

Propuesta de técnicas multivariadas en el análisis de la evaluación curricular

MARGARITO ÁLVAREZ RUBIO
ALFONSO ANGUIANO CABALLERO
J. FRANCISCO BARBA TORRES
J. EDUARDO GARCÍA RAMÍREZ

ELOÍSA RODRÍGUEZ IGLESIAS
SANDRA SAITZ CEBALLOS
MARÍA EUGENIA TOVAR MARTÍNEZ

Colegio de Ciencias y Humanidades,
Unidad Académica del ciclo bachillerato,
Plantel Sur, UNAM

Resumen

La propuesta presente comprende un proceso de reestructuración curricular con las fases del análisis, rediseño e implantación. El proceso de recabar los datos, resumirlos y analizarlos de tal forma que presenten juicios objetivos debe ir precedido por análisis cualitativos para detectar relaciones y análisis cuantitativos que incluyan técnicas estadísticas para inferir las relaciones y coadyuvar a la toma de decisiones atinadas.

En la propuesta, el análisis cualitativo involucró la identificación y definición de los indicadores del currículo y la selección de las instituciones; el cuantitativo se realizó a través del análisis multivariado. Las técnicas utilizadas son: una matriz de doble entrada con variables nominales dicotómicas; la identificación de los grupos de variables se realizó por un análisis de conglomerados o "Cluster"; el análisis discriminante determinó la confiabilidad y verificó los grupos propuestos con los grupos

esperados; el análisis de factores permitió reducir las variables destacando las más relevantes.

Se realizó un estudio exploratorio preeliminar a nivel documental de 12 currícula de educación superior y media superior, tomando en cuenta 58 indicadores y se aplicó el análisis multivariado. Los resultados obtenidos establecen: con los 58 indicadores, se formaron cinco subgrupos. El análisis de factores destaca quince indicadores como los más relevantes en el proceso: el curriculum disciplinario, aspecto doctrinario, aspecto tecnocrático, trabajo de equipo a nivel institucional, trabajo de equipo a nivel grupo, disponibilidad de tiempo para los alumnos, evaluación curricular esporádica, evaluación del docente, el método de instrumentación didáctica de los programas, materialista, el enfoque social, los aspectos teóricos disciplinarios y la actualización del conocimiento.

El análisis de las instituciones, formó cinco subgrupos cuyas tendencias se identificaron desde la tradicional hasta la modular. En el primer subgrupo: el Plan A36 de medicina y

los CONALEP como tecnocrático autoritario, en el segundo el Bachillerato del CCH y la ENEP Zaragoza como tecnocrático democrático, el tercero aglutina la ENEP Iztacala, Bachilleres, la UAM-Iztapalapa como tradicional progresista, en el cuarto grupo los CE-CYT, las vocacionales y la ENP como tradicionales y en el último la UAM-Xochimilco y la ENEP Aragón como modulares.

Consideramos que aplicar estas técnicas multivariadas en la evaluación curricular permitirá definir el modelo establecido, el real o vivido y compararlo con el propuesto, aumentando su valor explicativo, esto coadyuvará a que la institución cuente información actualizada, confiable y útil para normar un criterio racional, sistemático y crítico que cuente con condiciones de confiabilidad verificación y validación antes de implantar modificaciones.

Introducción

Dada la amplitud y diversidad de estudios que pueden realizarse para



evaluar un currículo, es lógico proponer que los medios o instrumentos a utilizar abarquen una gama de posibilidades. Autores como Glazman y De Ibarrola, Arredondo y De Alba, identifican la evaluación del proceso con una evaluación interna y externa del currículo.

En toda evaluación curricular el proceso de recabar datos, resumirlos y analizarlos de tal forma que ofrezcan juicios objetivos que permitan tomar decisiones atinadas, debe ir precedido por análisis cualitativos cuya intención sea detectar las relaciones que determinan los datos de evaluación y análisis cuantitativos multivariados, todo esto para tener una visión más amplia de las intrincadas relaciones del currículo.

