

Una metodología diferente para el estudio de un nuevo curriculum. Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo

A different methodology for the study of a new curriculum. Faculty of Agrarian Sciences, UNCuyo

Emilio Puebla
María Elena Montalto
Amalia Pivetta

Marcelo Alberto
Carlos Rubén Bageta
(ex aequo)

Originales: Recepción: 22/08/2008 - Aceptación: 10/12/2008

RESUMEN

Este trabajo se realizó en el contexto del Plan de estudios que la Facultad de Ciencias Agrarias (UNCuyo) implementó a partir de 1994 para las carreras de Ingeniería Agronómica y Licenciatura en Bromatología. Se calcularon algunos indicadores educativos (Tasa de Aprobación, Tasa de Deserción, Tasa de Recursado y Tasa de Permanencia) con el objeto de efectuar un seguimiento en la aplicación de dicho Plan de estudios, a través de una nueva metodología. Para el análisis de los datos se utilizaron cuatro métodos: "Determinación de distancias entre matrices y sus respectivos valores ideales", que permitió elaborar un índice de lejanía del sistema en su conjunto; "Análisis de Componentes Principales (ACP)" seguido de un "Análisis de Conglomerados (AC)", que permitieron agrupar las materias de acuerdo con sus similitudes. Finalmente, se realizó un "Análisis Discriminante", que permitió concluir que las tasas calculadas no establecen diferencias entre las asignaturas de los ciclos Básico e Instrumental (únicamente en el caso de Ingeniería Agronómica).

ABSTRACT

The present study was conducted within the context of the Curriculum that the Faculty of Agrarian Sciences (UNCuyo) implemented from 1994 onwards in Agronomic Engineering and Bromatology Degrees. Some educational indicators were calculated (Passing Rate, Drop-out Rate, Repeating Rate and Permanence Rate) with the aim of carrying out a control on the application of the Curriculum, with a new methodology. The data were analyzed using three different procedures: "Distance determination between matrices and their corresponding ideal values", which allowed the making of a distance index of the system as a whole. "Principal Components Analysis (PCA)" followed by a "Cluster Analysis (CA)" which allowed the grouping of the subjects according to their similarities. Finally a "Discriminant Analysis" assured that the calculated rates do not discriminate between the subjects of the Basic and Instrumental Cycles (only in the case of Agronomic Engineering).

Palabras clave

indicadores de eficiencia • rendimiento académico • plan de estudios

Keywords

efficiency rate • academic performance • curriculum

INTRODUCCIÓN

A partir de 1994 se implementó en la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCuyo un nuevo Plan de estudios que pretendió subsanar algunos problemas detectados en cuanto a la duración de la carrera, entre otros. Se propuso un régimen intensivo de cursado con evaluación continua e inmediata, que acortara el tiempo de cursado, ya que el tiempo real que empleaban los alumnos para completar su carrera superaba largamente lo planificado.

Transcurridos seis años desde su implementación y no habiéndose hecho ninguna evaluación respecto de la marcha del mismo, se realizó este trabajo que pretende contribuir a la evaluación del curriculum a través de la determinación del valor de indicadores pertinentes.

En el terreno de la educación, un indicador no es sino una herramienta que proporciona información relevante acerca de algún aspecto significativo de la realidad educativa. Lo habitual es que dicha herramienta consista en algún tipo de dato de carácter cuantitativo, generalmente una medida estadística.

Sin embargo, la importancia de un indicador puede ser utilizada por su carácter sintético y su capacidad para orientar en la toma de decisiones. Su contribución consiste más bien en iluminar la realidad educativa y aportar elementos de juicio para interpretarla (1).

Teniendo en cuenta que los indicadores son una representación sintética de una determinada realidad, su principal utilidad es ofrecer una perspectiva general acerca del estado o situación de la misma. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que no se puede pretender que expliquen todos los aspectos de la realidad que abordan. Lo más esperable es que representen de manera coherente una parte de la realidad, destacando sus fortalezas y debilidades.

