determinar si un modelo es identificable se necesitan conocer el número de parámetros libres y de variables observadas, cumpliéndose la siguiente desigualdad:

$$t < \frac{(p+q)(p+q+1)}{2}$$

Donde  $t$  es el número de parámetros libres y  $p+q$  es el número de variables observadas. Esta regla es necesaria más no suficiente para garantizar la identificabilidad del modelo. Algunas otras reglas que pueden ser aplicables a un modelo de trayectorias, se pueden leer en el autor citado<sup>16</sup>.

### Evaluación del modelo

Una vez que se ha estimado un modelo es necesario evaluar su calidad. Para ello se utilizan los estadísticos de bondad de ajuste. Existen tres tipos de estadísticos de bondad de ajuste: los indicadores de ajuste absoluto (valoran los residuos), los de ajuste relativo (comparan el ajuste respecto a otro modelo de peor ajuste) y los de ajuste parsimonioso (valoran el ajuste respecto al número de parámetros utilizado). Ninguno de ellos aporta toda la información necesaria para valorar el modelo y habitualmente se utiliza un conjunto de ellos del que se informa simultáneamente<sup>17</sup>. Para probar la evaluación del modelo planteado globalmente y la significación de cada uno de los parámetros, se midieron las discrepancias entre  $\sum(\theta)$  y  $\sum$  a partir de sus contrapartes  $S$ , matriz de covarianzas muestrales, y  $\sum(\theta)$ , matriz implicada por el modelo, evaluada en los valores de  $\theta$  que minimizan la función de ajuste  $F(S, \sum(\theta))$ . En la Tabla 2 se presentan varios indicadores usados para la evaluación del modelo.

**Tabla 2.** Interpretación de ajuste del modelo y criterios de referencia

ESTADÍSTICO	ABREVIATURA	CRITERIO
<b>Ajuste absoluto</b>		
Chi cuadrado	$\chi^2$	Significación > 0.05
Razón Chi-Cuadrado/grados de libertad	$\chi^2 / gl$	Menor que 3
<b>Ajuste comparativo</b>		
Índice de bondad de ajuste comparativo	CFI	>0.95
Índice de Tucker-Lewis	TLI	>0.95
Índice de ajuste normalizado	NFI	>0.95
<b>Ajuste parsimonioso</b>		
NFI corregido por parsimonia	PNFI	Próximo a 1
<b>Otros</b>		
Índice de bondad de ajuste	GFI	>0.95
Índice de bondad de ajuste corregido	AGFI	>0.95
Raíz del residuo cuadrático promedio	RMR	Próximo a cero
Raíz del residuo cuadrático promedio de aprox.	RMSEA	<0.08

## Modelos estructurales longitudinales en dos etapas (Two wave)

La característica primordial de un diseño de investigación longitudinal es que los mismos instrumentos de medida se aplican sobre los mismos individuos en dos o más ocasiones, obteniéndose así varias medidas de los mismos individuos en ocasiones diferentes. El propósito de un estudio longitudinal o estudio de tipo panel es evaluar los cambios que se producen entre las ocasiones, y atribuir estos cambios a características y eventos existentes antes de la primera ocasión, y/o a diversos tratamientos y desarrollos que ocurren luego de la primera ocasión<sup>10</sup>.

Supóngase que se usan dos variables en dos ocasiones, por ejemplo, en un diseño longitudinal de dos etapas. Asíumase que las dos variables miden la misma variable latente  $\eta$  en dos ocasiones diferentes, por ejemplo,  $(y_1, y_2)$  miden  $\eta_1$  en la primera ocasión y  $(y_3, y_4)$  miden  $\eta_2$  en la segunda ocasión. Las ecuaciones que definen las relaciones de medida son:

$$\begin{aligned} y_1 &= \eta_1 + \varepsilon_1 \\ y_2 &= \lambda_1 \eta_1 + \varepsilon_2 \\ y_3 &= \eta_2 + \varepsilon_3 \\ y_4 &= \lambda_2 \eta_2 + \varepsilon_4 \end{aligned}$$

El interés principal está en analizar la estabilidad de  $\eta$  en el tiempo. Esto se puede estudiar por medio de la siguiente relación estructural:

$$\eta_2 = \beta \eta_1 + \zeta$$

En particular, se estaría interesado en que  $\beta$  esté cerca de 1  $\zeta$  y sea pequeño. Sea  $\Omega$  la matriz de varianza y covarianza de  $(\eta_1, \eta_2)$  y  $\Theta$  la matriz de varianza y covarianza de  $(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4)$ . Si todos estos  $\varepsilon$ 's están incorrelacionados, tal que  $\Theta$  sea diagonal, la matriz de varianza y covarianza de  $(y_1, y_2, y_3, y_4)$  es:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \omega_{11} + \theta_{11} & & & & \\ \lambda_1 \omega_{11} & \lambda_1^2 \omega_{11} + \theta_{22} & & & \\ \omega_{21} & \lambda_1 \omega_{21} & \omega_{22} + \theta_{33} & & \\ \lambda \omega_{21} & \lambda_1 \lambda_2 \omega_{21} & \lambda_2 \omega_{22} & \lambda_2^2 \omega_{22} + \theta_{44} & \end{pmatrix}$$