■ Método

Se propone la combinación de los análisis cualitativos y cuantitativos de tipo multivariado para la evaluación curricular, a partir de la identificación, especificación y estructuración de los indicadores que faciliten detectar errores e incongruencias previos al proceso de desarrollo e implantación de las modificaciones propuestas.

Las técnicas sugeridas para el análisis de los indicadores curriculares son las siguientes: a partir de una matriz de doble entrada con variables nominales dicotómicas se identifican los grupos de variables por la técnica de conglomerados o "Cluster", el análisis discriminante sirve para determinar la confiabilidad y verificar los grupos propuestos con los grupos esperados; el análisis de factores permite reducir las variables y destaca las más relevantes dentro del análisis curricular.

A continuación se describirán cada una de ellas:

Matriz de doble entrada

Esta técnica se conoce en investigación educativa como la de Morganov-Heredia. Se le denomina matriz de doble entrada porque un mismo vértice es representado tanto en columna como en renglón; en ambos se coloca la secuencia de contenidos de acuerdo con el número de indicadores, utilizando una notación binaria (0 si está ausente, 1 si está presente) (tabla 1).

Análisis de datos

Para la identificación y clasificación de los datos se utilizó una técnica de análisis exploratorio: la técnica de análisis de conglomerados o de "Cluster". Este procedimiento permite cono-

cer la naturaleza compleja de las relaciones multivariadas, es decir, ayuda a identificar y sugerir hipótesis acerca de las relaciones existentes entre múltiples variables luego de agruparlas por su grado de similaridad.

Agrupar no es lo mismo que clasificar. La clasificación tiene como objetivo formar un número conocido de grupos; uno de sus objetivos operacionales es asignar nuevas observaciones a uno de esos grupos. La técnica de agrupamiento es más primitiva y se basa en las similitudes entre los datos. En términos de aplicaciones prácticas, en el agrupamiento el investigador conoce lo suficiente del problema para distinguir un "buen agrupamiento" (Johnson y Wichern 1982). En síntesis el objetivo del análisis de "Cluster" es descubrir agrupamientos "naturales" de las variables (Sokal 1973).

Al aplicar la técnica es muy importante establecer la forma de medir, ya que ésta permitirá conocer la "cercanía" o "similaridad", aunque esto llega a ser subjetivo, por lo que es muy importante tener conocimiento del tipo de escala y de las variables. En la presente propuesta se determinó, por considerarse la más apropiada para datos binarios, utilizar como métrica la distancia euclidiana es decir, la distancia geométrica más pequeña entre las variables. Estas se agrupan usualmente con base en el coeficiente de correlación o medidas de asociación, el cual se expresa como:

$$D(X_{ij}) = \sum_{i=1}^n [(X_{1i} - X_{ji})]^{1/2}$$

Para formar los agrupamientos se toman en cuenta tres propiedades (Pielou 1984):

1) *Nearest-neighbor clustering* ("el vecino más cercano") o *single-*

Tabla 1. Matriz de Variables

	X_1	X_2	X_3	...	X_{58}
Y_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{15}
Y_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	...	a_{25}
Y_3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	...	a_{35}
•	•	•	•		
•	•	•	•		
•	•	•	•		
Y_{12}	$a_{12\ 1}$	$a_{12\ 2}$	$a_{12\ 3}$...	$a_{12\ 58}$