En general, se tiende a considerar que los indicadores permiten aumentar el conocimiento de los problemas educativos, aportan interpretaciones de los mismos y proporcionan información suficiente para discutir posibles soluciones a los problemas detectados (5).

Es por ello que se pudo determinar el valor de indicadores pertinentes, analizar el rendimiento académico de los alumnos en el curso de grado en cada una de las asignaturas involucradas y establecer la relación existente entre los valores ideales de los indicadores propuestos y sus valores reales para los años considerados en el estudio.

El marco conceptual de este sistema de indicadores se encuentra definido en "Contenido del Sistema de Información para la Gestión Educativa" de la Dirección General de la Red Federal de Información de la Secretaría de Programación Educativa del Ministerio de Educación de la Nación (2).

METODOLOGÍA

El universo con que se trabajó estuvo constituido por los alumnos ingresantes a la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo, en 1996, 1997, 1998, 1999 y 2000 y los alumnos recursantes de estos mismos años.

Se incluyeron además los recursantes pertenecientes al 2001, dato necesario para calcular el abandono interanual.

Las variables que se estudiaron fueron: matrícula inicial, matrícula final, número de aprobados y número de recursantes en cada asignatura involucrada. Se calculó:

Abandono interanual = No aprobados en el año “n” – Recursantes en el año “n+1”

Tasa de aprobación = (Número de Aprobados / Matrícula final) x 100 (TA%)

Tasa de recursado = (Número de Recursantes / Matrícula inicial) x 100 (TR%)

Tasa de permanencia = (Matrícula final / Matrícula inicial) x 100 (TP%)

Tasa de deserción = (Abandono Interanual / Matrícula inicial) x 100 (TD%)

Una vez obtenidos los valores de las tasas anteriormente mencionadas, se armaron matrices en cuyas filas se encontraban las tasas correspondientes a cada asignatura, y en las columnas estaban los valores de cada indicador para las mismas.

Se midió la distancia entre una matriz que contenía los valores ideales, siendo éstos Tasa de Aprobación y Tasa de Permanencia iguales al 100%, y Tasa de Deserción y Tasa de Recursado iguales al 0%, y las matrices con los valores reales obtenidos.

Para medir la distancia entre matrices se utilizó la Norma infinito. Se define distancia entre dos matrices A y B de $R^{n \times m}$, como el número real:

$d_M(x, y) = \|A - B\|_M$, donde $\|\cdot\|_M$ es una norma matricial cualquiera

En este caso, y de acuerdo con lo que se midió $M = \infty$. Estas fórmulas fueron empleadas como indicadores de eficiencia global. Esta metodología está basada en la Teoría de Espacios Métricos, que se aplica en Topología General en Matemática, siendo su uso en el presente trabajo de carácter innovador, dado que no se ha registrado en la búsqueda de trabajos previos efectuada, antecedentes de utilización de la misma en esta área. Para eliminar el factor de la escala, se elaboró un índice simple, índice de lejanía, basado en las distancias observadas para medir la eficiencia global.

Por otro lado, se enfocó el estudio de las matrices de datos mediante Análisis de Componentes Principales (ACP) y Análisis de Conglomerados (AC).

Finalmente se realizó un Análisis de Discriminante para identificar un grupo de los indicadores ya definidos, que permitiera diferenciar las asignaturas del ciclo Básico de las del ciclo Instrumental. Se utilizó el programa de computadora MATLAB 6.0.

RESULTADOS

Carrera de Ingeniería Agronómica

A. Método: *Determinación de distancias entre matrices*

Tabla 1. Distancias Norma infinito de las matrices observadas en la carrera Ingeniería Agronómica a la matriz ideal e índices de lejanía.

Table 1. Distances between observed Inf-norm matrix in Agronomic Engineering and their corresponding ideal values, and distance index.