La matriz  $\Sigma$  tiene 10 varianzas y covarianzas, que son funciones de 9 parámetros. Los 9 parámetros están identificados, por lo que el modelo tiene 1 grado de libertad. A menudo, cuando las mismas variables se usan repetidamente, existe una tendencia para los correspondientes errores ( $\varepsilon$ 's) de estar correlacionados en el tiempo, debido a la memoria u otros efectos. Por lo tanto, hay necesidad de generalizar el modelo anterior para permitir correlaciones entre  $\varepsilon_1$  y  $\varepsilon_4$  y también entre  $\varepsilon_2$  y  $\varepsilon_4$ . Esto significa que habrán dos covarianzas no nulas en  $\theta_{31}$  y  $\theta_{42}$  en  $\Theta$ . La matriz de covarianza de los cambios de las variables observadas es:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \omega_{11} + \theta_{11} & & & & \\ \lambda_1 \omega_{11} & \lambda_1^2 \omega_{11} + \theta_{22} & & & \\ \omega_{21} + \theta_{31} & \lambda_1 \omega_{21} & \omega_{22} + \theta_{33} & & \\ \lambda_2 \omega_{21} & \lambda_1 \lambda_2 \omega_{21} + \theta_{42} & \lambda_2 \omega_{22} & \lambda_2^2 \omega_{22} + \theta_{44} & \end{pmatrix}$$

Esta matriz  $\Sigma$  tiene 10 elementos independientes expresados en términos de 11 parámetros. Por lo tanto, es claro que el modelo no está identificado. En efecto, ninguno de los once 11 parámetros se identifica con las restricciones impuestas. Las cargas  $\lambda_1$  y  $\lambda_2$  se pueden multiplicar por una constante, y las  $\omega$ s pueden dividirse por la misma constante, y ello no cambia  $21, \sigma 32, \sigma 41, \sigma 43$ . Por tanto, para que el modelo sea identificado es necesario dar a una  $\lambda$  o una  $\omega$  un valor diferente de cero, o fijar  $\theta$  en cierto valor arbitrario. Sin embargo, la correlación entre  $(\eta_1, \eta_2)$  y está identificada sin restricción alguna:

$$corr(\eta_1, \eta_2) = \left( \frac{\varpi_{21}^2}{\varpi_{11}\varpi_{22}} \right)^{1/2} = \left[ \frac{(\sigma_{32}\sigma_{41})}{(\sigma_{21}\sigma_{43})} \right]^{1/2}$$

Por tanto, el modelo puede usarse para estimar este coeficiente de correlación y probar la hipótesis de que es igual a la unidad<sup>10</sup>.

## RESULTADOS

### Variaciones experimentadas por los índices analizados.

Con el propósito de conocer la dinámica de los indicadores año a año, y analizar si presentaron crecimientos o decrecimientos significativos, se propone analizar la tasa de crecimiento promedio de cada año respecto al año base (2003), obteniéndose los porcentajes acumulados respecto a 2003. Su cálculo se hizo de la siguiente manera: (PROM200-PROM2003)/PROM2003. A continuación se presentan las variaciones porcentuales absolutas para cada índice.

Según la Tabla 3a, el número de grupos de investigación, no obstante estuvo congelado en los últimos tres años<sup>vii</sup>, registra un aumento del 1246% al comparar el 2008 con el 2003. El número de artículos reflejó un desarrollo científico interesante con un incremento de 761%. Las patentes tuvieron un crecimiento significativo comparado con el año base 2003 de 750%, aclarando que solamente se

reportan datos de este indicador de cuatro universidades y que los valores de inicio son muy pequeños. El número de revistas es otro indicador que ha tenido una fuerte dinámica en el periodo 2003-2008, mostrando un crecimiento de 293%. El número de ponencias también experimentó un significativo crecimiento: 168%. La movilidad de docentes y graduados de maestría tuvieron los menores crecimientos comparados con los demás indicadores (73% y 33% respectivamente).

La Tabla 3b muestra que los gastos administrativos tuvieron un decrecimiento considerable en el año 2008; los demás indicadores tienen un comportamiento creciente especialmente los recursos financieros (46%). Valga la pena aclarar que los anteriores indicadores han generado informaciones a todas luces incoherentes, tales como disminuir en alta proporción los recursos girados por el estado y los gastos administrativos de un año a otro<sup>3</sup>. Los análisis aquí descritos son meramente descriptivos, con el fin de conocer el comportamiento de ellos, con la información que ha sido suministrada. Los metros cuadrados y los docentes experimentaron cambios del 23% y 29% respectivamente. En general, excepto los gastos administrativos, los demás gastos tuvieron un crecimiento en el tiempo.