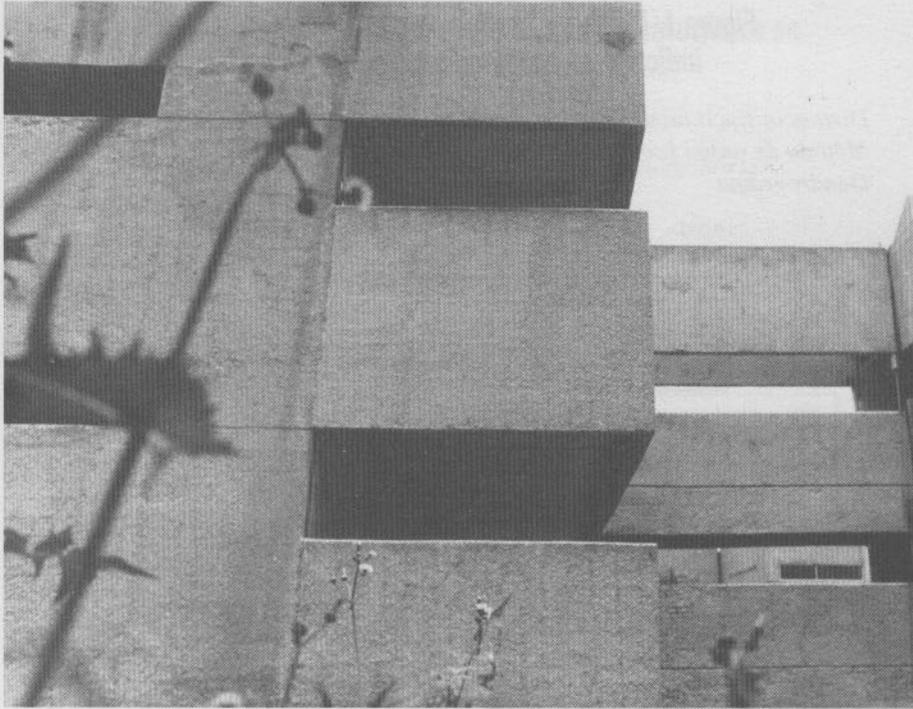
X_i Variable indicadora

Y_j Instituciones

a_{ij} Valores dicotómicos

(0 Ausencia del atributo

1 Presencia del atributo)



Armando Hernández Caltenco

linkage clustering (“enlace único”) une a los agrupamientos o clusters que estén más cercanos y “reduce el espacio” entre ellos, por lo que su principal desventaja es que une a los grupos cercanos en forma creciente, de tal manera que no hace distinguibles a los grupos formados. Su ventaja es que forma Clusters naturales.

2) *Farthest-neighbor clustering* (“el vecino más lejano”) o *complete-linkage clustering* (“enlace completo”) aumenta la separación entre los grupos.

3) *Centroide clustering* (“centrar”) promedia las distancias entre los grupos.

Para agrupar existen dos formas generales: tomando en cuenta una jerarquía o sin tomarla en cuenta. El método de agrupamiento jerárquico divisivo, o método aglomerativo jerárquico, consiste en generar divisiones sucesivas entre las variables lo cual va conformando a los diversos

subgrupos. Para graficar las uniones entre los subgrupos se utilizarán los diagramas de árbol o dendrogramas. Los cálculos y gráficas se pueden generar por medio del paquete estadístico SYSTAT, versión 5.01.

Análisis discriminante

Esta técnica de verificación se basa en distinguir grupos de observaciones de las variables, a través de evaluar la contribución relativa de cada variable en la discriminación final entre grupos formados; por ejemplo, los grupos identificados de manera subjetiva por el análisis de Cluster. Se utiliza en biología para problemas de taxonomía de microorganismos y recientemente se ha utilizado en otras áreas (Kleinbaum, Kupper y Muller 1988; 561).

Existen dos modalidades de la técnica: el análisis discriminante simple, donde se discriminan uno o dos

grupos, y el análisis discriminante múltiple o de variables canónicas, donde se discriminan varios grupos.

Se asume que los grupos se conocen *a priori*; el problema consiste en encontrar una combinación lineal de las variables discriminantes que maximice las diferencias entre los grupos, mientras minimiza la varianza dentro de cada grupo (Legendre 1983: 317).

La expresión matemática para la función discriminante de las combinaciones lineales L de las variables es:

$$L = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p (B_i X_j)$$

Los coeficientes B_1, B_2, \dots, B_p proveen la discriminación máxima entre las poblaciones (grupos), L indica la función que lleva a discriminar entre los dos grupos.