Matriz correspondiente a cada año	Distancia (Norma infinito)	Índice de lejanía (valor de referencia 1996)
1996	138,91	100
1997	115,69	83,29
1998	156,55	112,7
1999	175,2	126,12
2000	130,28	93,79

Se tomó como base 1996 (eficiencia inicial). En 1997 el índice de lejanía fue menor, lo que indicó que resultó de mejor eficiencia en términos de las variables medidas. A partir de 1998 y 1999 la eficiencia global fue disminuyendo (índices de lejanía por encima de 100). Se observó que en el 2000 se produjo un mejoramiento de la eficiencia global, hecho expresado por el índice de ese año, que alcanzó 93,79% del valor de base.

B. Método: *Análisis de Componentes Principales*

En la Facultad de Ciencias Agrarias, las asignaturas de la Carrera de Ingeniería Agronómica están incluidas en diferentes períodos de tres meses de duración cada uno.

Tabla 2. Tasas promedio para los cinco años por asignatura indicando períodos en que se dictan.

Table 2. Average rates for five years for courses, indicating their class periods.

Agronomía	Período	TA%	TR%	TP%	TD%
Matemática	1	65,53	32,31	82,23	11,49
Química General	1	80,12	30,03	74,81	14,16
Física I	2	73,01	34,69	65,31	13,39
Química Inorgánica	2	89,18	11,83	91,09	4,4
Botánica I	3	93,24	14,76	74,23	11,91
Física II	3	90,21	12,12	82,53	10,46
Química Analítica	3	72,83	9,38	97,45	7,71
Botánica II	4	80,67	14,77	78,44	8,63
Informática	4	77,97	11,31	69,71	33,08
Química Orgánica	4	61,39	24,51	88,68	8,18
Estadística	5	75,85	42,86	45,66	18,95
Fisiología Vegetal	6	89,32	7,89	92,36	7,2
Zoología Agrícola	6	89,54	11,55	80,78	17,3

En lo sucesivo, se mencionarán "tasas altas" o "tasas bajas", las cuales se considerarán tales en relación con el centro del gráfico factorial, donde se encuentra el promedio (centroide). Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP), considerando las variables TA%, TR%, TP% y TD%, del cual se obtuvieron los siguientes resultados:

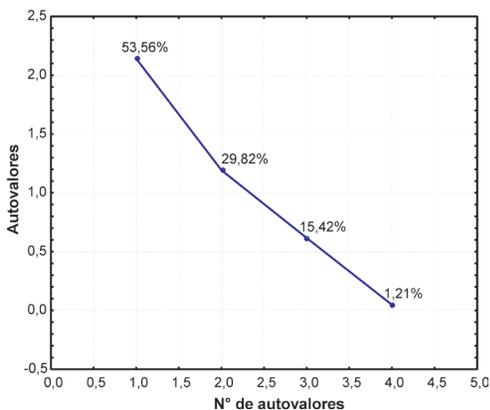


Figura 1. Autovalores de la matriz de correlación de las tasas.

Figure 1. Eigenvalues of correlation matrix of rates.

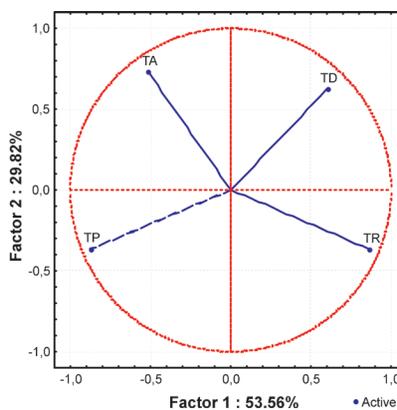


Figura 2. Proyección de las tasas en el plano factorial (1 x 2).

Figure 2. Projection of the rates on the factor-plane (1 x 2).

La figura 1 muestra que con la contribución de los dos primeros autovalores dominantes se retiene el 83,38% de la información. Por lo tanto, usando el criterio de Kaiser, se retienen dos factores.