De acuerdo a los indicadores de formación, (Tabla 3c) muestra el decrecimiento en el número de estudiantes con resultados meritorios en las pruebas Saber Pro (examen de egresados) por parte de todo el sistema universitario estatal (-3.5%), siendo el único indicador de formación que decreció en el periodo 2003-2008. Este decrecimiento,

**Tabla 3.** Variación porcentual-Índice de investigación, capacidad y formación IES colombianas.

**Tabla 3a.** Variación % de investigación

V% Base 2003	INVESTIGACIÓN						
	ART	REV	PATENT	GRUP	PON	MOVD	GRAD_MD
2003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2004	2.53	0.24	0.50	0.66	0.55	-0.01	0.22
2005	3.51	0.85	2.00	4.34	0.76	0.15	0.38
2006	6.96	1.72	4.00	12.46	1.36	0.41	0.60
2007	7.68	2.12	5.00	12.46	1.69	0.68	0.82
2008	7.61	2.93	7.50	12.46	1.68	0.73	0.33

**Tabla 3b.** Variación % de investigación

V% Base 2003	CAPACIDAD			
	METROS	DOCENTES	ADMIN	RECFIN
2003	0.00	0.00	0.00	0.00
2004	0.02	0.07	0.13	0.11
2005	0.07	0.14	0.18	0.24
2006	0.13	0.19	0.30	0.27
2007	0.17	0.23	0.41	0.38
2008	0.23	0.29	0.32	0.46

**Tabla 3c.** Variación % de formación

V% Base 2003	FORMACIÓN											
	SABER	MATPR	MATPO	PROPO	PROPRE	PRIM	MATACRE	ACRE	MOVI	EXTR	GRAPRE	GRADPOS
2003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2004	0.39	0.11	0.04	0.02	0.06	0.12	0.01	0.09	0.13	0.67	0.07	0.01
2005	0.35	0.15	0.30	0.08	0.04	0.19	0.27	0.33	1.50	1.70	0.03	-0.01
2006	0.00	0.21	0.34	0.05	0.03	0.18	0.69	0.86	2.44	2.23	-0.02	0.12
2007	0.07	0.27	0.35	0.13	0.06	0.21	1.39	1.37	2.48	3.16	0.16	0.26
2008	-0.03	0.31	0.40	0.18	0.08	0.25	1.82	1.74	3.02	4.33	0.25	0.39

VII. Las IES no registraron información en este tiempo al MEN debido a la reestructuración de las categorizaciones de los grupos por COLCIENCIAS.



podría ser originado por los cambios en las políticas de la presentación de la prueba. Un indicador que creció significativamente fue MATPO (40%) respecto al año base 2003, al igual que los GRADPOS (39%). Los PRIM y GRADPRE tuvieron crecimientos similares (25%). Los PROPO tuvieron un crecimiento muy discreto respecto al año inicial de 8%. En general, todos los indicadores han mejorado en gran manera, excepto Saber Pro.

## Resultados de los modelos de ecuaciones estructurales

A continuación se presentan los resultados obtenidos a través de la estimación de los modelos estructurales sobre los indicadores de gestión universitaria. La Figura 3 muestra el modelo estructural general. Allí se observan dos grupos de variables: el primero es un grupo de medida en X, con variables exógenas y con sus respectivas variables latentes (IF1, II1, IC1)<sup>VIII</sup>; el otro grupo es un modelo de medida en Y, con variables dependientes del primer grupo y con variables latentes (IF2, II2, IC2). De esta manera, se condensa en un solo análisis, fusionándose el modelo de medida (observable) y el modelo de ecuaciones lineales estructurales, generándose el modelo completo estructural.

Luego de plantear el modelo teórico y evaluar el modelo estimado mediante procedimientos de máxima verosimilitud, se obtienen diversos submodelos, teniendo en cuenta la naturaleza de causa y efecto entre ellos.