Análisis de factores

Con la finalidad de identificar los factores de un patrón o para establecer la tendencia que sigue un fenómeno, se aplica el análisis de factores, el cual consiste en descubrir, si es posible, las covarianzas entre múltiples variables, reduciéndolas a unas cuantas cantidades aleatorias llamadas “factores”. Los factores son desconocidos y la única forma de conocerlos es a través de las variables más importantes, que los tipifican, ya que son los responsables de las correlaciones observadas; por ejemplo, las correlaciones de las variables en los indicadores de un currículum. El análisis de factores se puede considerar como una extensión de los componentes principales para ver si consistente con una estructura pre-escrita y si es posible establecer un modelo matemático:



$$X_j = \sum_{i=1}^p D_i F_i + U_j$$

Un factor es un peso de la combinación lineal de variables originales:

$$F = \sum_{j=1}^p W_j X_j$$

$$F_i = \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^p W_{ij} X_j$$

Con la finalidad de alcanzar mayor interpretabilidad, cuando menos de los dos primeros componentes que son los mejor explicados por las variables, se alteran los factores iniciales por medio de una rotación geométrica, en este caso la Varimax. Con esto se procura alcanzar una estructura simple con respecto a las columnas de la matriz; esto es en sí un análisis confirmatorio.

En la fase de análisis se realizó una investigación documental sobre algunos aspectos relevantes o indicadores (se seleccionaron 58 indicadores) del currículum de doce instituciones de educación: media superior (6) y superior (6), con el propósito de conocer su estructura, encontrar las posibilidades de aclaración conceptual y sus tendencias educativas, así como iniciar un diálogo con el currículum.

Con el análisis de "Cluster" se obtuvieron dos dendrogramas; el primero a partir de los 58 indicadores del currículum y el segundo con las instituciones seleccionadas. En ambos dendrogramas se formaron cinco subgrupos, cada uno de ellos conformado por las variables que tuvieron mayor similitud, así como una estructura de relación (figura 1).

Las categorías del currículum establecidas para caracterizar la matriz fueron; 1) Propuesta metodológica, 2)

Figura 1. Diagrama gráfico de similitud de variables indicadoras en relación a las instituciones