La figura 2 indica las proyecciones de las tasas en el plano factorial. Sirve para interpretar el significado de los nuevos ejes factoriales generados por el ACP (4).

- La interpretación del eje horizontal es la siguiente:
A la derecha: se encuentran materias con altas tasas de recursado y bajas tasas de permanencia.
A la izquierda: la interpretación es a la inversa.
- La interpretación del eje vertical es la siguiente:
En la parte superior: se encuentran materias con altas tasas de aprobación.
En la parte inferior: la interpretación es a la inversa.

Al considerar la variable TD se advierte que la contribución es similar a los se-miejes positivos de ambos ejes factoriales.

Teniendo en cuenta los dos primeros factores retenidos, se realizó un AC jerár-quico que permitió agrupar las materias (siguiendo el Método de Ward y utilizando la distancia euclídea) (3) en cuatro conglomerados, que se muestran en el plano factorial donde se proyectan las materias.

Se realizó la interpretación de los conglomerados, para lo cual se tuvo en cuenta el promedio general de las tasas y la ubicación de las materias en el plano factorial (figura 3). Se consigna el período de dictado de cada materia entre paréntesis.

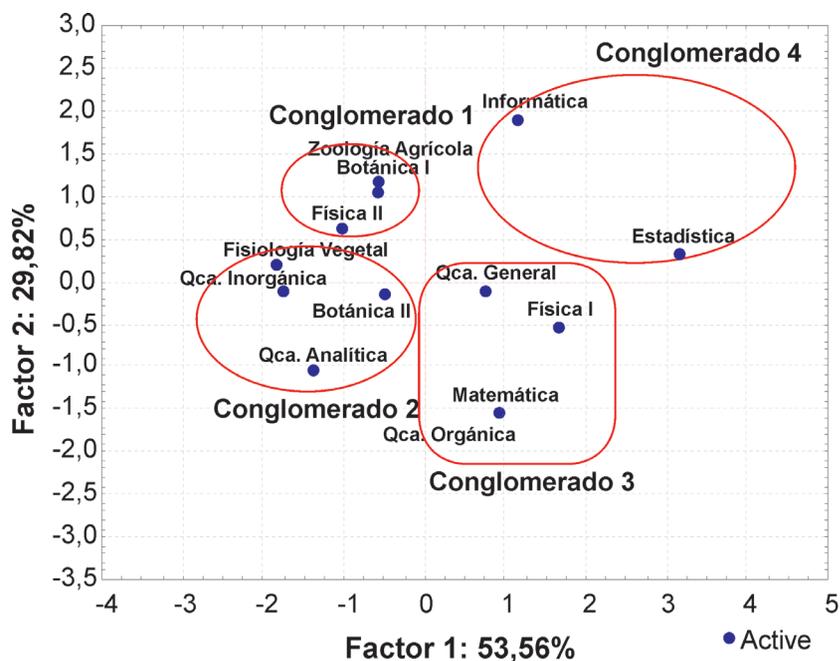


Figura 3. Proyección de los casos (asignaturas) en el plano factorial (1 x 2).

Figure 3. Projection of the cases (courses) on the factor-plane (1 x 2).

Conglomerado 1

Botánica I (3°), Física II (3°) y Zoología Agrícola (6°). Se caracteriza por reunir asignaturas con TA%, TD% y TP% altas, mientras que la TR% es baja.

Conglomerado 2

Botánica II (4°), Fisiología Vegetal (6°), Química Analítica (3°) y Química Inorgánica (2°). Se caracteriza por reunir asignaturas con bajas TR% y TD% y alta TP%. Respecto de la TA% cabe señalar que está en el promedio.

Conglomerado 3

Física I (2°), Matemática (1°), Química General (1°) y Química Orgánica (4°). Reúne asignaturas con bajas TA%, TP% y TD%. En este conglomerado se observan TR% moderadamente altas, excepto Química Orgánica que está sobre el promedio.