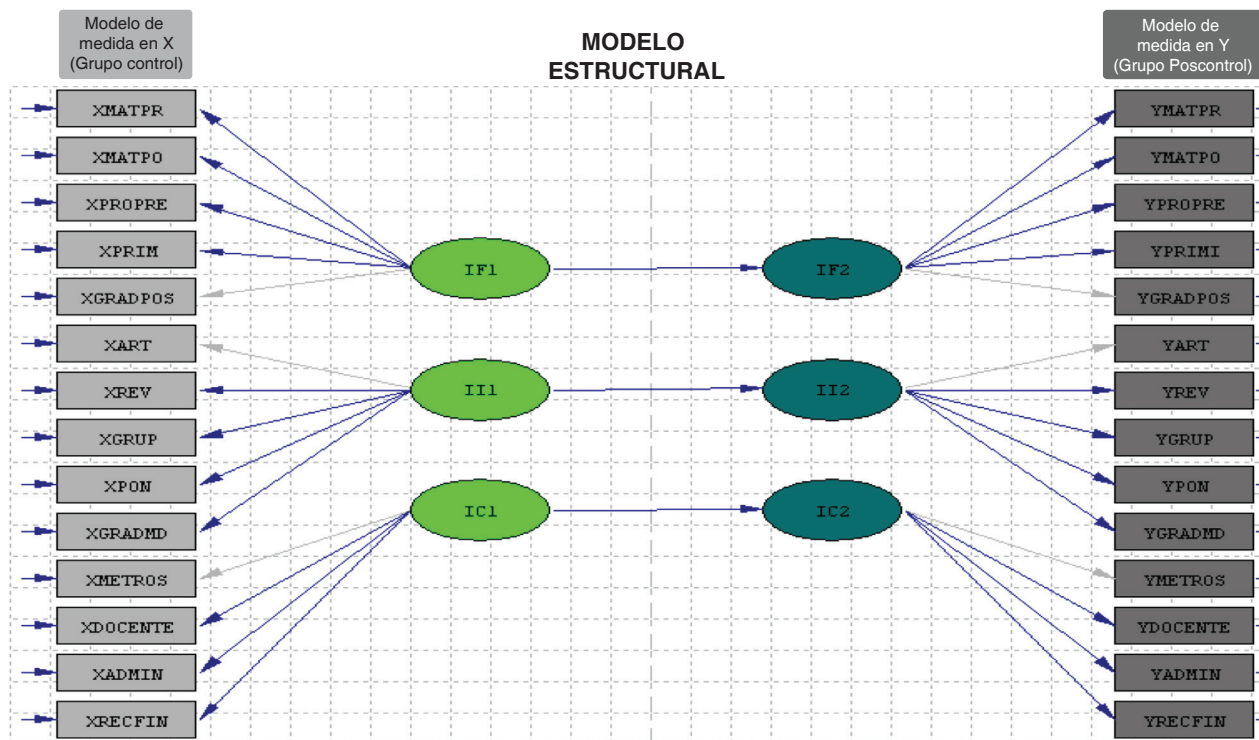
### Submodelo 1

La Figura 3, muestra que las relaciones existentes entre los indicadores de cada periodo concuerdan con los resultados obtenidos en los modelos de medida y en los modelos estructurales de cada índice.

En la Figura 4 se puede ver un cambio notable en la estructura del índice de investigación ( $\gamma=3.80$ ), el índice de formación tuvo un cambio en su estructura ( $\gamma=1.7$ ), mientras que el comportamiento de capacidad no tuvo cambios significativos en su estructura ( $\gamma=1.06$ ) entre los dos periodos.

De igual manera, los coeficientes estandarizados muestran altos valores en cada índice. En el primer periodo se identifica los valores que cargan bajo como PATEN (0.73), ART (0.77) y GRADPOS (0.78). En el segundo periodo, los valores menores de 0.9 son: PROPRES (0.83), MATPO (0.89), PRIM (0.89). Todos los valores de  $t$  son altamente significativos, observándose valores más altos en los periodos en que hay un

Figura 3. Modelo estructural completo.



VIII. Refiérase a IF1 al grupo conformado por los años 2003-2005 de los indicadores de formación, a IF2 al segundo grupo 2006-2008. Con la misma idea anterior, se definen II1 (Índice de investigación primer grupo), II2 (índice de investigación segundo grupo), IC1 (Índice de Capacidad primer grupo), IC2 (Índice de capacidad segundo grupo).

Figura 4. Valores estimados-modelo estructural completo. Submodelo 1.