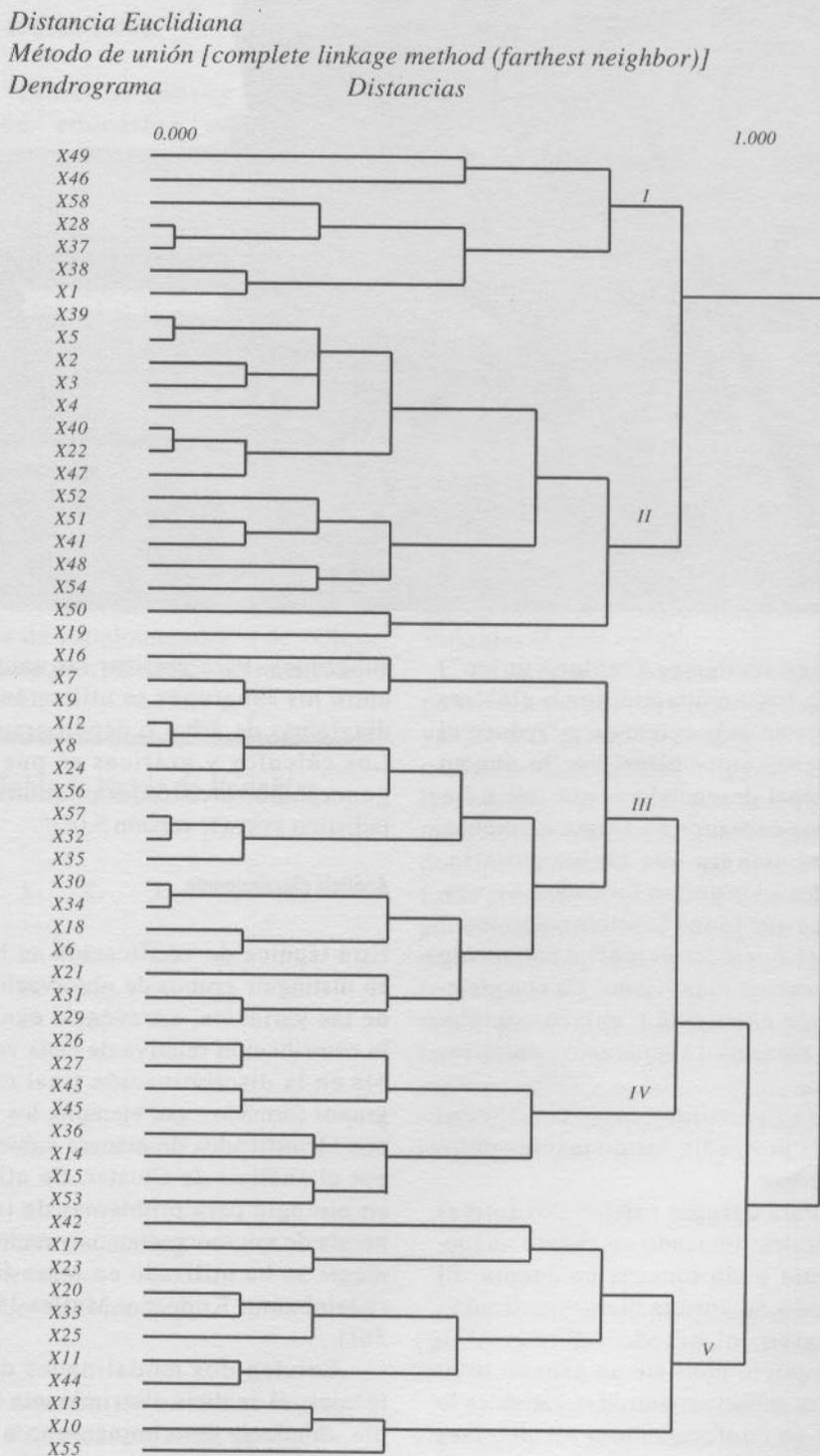




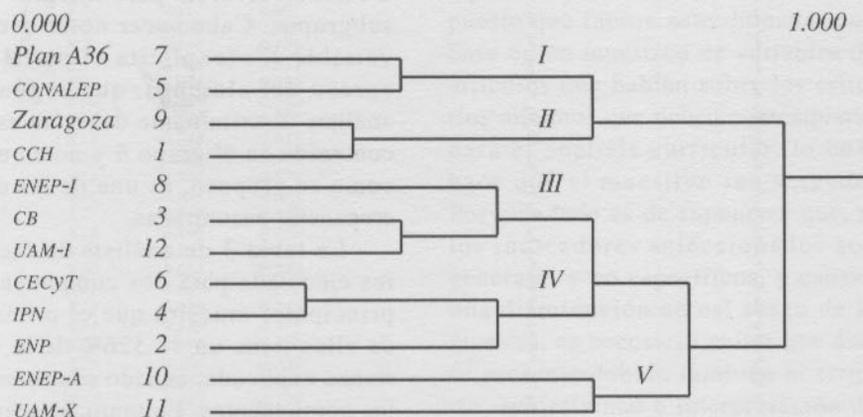
Figura 2. Diagrama gráfico de similitud de instituciones en relación a las variables indicadoras

Distancia Euclidiana

Método de unión [complete linkage method (farthest neighbor)]

Dendrograma

Distancias de similitud



Concepto de currículum, 3) Aspectos del currículum, 4) Núcleos disciplinares, 5) Organización por áreas de conocimiento, 6) Reorganización del conocimiento (génesis), 7) Perfil ideal y niveles de evaluación.