Conglomerado 4

Informática (4°) y Estadística (5°). Reúne materias con altas TA%, TR% y TD%, mientras que tienen TP% bajas.

Posteriormente se llevó a cabo un Análisis Discriminante con selección de variables (Stepwise Discriminant Analysis) (6) usando "ciclo" como variable clasificadora.

Tabla 3. Resumen del Análisis de la Función Discriminante y niveles de significación de las variables utilizadas.

Table 3. Summary of Discriminant Function Analysis and significance levels of the variables used.

	Lambda de Wilks	Coef. Lambda parciales	F (1,11)	valor-p	Toler.	1-Toler (R-cuad)
Períodos	0,69896	0,50549	6,84796	0,03456	0,67155	0,32844
TA	0,35712	0,98934	0,0754	0,79155	0,28402	0,71597
TR	0,36743	0,96157	0,2797	0,61324	0,09395	0,90604
TP	0,38564	0,91617	0,6405	0,44983	0,08647	0,91352
TD	0,46553	0,75895	2,2321	0,17957	0,28009	0,7199

En la tabla precedente la variable agrupadora fue "Ciclo", el valor obtenido $F(5,7) = 2,5624$, con $\text{valor-p} = 0,1206$

El resultado del Análisis Discriminante indicó que el modelo propuesto no resultó idóneo ($p\text{-valor} < 0,1260$), dado que la única variable que realmente sirve para discriminar es Período ($p\text{-valor significativo: } 0,03$); se concluyó que las tasas calculadas no discriminan ciclos.

Esto se puede interpretar como que las cuatro tasas calculadas no ejercen en forma global un efecto significativo para la separación de los grupos Básico e Instrumental. A su vez, implica que los vectores promedio de tasas en ambos grupos no son estadísticamente distintos (3).

Sobre la base de los resultados obtenidos, se considera que al cambiar del Ciclo Básico al Instrumental no hay modificaciones sustanciales en los indicadores medidos.

Al continuar con el procedimiento se obtienen los valores que se consignan en la tabla 4.

Tabla 4. Resumen del Análisis de la Función Discriminante según la variable clasificadora "Ciclo".

Table 4. Summary of Discriminant Function Analysis according the classifier variable "Ciclo".

	Lambda de Wilks	Coef. Lambda parciales	F (1,11)	valor-p	Toler.	1-Toler (R-cuad)
Períodos	1	0,5079	10,6575	0,00753	1	0

N° de variables en el modelo: 1; Agrupadora: Ciclo
Wilks' Lambda: 0,50791 aprox. $F(1,11) = 10,658$ $p < 0,0075$

Dado que el p-valor de la prueba estadística es menor que 0,00753, entonces el modelo es adecuado y produce la siguiente clasificación, tal como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Clasificación de casos utilizando la Función Discriminante de la tabla 4.

Table 5. Classification of cases (courses) using the discriminant function of table 4.

Asignatura	Clasificación observada	p = 0,61538	p = 0,38462
Botánica I	Básico	Básico	Instrumental
Botánica II	Básico	Básico	Instrumental
Física I	Básico	Básico	Instrumental
Física II	Básico	Básico	Instrumental
Fisiología Vegetal	Instrumental	Instrumental	Básico
Informática	Instrumental	Instrumental	Básico
Matemática	Básico	Básico	Instrumental
*Química Analítica	Instrumental	Básico	Instrumental
Química General	Básico	Básico	Instrumental
Química Inorgánica	Básico	Básico	Instrumental
*Química Orgánica	Básico	Instrumental	Básico
Estadística	Instrumental	Instrumental	Básico
Zoología Agrícola	Instrumental	Instrumental	Básico

Se advierte que solamente están mal clasificadas dos materias (*) de trece, lo que implica un 84,6% de materias bien clasificadas.