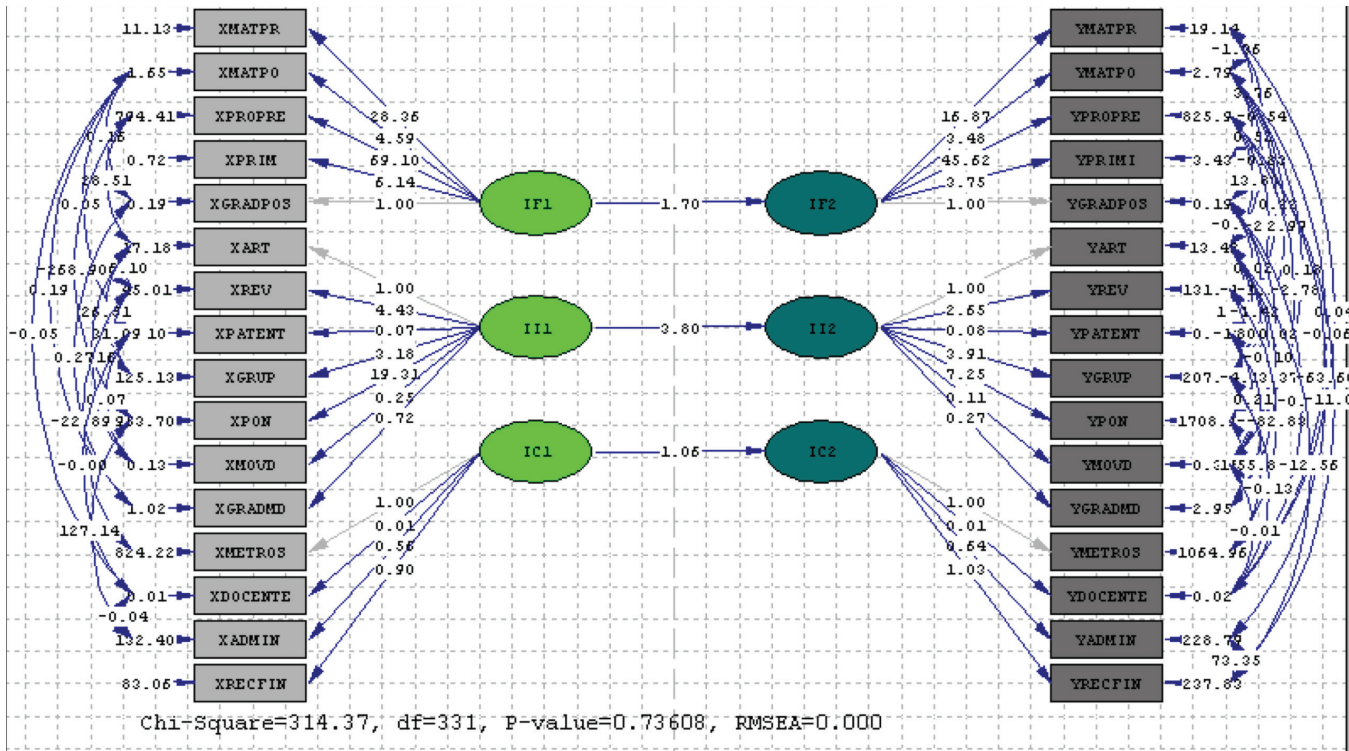
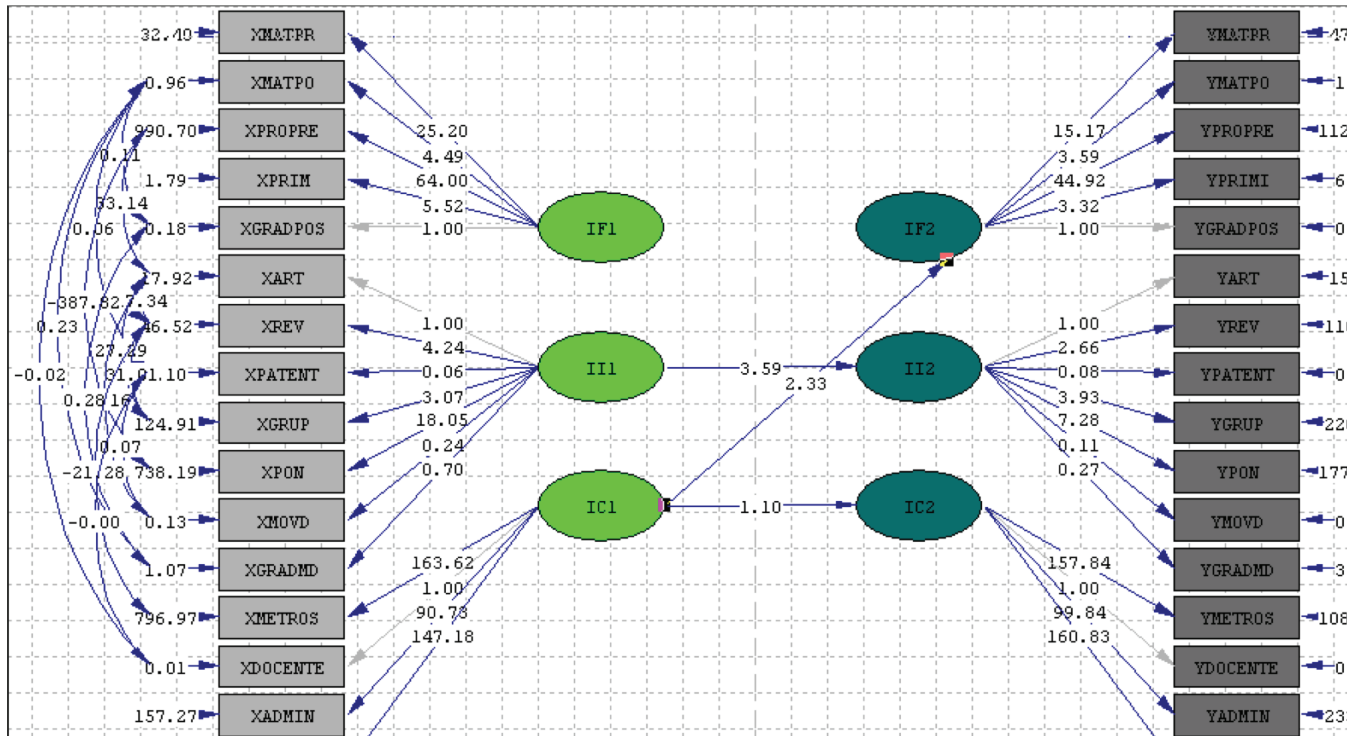