En el dendrograma de indicadores del currículum en el primer subgrupo se agruparon 7 variables: X_{49} (necesidades para formación de profesores), X_{46} (currículum por asignaturas), X_{58} (evaluación del alumno), X_{28} (departamentos o academias), X_{37} (carácter sistemático), X_{38} (carácter vertical), X_1 (marco teórico): su tendencia es tradicional.

El subgrupo 2 está constituido por 15 indicadores: X_{39} (carácter sobredeterminado), X_5 (explicita el contenido de la enseñanza), X_2 (explicita fines), X_3 (establece método de instrumentación didáctica), X_4 (presenta las orientaciones metodológicas), X_{40} (es teórico-disciplinario), X_{22} (con-

templa el compormiso social), X_{47} (explicita la necesidad de actualización del conocimiento), X_{52} (explicita el perfil del profesor), X_{51} (presenta problemas de funcionamiento), X_{41} (pedagógico), X_{48} (explicita las necesidades estudiantiles), X_{54} (explicita el perfil de egreso de los alumnos), X_{50} (conoce la demanda social), X_{19} (presenta un enfoque económico), presenta una tendencia tecnocrática autoritaria.

El mayor de los subgrupos es el 3; agrupar 17 variables de las 58 seleccionadas: X_{16} (enfoque materialista), X_7 (predominio de la experiencia), X_9 (disciplina), X_{12} (técnica curricular: tecnocrático), X_8 (enfoque de sistema), X_{24} (evaluación curricular esporádica), X_{56} (explicita la evaluación del docente), X_{57} (explicita el perfil del profesor), X_{32} (presenta trabajo en equipo), X_{35} (disponibilidad de tiempo al nivel de los alumnos),

X_{50} (asociaciones), X_{34} (disponibilidad de tiempo a nivel profesor), X_{18} (enfoque humanista), X_6 (guía de actividad escolar), X_{21} (enfoque social), X_{31} (trabajo en equipo a nivel institucional), X_{29} (colegios); su tendencia es tecnocrática democrática.

El subgrupo 4 agrupa los siguientes 8 indicadores: X_{26} (psicoanálisis), X_{27} (psicología genética), X_{43} (curricular multidisciplinario), X_{45} (curricular transdisciplinario), X_{36} (carácter participativo), X_{14} (empirista), X_{15} (idealista) y X_{53} (explicita el perfil del alumno que ingresa); tiene tendencia modular.

El último subgrupo agrupa 11 indicadores: X_{42} (curricular pluridisciplinario), X_{17} (positivista), X_{23} (teoría de la disciplina mental) X_{20} (enfoque interpersonal), X_{33} (disponibilidad de tiempo a nivel institucional), X_{26} (conductismo), X_{11} (analítico), X_{44} (curricular interdisciplinario), X_{13} (integrador), X_{10} (doctrinario), X_{55} (revisión curricular periódica); presenta tendencia tradicional progresista.

Con respecto a los cinco subgrupos que se formaron con las instituciones, éstos están conformados de la siguiente manera:

El subgrupo 1 por el Plan A-36 de Medicina (Y_7) y el Conalep (Y_5); el segundo por el CCH (Y_1) y la ENEP-Zaragoza (Y_9); el tercero agrupa a la ENEP-Iztacala (Y_8), el Colegio de Bachilleres (Y_3) y UAM-Iztapalapa (Y_{12}); en el cuarto subgrupo encontramos agrupadas a tres instituciones los Cecyt (Y_6), las Vocacionales (Y_4) y la ENEP (Y_2), y en el último subgrupo encontramos a la UAM-Xochimilco (Y_{11}) y la ENEP-Aragón (Y_{10}) (figura 2).

El análisis discriminante múltiple se utilizó para verificar si los grupos seleccionados subjetivamente en el "Cluster" eran los correctos (tabla 2).