Carrera de Licenciatura en Bromatología

A. Método: *Determinación de distancias entre matrices*

Tabla 6. Distancias Norma infinito de las matrices observadas en la carrera Licenciatura en Bromatología a la matriz ideal e índices de lejanía.

Table 6. Distances between observed Inf-norm matrix in Bromatology Degrees and their corresponding ideal values, and distance index.

Matriz correspondiente a cada año	Distancia (Norma infinito)	Índice de lejanía (valor de referencia 1996)
1996	135,79	100
1997	158,63	116,81
1998	164,95	121,47
1999	149,32	109,96
2000	135,07	99,46

Cabe señalar que el sistema presentó un valor modal del índice de lejanía del 120% en 1998, regresando en el 2000 a los valores del año base.

B. Método: *Análisis de Componentes Principales*

Tabla 7. Asignaturas y sus correspondientes tasas.

Table 7. Courses and their rates.

Bromatología	Período	TA%	TR%	TP%	TD%
Matemática	1	66,15	41,55	80,92	13,37
Química General	1	75,74	31,08	84,42	14,44
Química Inorgánica	2	86,7	11,06	93,59	6,9
Botánica I	2	81,78	24,63	78,56	15,55
Física II	3	88,05	19,43	81,7	5,88
Química Analítica	3	76,19	13,2	96,11	4,54
Botánica II	4	93,82	7,08	89,72	9,21
Química Orgánica	4	53,35	34,12	77,94	22,22
Estadística	5	87,95	39,71	39,5	22,58

Se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) considerando las variables TA%, TR%, TP% y TD%, del cual se obtuvieron los siguientes resultados:

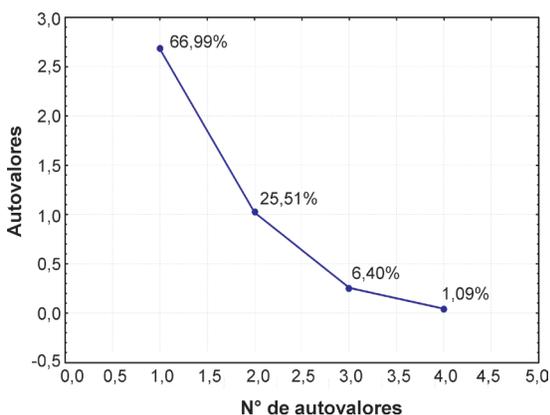


Figura 4. Autovalores de la matriz de correlación de las tasas.

Figure 4. Eigenvalues of correlation matrix of rates.

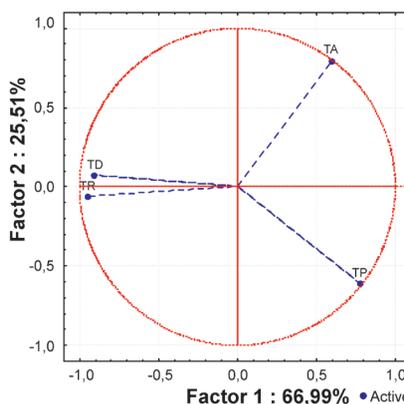


Figura 5. Proyección de las tasas en el plano factorial (1 x 2).

Figure 5. Projection of the rates on the factor-plane (1 x 2).

La figura 4 indica que el porcentaje acumulado con los dos autovalores dominantes es de 92,50%; el resto de los autovalores fue menor que 1, por lo que, siguiendo el criterio de Kaiser, se deben retener dos factores, con lo cual la representación será en un plano bidimensional.

La figura 5 indica las proyecciones de las tasas en el plano factorial. Sirve para interpretar el significado de los nuevos ejes factoriales generados por el ACP.

- La interpretación del eje horizontal es la siguiente:
A la izquierda: se encuentran las materias con altas TD% , TR% y baja TP%.
A la derecha: la interpretación es a la inversa.
- La interpretación del eje vertical es la siguiente:
En la parte superior: se encuentran las materias con altas TA%.
En la parte inferior: la interpretación es a la inversa.