Figura 5. Valores estimados-modelo estructural completo. Submodelo 2



notorio cambio de estructura. La carga del indicador GRADPOS, ART, METROS se dejan libres como una forma de fijar la unidad de medida del índice en cada periodo correspondiente.

Teniendo en cuenta los índices de ajuste y de evaluación reportados en la Tabla 4, se observa que el

p-valor asociado a la chi-cuadrado (314.37, p=0.73) aporta evidencia para concluir que el modelo propuesto se ajusta adecuadamente a los datos. El cuadrado medio del error (RMSEA) es inferior a 0.05, y el intervalo de confianza del error cuadrático medio es aceptable. Los índices predictivos AIC y ECVI indican que el modelo propuesto es mejor que el

modelo de independencia. Esto permite concluir que todos los indicadores del modelo estructural son adecuados para inferir sobre la gestión de las universidades colombianas. Para tener un mejor ajuste del modelo, se permitieron correlaciones entre errores de medida de los indicadores.

**Tabla 4.** Evaluación del modelo índice de capacidad

X2	DF	GFI	RMSEA	NFI	CFI	PNFI	RMR
314.37	331	0.61	0.09	0.96	0.99	0.74	0.06

## Submodelo 2

El Submodelo 2 toma como variable referencia en IC1 y IC2, el indicador "Docentes". Según la Figura 5, el incremento en el número de docentes tiene un efecto directo sobre el IF2, debido a que es un factor importante en el desarrollo de la formación académica de las universidades. Ante un aumento en la capacidad (2003-2005), el índice de formación (2006-2008) crecerá 2.33 veces más respecto a IC1. Es decir, por cada punto adicional en el indicador docentes en 2003-2005, se tuvo un crecimiento en el índice de formación en 2006-2008 de 2.33. Esto indica la importancia de la planta profesoral sobre la formación de las universidades, siendo clave para el crecimiento y el excelente desempeño en este índice.

## Coeficiente de variación de la medida de los errores

El coeficiente de variación permite evaluar la calidad estadística de las estimaciones. Se considera la siguiente escala para la interpretación de los coeficientes de variación<sup>18</sup>:

- Hasta del 7%, es precisa.
- Entre el 8 y el 14% significa que existe una precisión aceptable.
- Entre el 15% y 20% precisión regular y por lo tanto se debe utilizar con precaución mayor del 20% indica que la estimación es poco precisa y por lo tanto se recomienda utilizarla sólo con fines descriptivos.

Los errores de medida analizados fueron los valores estimados dentro del modelo estructural, que corresponden a:

$\delta$  : errores de medida de las variables observables exógenas

$\mathcal{E}$  : errores de medida de las variables observables endógenas

A continuación se presentan los CV para cada periodo de tiempo analizado, junto con los coeficientes de determinación para cada ecuación del modelo.

**Tabla 5.** Coeficiente de variación de los errores de medida periodo 2003-2005 y 2006-2008

Naturaleza	Indicador	CV		R2	
		2003-2005	2006-2008	2003-2005	2006-2008
Investigación	ART	0.015	0.004	0.59	0.96
	REV	0.824	0.589	0.92	0.95
	PATENT	2.759	1.279	0.53	0.9
	GRUP	1.355	0.345	0.67	0.96
	PON	0.830	0.620	0.91	0.92
	MOVD	0.009	0.010	0.93	0.92
Formación	GRAD_MD	0.006	0.008	0.93	0.9
	MATPR	0.000	0.000	0.96	0.93
	MATPO	0.000	0.000	0.8	0.79
	PROPRE	0.446	0.446	0.65	0.69
	PRIMI	0.000	0.000	0.94	0.78
Capacidad	GRADPOS	0.000	0.000	0.61	0.83
	METROS	0.000	0.000	0.84	0.82
	DOCENTES	0.000	0.000	0.95	0.93
	ADMIN	0.000	0.000	0.91	0.9
	RECFIN	0.000	0.000	0.98	0.96

Para el periodo 2003-2005, los indicadores heterogéneos son los relacionados con investigación, reportándose valores de variación de sus errores de medida superiores a 25% (es debido a bajas frecuencias de ocurrencias de las universidades de esta clase de indicadores), al igual que el indicador PROPRE de formación (44.6%).