Tabla 2. Resultados del análisis discriminante múltiple para cinco grupos propuestos y cinco grupos predichos

Variable de codificación	Probabilidad	Grupo propuesto	Grupo predicho
1	0.999	1	1
2	1.000	1	1
3	1.000	1	1
4	1.000	1	1
5	1.000	1	1
6	0.897	1	1
7	0.999	1	1
8	0.999	2	2
9	0.965	2	2
10	0.965	2	2
11	0.999	2	2
12	0.998	2	2
13	0.860	2	2
14	1.000	2	2
15	0.997	2	2
16	1.000	2	2
17	1.000	2	2
18	0.998	2	2
19	0.993	2	2
20	0.998	2	2
21	0.995	2	2
22	1.000	2	2
23	0.999	3	3
24	0.982	3	3
25	0.999	3	3
26	0.999	3	3
27	0.999	3	3
28	0.577	3	3
29	1.000	3	3
30	1.000	3	3
31	1.000	3	3
32	1.000	3	3
33	1.000	3	3
34	1.000	3	3
35	1.000	3	3
36	0.951	3	3
37	1.000	3	3
38	0.999	3	3
39	1.000	3	3
40	1.000	4	4
41	0.997	4	4
42	1.000	4	4
43	1.000	4	4
44	1.000	4	4
45	0.986	4	4
46	1.000	4	4
47	1.000	5	5
48	1.000	5	5
49	1.000	5	5
50	1.000	5	5
51	1.000	5	5
52	1.000	5	5
53	0.986	5	5
54	0.497	5	4
55	1.000	5	5
56	1.000	5	5
57	0.995	5	5

La tabla indica los grupos predictivos, es decir, cómo están o deberían estar conformados, con base en las variables que tipifican a los grupos. Se pudo observar que los grupos propuestos son iguales a los predictivos, lo que significa que las variables son correctas para integrar los subgrupos. Cabe hacer notar que la variable X_{54} (explicita el perfil de egreso del alumno), que según el análisis discriminante deberían estar contenida en el grupo 4 y no en el 5 como se propuso, es una de las discrepancias encontradas.

La tabla 3 de análisis de factores ejecutada para dos componentes principales muestra que el primero de ellos tiene un 14.526% de la varianza explicada, cuando son rotados los componentes. En tanto, el segundo componente presenta un valor de 9.933% que explica la variación de los datos. El primer componente implica un 20.484% del total de la varianza explicada y el segundo tan sólo el 17.427%. Esto significa que tanta información aportan las variables para "caracterizar" los componentes.

En el caso del primer componente existen ocho variables, con carga de factores altos ya que están por arriba de 0.7; Estas son X_9 (disciplina), X_{10} (doctrinario), X_{24} (tecnocrático), X_{31} (trabajo de equipo a nivel institucional), X_{32} (trabajo en equipo a nivel salón de clases), X_{35} (disponibilidad de tiempo a nivel alumnos), X_{56} (evaluación curricular esporádica) y X_{57} (evaluación del docente). Al segundo componente lo conforman las variables X_3 (establece el método de instrumentación didáctica de los programas), X_4 (presenta orientaciones metodológicas), X_{14} (empirista), X_{16} (materialista), X_{22} (enfoque social), X_{40} (teórico disci-