Se realizó luego un AC jerárquico, que permitió agrupar las materias (siguiendo el Método de Ward y utilizando la distancia euclídea) (3) en cuatro conglomerados, que se muestran en el plano factorial donde se proyectan las materias.

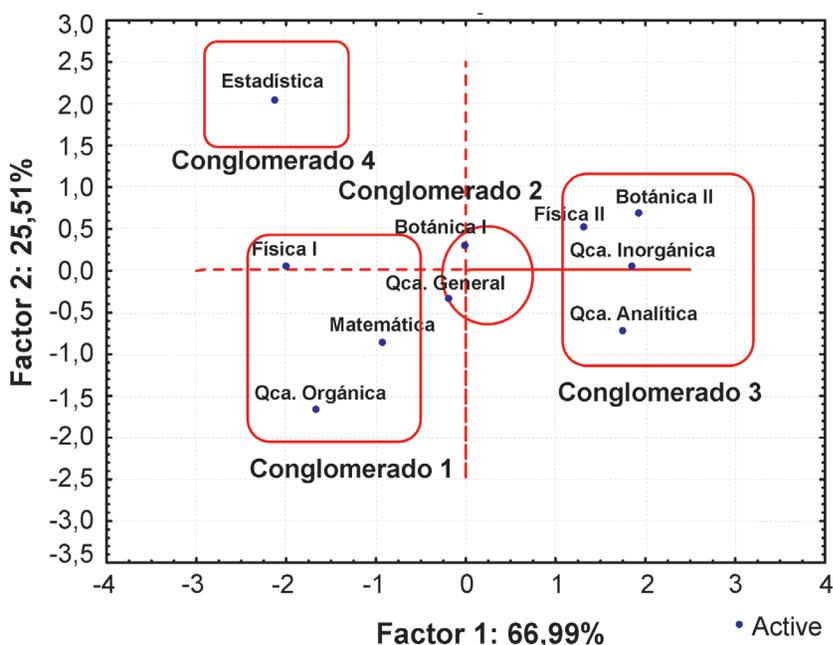


Figura 6. Proyección de los casos (asignaturas) en el plano factorial (1 x 2).

Figure 6. Projection of the cases (courses) on the factor-plane (1 x 2).

La interpretación de los conglomerados, respecto del promedio general de las tasas y teniendo en cuenta la ubicación de las materias que los constituyen, referidas a los ejes antes descriptos, es la siguiente:

Conglomerado 1

Química Orgánica (2° - 3°), Física I (2°) y Matemática (1°). Estas materias tienen altas TR% y TD%, y bajas TA% y TP%.

Conglomerado 2

Botánica I (3°) y Química General (1°) presentan valores cercanos al promedio en todas sus tasas, dado que están ubicadas cerca del centroide del plano factorial.

Conglomerado 3

Botánica 2 (4°), Física 2 (3°), Química Inorgánica (2°) y Química Analítica (4°). Estas materias presentan el mejor comportamiento de todas. Se caracterizan por tener bajas TR% y TD%, como así también las mejores TP%. En cuanto a la TA%, en general superan el promedio, excepto Química Analítica.

Conglomerado 4

Estadística (5°). Esta materia tiene altas TR% y TD%, presentando además bajas TP% y alto nivel de TA%.

Dado que en la carrera de Licenciatura en Bromatología no existe separación entre ciclos, no se realizó un análisis discriminante similar al de la carrera de Ingeniería Agronómica.

DISCUSIÓN

Carrera de Ingeniería Agronómica

Las cuatro tasas calculadas no ejercen en forma global un efecto significativo, medido a través de la función discriminante, para la separación de los ciclos Básico e Instrumental. Esto implica que los vectores promedio de tasas en ambos grupos no son estadísticamente distintos. Es decir que a medida que se avanza en los ciclos, del Básico al Instrumental, no hay modificaciones en los indicadores medidos a nivel global.