Según la Tabla 5 para el 2006-2008, predominan valores altos en el CV los indicadores de investigación, con valores superiores a 25%, los cuales son considerados como cifras indicativas o descriptivas, al igual que PROPRE indicador de formación con 44.6%, manteniéndose estable comparado con el primer periodo (2003-2005). Se puede evidenciar la disminución o reducción de los porcentajes de los CV del primer periodo respecto al segundo, indicando mayor homogeneidad en los valores de los indicadores medidos.

El resultado anterior, revela que los indicadores de formación son más estables, más objetivos de medir, comparados con los de investigación siendo estos más subjetivos en sus medidas.

## CONCLUSIONES

Desde el punto de vista metodológico, se ha podido comprobar la gran capacidad de síntesis que tienen los modelos de ecuaciones estructurales, permitiendo considerar simultáneamente todos los elementos que conforman el presente objeto de estudio, además de ofrecer una visión gráfica de las interrelaciones entre los diferentes elementos que intervienen.

En relación con los resultados de los análisis realizados, se presentan las principales conclusiones

puntuales, referente al análisis y caracterización de los indicadores de gestión de las universidades en dos periodos de tiempo.

## Índice de Investigación

El efecto directo estimado desde el índice de investigación del periodo 2003-2005 hacia el índice de investigación del periodo 2006-2008 es de 3.8. Esto indica un cambio de estructura favorable positivo entre los dos periodos. Es decir, por cada punto adicional en el indicador investigación en 2003-2005, se tuvo un crecimiento en el índice de investigación en 2006-2008 de 3.8 puntos.

Respecto al comportamiento de los indicadores de investigación en el periodo 2006-2008, se observó que el índice de estabilidad de la medida más significativa fueron los de GRADMD y PON, debido a que no presentaron cambios significativos dentro de la estructura de este grupo. Los valores de confiabilidad oscilaron entre 0.9 y 0.98. El indicador de PATEN en este periodo experimentó un comportamiento decreciente en su fiabilidad, pasando de un 99% del 2006 a un 41% en el 2008. Definitivamente las patentes no es un indicador de confiabilidad para el índice de investigación estadísticamente. Este fenómeno también se observa en el periodo anterior, donde no es un indicador que aporta de manera significativa al índice. El indicador GRUP presentó un comportamiento decreciente en su fiabilidad pasando de un 98% a un 88% en el 2008. Esta consecuencia se debe a las pocas patentes que las universidades han experimentado en el transcurso del proceso del modelo de gestión desde sus inicios, siendo las universidades más grandes las que experimentan con mayor fuerza este aspecto.

## Índice de Formación

El efecto directo estimado desde el índice de formación del periodo 2003-2005 hacia el índice de formación del periodo 2006-2008 es de 1.57. Esto indica que hubo un cambio favorable y positivo entre los dos periodos, reflejando el mejoramiento en la actividad de la formación.

Se ha podido determinar un grupo de indicadores mediante los cuales se podría evaluar de manera confiable el índice de formación. Además, se ha podido construir un modelo de medida con un aceptable ajuste a los datos. En la práctica, significa que estos indicadores son más objetivos de medir, más estables comparados con indicadores de otra naturaleza.

En términos de ampliación de cobertura (PRIM), este indicador tuvo un comportamiento estable tal y como se menciona en el estudio citado por el autor. Igualmente, el indicador PROPRES se ha mantenido en su comportamiento en este primer periodo. Este resultado lleva a pensar que las universidades no han

ampliado su oferta en términos de nuevos programas académicos en el periodo considerado.

## Índice de Capacidad

Entre los indicadores de capacidad, el más confiable en el periodo 2003-2005 se refiere a RECF con un 98% de fiabilidad, manteniéndose constante en los tres años (2003-2005), seguido de DOCENT Y ADM (93% Y 92% respectivamente). En el periodo 2006-2008, se presenta un leve decrecimiento en la fiabilidad de los indicadores METROS y DOCENT, comparado con el primer periodo. Este índice, en su comportamiento en el tiempo no presenta cambios significativos.

No hubo un cambio de comportamiento en la estructura de los indicadores de capacidad entre los dos periodos de estudio. Estos indicadores son más estables comparados con los demás indicadores. Claramente se observa la incidencia de las políticas educacionales en el comportamiento de este índice. El decrecimiento en gastos administrativos es reflejo de ello.