Tabla 3. Resultados del análisis de factores por componentes principales

Variables indicadoras	CP1	CP2
X1	0.668	0.038
X2	0.119	0.623
X3	0.323	0.761
X4	0.393	0.671
X5	0.317	0.402
X6	0.708	-0.930
X7	0.744	0.106
X8	0.746	0.025
X9	0.951	0.055
X10	0.085	0.262
X11	0.541	0.072
X12	0.746	0.025
X13	-0.024	0.384
X14	-0.338	-0.670
X16	0.331	0.645
X17	-0.174	-0.348
X18	0.896	0.131
X19	0.245	0.216
X20	0.654	-0.243
X21	0.447	-0.212
X22	0.479	0.746
X23	0.130	-0.375
X24	0.690	-0.325
X25	0.356	-0.300
X26	0.634	0.091
X27	0.343	-0.179
X28	0.427	-0.730
X29	0.664	0.003
X30	0.596	-0.245
X31	0.770	0.030
X32	0.842	-0.297
X33	0.394	-0.253
X34	0.596	-0.245
X35	0.624	-0.356
X36	0.013	-0.701
X37	0.427	-0.703
X38	0.593	0.025
X39	0.317	0.402
X40	0.479	0.746
X41	0.366	0.124
X42	-0.110	-0.149
X43	0.073	-0.264
X44	0.647	-0.200
X45	0.355	-0.247
X46	-0.175	-0.015
X47	0.495	0.699
X48	-0.014	0.535
X49	0.265	0.310
X50	0.087	0.494
X51	0.391	0.505
X52	0.414	0.479
X53	-0.368	-0.317
X54	0.292	0.399
X55	-0.383	0.717
X56	0.565	-0.537
X57	0.842	-0.297
X58	0.457	-0.644

Total de la variancia explicada por los componentes

CP1	CP2
14.526	9.933

Porcentaje de variancia total explicada

CP1	CP2
20.484	17.427

plinario), X₄₇ (actualización del conocimiento); son siete en total.

En general podemos decir que de las 58 variables sólo las 15 anteriores pueden ser consideradas como las más relevantes para realizar un análisis curricular. Sin embargo, esto no significa que sean las determinantes, puesto que fueron seleccionadas con base en un muestreo de variables de artículos que hablan sobre los criterios mínimos que deben contemplarse para el análisis curricular, lo cual hace que el muestreo sea sesgado. Por otro lado es de suponerse que, si los indicadores seleccionados son generales y no específicos, y causan una disminución en el sesgo de la muestra, es necesario evitar que éste se presente debido también al criterio, subjetividad e interpretación de los integrantes del seminario.

Las variables que aportan más información al factor I son las siguientes: X₉ (disciplina), X₁₈ (enfoque humanista), X₂₄ (tecnocratismo), X₃₁ (trabajo en equipo a nivel institucional), X₃₂ (trabajo en equipo a nivel salón), X₃₅ (disponibilidad de tiempo para el alumno), X₅₆ (evaluación curricular esporádica) y X₅₇ (evaluación docente). Todo este factor representa el enfoque de la Escuela Nueva o Tecnología Democrática.

El modelo matemático formal para el factor I se expresa:

$$F_1 = (0.606)X_1 - (-0.120)X_2 + (0.018)X_3 + \dots + (0.663)X_{58}$$

El factor II está comprendido por siete variables que involucran la más alta información y son las siguientes: X₃ (establece método institucional didáctico), X₄ (presenta orientaciones metodológicas), X₁₄ (empirista), X₁₆ (materialista), X₂₂ (compromiso social), X₄₀ (teórico-disciplinario) y X₄₇

(actualización del conocimiento). Este factor caracteriza a la Escuela Tradicional.

Así, el factor II queda expresado como:

$$F_2 = (0.283)X_1 + (0.623)X_2 + (0.827)X_3 + \dots + (0.377)X_{58}$$

Es importante notar que el factor I es el que tiene los valores más altos (en valores absolutos), con ocho indicadores y el factor II presenta siete variables de alto valor.

Las quince variables anteriores son las que deben tomarse en cuenta para realizar un análisis curricular, debido a que aportan más información. Se pueden anexar cualquiera de las otras pero no es recomendable prescindir de estas quince.

■ Conclusiones

Consideramos que aplicar estas técnicas multivariadas en la evaluación curricular permitirá no sólo comparar instituciones entre sí, estableciendo su tendencia, sino que ayudará a definir en una reestructuración curricular el modelo establecido, el real o el vivido, y compararlo con el propuesto, aumentando su valor explicativo; esto coadyuvará a que la institución cuente con información actualizada, confiable y útil para normar un criterio racional, sistemático y crítico que cuente con condiciones de confiabilidad, verificación y validación, antes de implantar modificaciones. ▲