Entre las más bajas TA% se encuentran Matemática, Química Analítica y Química Orgánica. Justamente estas dos últimas materias constituyen las dos únicas mal clasificadas en el Análisis Discriminante, es decir, no se comportan de acuerdo con el período en el que se encuentran. Informática presenta la más alta TA%. En cuanto a la asignatura Cálculo Estadístico, presenta una buena TA%, baja TP% y la más alta TR% de todas las asignaturas.

Se percibe que, en 1996 (año base en la elaboración del índice de lejanía) se midió un índice mayor que durante 1997. Este último año puede considerarse como el de mejor eficiencia en términos de las variables medidas, pero a partir de 1998 y 1999 la eficiencia global fue disminuyendo (índices superiores a 100).

Se observó que para el 2000 se produjo un mejoramiento de la eficiencia global, hecho expresado por el índice de ese año, que alcanzó 93,79%. En general, para todos los años considerados en el estudio, el comportamiento del índice fue fluctuante.

Carrera de Licenciatura en Bromatología

Si se observa la tabla 6 (pág. 40), se advierte que el sistema presentó un aumento del índice de Lejanía hasta 1998 inclusive (valor del índice = 120%), y por lo tanto una disminución de la eficiencia del sistema en su conjunto, para luego regresar a los valores del año base.

Estadística presenta altos niveles en las TA%, TR% y TD%. Por su parte Química Orgánica también tiene altas TR% y TD%, aunque bajas TA%.

El mejor comportamiento lo presentan las materias del conglomerado 3. Se caracterizan por tener bajas TR% y TD%, como así también las mejores TP% por encima del promedio. En cuanto a la TA%, en general son superiores al promedio, excepto Química Analítica.

CONCLUSIONES

Las evidencias reunidas sugieren que no hay diferencia en la eficiencia educativa entre los ciclos Básico e Instrumental.

Si bien se observa un año con la máxima eficiencia, queda claro que ésta es fluctuante a través del tiempo y no puede asegurarse una evolución del sistema hacia un estado particular.

El método de análisis propuesto en este trabajo resultó muy versátil porque permitió analizar el sistema, ya sea en forma estática como dinámica. El método también resulta útil como una herramienta para la Gestión Educativa ya que permite detectar materias con características particulares en cuanto a su eficiencia.

Desde un punto de vista descriptivo ha sido posible formar grupos de materias (conglomerados) de características similares en cuanto a su eficiencia, aunque no ha sido posible validar este agrupamiento estadísticamente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bryk, A.; Hermanson, K. 1994. Observations on the Structure, Interpretation and Use of Education Indicator Systems. Paris. Marking Education Count. OCDE. 47 p.
2. Dirección General de la Red Federal de Información de la Secretaría de Programación Educativa. 1996. Contenido del Sistema de Información para la Gestión Educativa. Buenos Aires. Ministerio de Cultura y Educación de la Nación. 33 p.
3. Peña, Daniel. 2002. Análisis Multivariante de Datos. Madrid. Mc Graw-Hill Interamericana de España. 529 p.
4. Pérez, César. 2004. Técnicas de Análisis Multivariante de Datos. Aplicaciones con Excel. Madrid. Pearson Alhambra. 672 p.
5. Tiana Ferrer, A. 1997. Los indicadores: ¿Qué son y qué pretenden? Cuadernos de pedagogía N° 256. España. Cis Praxis. p. 50-53.
6. Uriel Jiménez, E.; Aldás Manzano, J. 2005. Análisis Multivariante Aplicado. Madrid. Thomson Editores Spain. Paraninfo S. A. 531 p.

Agradecimientos

A la Prof. Alicia Bevaqua y al M. Sc. Ing. Agr. Luis Rodríguez Plaza
por la revisión crítica del manuscrito.

Al Sr. Roberto Bruce por su colaboración en la traducción del abstract.

Al Prof. Jorge A. Sánchez por la revisión crítica final del resumen y abstract.