El análisis anterior permite llegar a una conclusión general: ha habido un cambio de comportamiento en la política educacional del país, lo que refleja un salto no solo cuantitativo sino cualitativo, reflejo de una nueva filosofía de compromiso efectivo y cierto con el desarrollo científico colombiano. El componente investigativo tiene dos comportamientos claramente diferenciados: el periodo correspondiente a los tres primeros años (2003, 2004, 2005), y el periodo conformado por los últimos años (2006, 2007, 2008), consecuencia del hecho de que la investigación es una preocupación nueva en las universidades colombianas. Desde el punto de vista de la calidad de los indicadores, puede entonces aseverarse que estos indicadores de investigación son más heterogéneos que los indicadores de formación y por ende de inferior calidad. Se espera que se involucren otro tipo de indicadores que estén acordes a la actualidad como son en materia de innovación y tecnología, relación entre el sector productivo y las universidades, entre otros.

## BIBLIOGRAFIA.

1. Observatorio de la Universidad Colombiana. Por su gestión de recursos, éstas son las IES con mayores beneficios en la distribución de recursos de Ley 30. En línea: [www.universidad.edu.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=969%3Apor-su-gestion-de-recursos-estas-son-las-ies-publicas-con-mayores-beneficios-en-la-distribucion-de-recursos-de-ley-30&catid=16%3Anoticias&Itemid=198](http://www.universidad.edu.co/index.php?option=com_content&view=article&id=969%3Apor-su-gestion-de-recursos-estas-son-las-ies-publicas-con-mayores-beneficios-en-la-distribucion-de-recursos-de-ley-30&catid=16%3Anoticias&Itemid=198), Consulta: 23 de marzo de 2013.
2. Ministerio De Educación Nacional de Colombia. Propuesta metodológica para la distribución de recursos

artículo87 de la ley 30 de 1992 vigencia 2013. En línea: [http://www.mineducacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/articles-212353\\_modelo1.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/articles-212353_modelo1.pdf), consulta: 20 de marzo de 2013.

3. Yáñez, G. Análisis comparativo de los indicadores de gestión de las instituciones de educación superior de mayor tamaño. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia, (2010).

4. Soto, J. La producción académica como uno de los indicadores del desempeño de las universidades públicas colombianas desde la perspectiva del análisis envolvente de datos, *Scientia et Technica*. 2005; 2 (28): 109-14.

5. De los Ríos, D. Indicadores de calidad y eficiencia en la educación universitaria: algunas propuestas para el sistema de acreditación chileno. Universidad de Chile. Tesis de grado. Santiago, (2000).

6. González, P. Aplicación del Lisrel al análisis del rendimiento estudiantil. *Revista Económica*. Universidad De Los Andes, Mérida, (1989). No 4, p. 55-73. Disponible en <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/19294/2/articulo4.pdf>

7. Hernández, A. Evaluating the Multiple-Group Mean and Covariance Structure Analysis model for the detection of Differential Item unctoning in polytomous ordered ítems. *Revista Psicothema* 2003; 15 (2) 315-21.

8. Hernández, J. Universidades e Indicadores de Gestión: El documento de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas. Universidad Carlos III. Madrid, España, (2003).

9. Salafranca, L., Freixa; M. y Guàrdia, J. Aplicación del análisis exploratorio de datos en los sistemas de ecuaciones estructurales. *Anales de Psicología*. 1992; 8 (1-2): 121-30.

10. Joreskög, D. LISREL 8: Structural Equation modeling with the SIMPLIS Command language. *Scientific Software Internacional*, (2001).

11. Bollen, K. *Structural Equations with Latent Variables*. Wiley & Sons. New York, (1989).

12. Hair, J. *Análisis Multivariante*. Prentice Hall. 5ª Ed. España, (1999).

13. Caballero, A. SEM vs PLS: Un enfoque basado en la práctica. *Memorias IV congreso de metodología de Encuestas*. En línea: [http://emoinsights.com/downloads/articulos/SEM\\_vs\\_PLS.pdf](http://emoinsights.com/downloads/articulos/SEM_vs_PLS.pdf), Consulta: 25 de marzo de 2013.

14. Ruiz, M. *Modelos de ecuaciones estructurales*.

Facultad de Sicolología. Universidad Autónoma de Madrid. *Papeles del psicólogo*. 2010; 31(1): 34-45.

15. Rivera, C. Un modelo estructural de Multidimensional Scaling para datos asimétricos. *Memorias Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa SEIOS*. Valladolid, (2007).

16. Manzano, A. *Sistema de ecuaciones estructurales: una herramienta de investigación*. CENEVAL. México, (2009).

17. Schreider, J.B., Stage, F.K., King, J., Nora, A., Barlow, E.A. Reporting structural equation modeling and confirmatory factor analysis results: a review. *J Educ Res*. 2006; 99 (6): 323-37.

18. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Estimación e interpretación del coeficiente de variación de la encuesta cocensal. En línea: [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/censo/est\\_interp\\_coefvariacion.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/censo/est_interp_coefvariacion.pdf). Consulta: 5 de abril de 2013.