

Taxonomía Numérica: su aplicación al análisis de los resultados de una evaluación

(Numerical Taxonomy: its application to the analysis of the results of one evaluation)

M.R. Ferrari, S.E. Spirito y M.G. Sabalza

*Cátedra de Física Biológica, Fac. de Cs. Veterinarias, Universidad de Buenos Aires
Chorroarín 280 (1427), Buenos Aires, Argentina*

Trabalho recebido em 26 de novembro de 1994

Resumo

En el presente trabajo se evalúa el aprendizaje de dos grupos de alumnos de un curso de Física Biológica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires, que se encuentran bajo diferentes modalidades de trabajo. La Taxonomía Numérica nos permite agrupar a los alumnos en taxones por medio de métodos numéricos. La medición de las semejanzas en las respuestas a los ítems de una evaluación permite reconocer agrupamientos y construir un fenograma. El análisis del fenograma contribuye a la detección de problemas y logros individuales y grupales. El diagnóstico del aprendizaje da la posibilidad de modificar la metodología de enseñanza. La Taxonomía Numérica es un método ágil y sensible que puede ser aplicado al análisis de grupos grandes. Da información y orientación para mejorar las técnicas de enseñanza - aprendizaje.

Abstract

In this report we evaluate the knowledge of two groups of Biological Physics students of the Veterinary School of the University of Buenos Aires which are under different working conditions. The application of Numerical Taxonomy allows us to group the students into taxa, using numerical methods. The measure of the similitude in the answers to the different items of an evaluation allows to recognize groups and to make phenogram. The phenogram analysis contributes to the detection of individuals or group problems and achievements. Teaching methodologies can be modified by learning diagnosis. In conclusion, Numerical Taxonomy is as sensitive and rapid method, that could be applied for the analysis of large groups, giving valuable information to improve the teaching and learning techniques.

Introducción

En este trabajo se estudian los resultados de una evaluación, con el fin de reunir evidencias acerca del estado del proceso de enseñanza-aprendizaje en un curso de Física Biológica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires.

Las evaluaciones son herramientas útiles para modificar y mejorar la instrucción pero sólo raras veces se las utiliza como tales, ya que, como dice Bloom (1975), "el docente atareado, responsable de clases numerosas constituidas por gran variedad de estudiantes se ocupa principalmente de los procesos de enseñanza, dedicando

poco tiempo a los procedimientos de evaluación".

La metodología usada en el presente trabajo es la Taxonomía Numérica. Esta surgió en el ámbito de la Biología durante la década del 50 como método objetivo y repetible de clasificación de los seres vivos.

Fue aplicada a numerosas y diversas disciplinas que van de la Arqueología a las Ciencias Políticas, de la Clasificación de los Materiales a la Lingüística, de la Programación Televisiva a la Biogeografía (Sneath y Sokal, 1973).

También se utilizó para analizar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se compararon los niveles de

conducta alcanzados por los alumnos de cursos de Genética y Biología (Palermo y Ferrari, 1987; Palermo 1988; Palermo y Ferrari, 1991) y las respuestas a una misma evaluación dadas por grupos de alumnos a cargo de diferentes docentes de un curso de Física Biológica (Ferrari et al, 1988).

La Taxonomía Numérica fue definida por Sokal y Sneath (1963) como "la evaluación numérica de la afinidad o similitud entre unidades taxonómicas operacionales y el agrupamiento de estas unidades en taxones, basándose en el estado de sus caracteres".

Las unidades taxonómicas operacionales (OTUs) pueden ser, los individuos de una población vegetal o los pacientes en una experiencia farmacológica. Los caracteres serían, respectivamente, los datos morfométricos de las plantas estudiadas y las respuestas al medicamento observadas en los pacientes. En el caso que nos ocupa las unidades taxonómicas (OTUs) son los alumnos y los caracteres las respuestas a los ítems de la evaluación.

Mediante coeficientes matemáticos se comparan las unidades taxonómicas operacionales (alumnos) y aquellas que comparten mayor similitud entre sus caracteres (respuestas a los ítems de la evaluación) se reúnen en taxones (grupos). Una forma de representar los agrupamientos generados es mediante fenogramas.

La evaluación analizada en el presente trabajo corresponde al curso de Física Biológica, que es uno de los primeros de la carrera. Esta se desarrolla a través de clases que incluyen teoría, problemas y trabajos de laboratorio.

Integran el curso tres clases de alumnos:

- alumnos regulares: son los que participan de todas las actividades con una obligatoriedad de asistencia superior al 75%.
- alumnos en la condición denominada "asistencia cumplida" (AC): son los que desaprobaron las evaluaciones parciales en un curso anterior, pero reunieron los requisitos de asistencia. Estos alumnos participan sólo de las evaluaciones parciales del curso.
- alumnos que renuncian a la condición asistencia cumplida (R) y participan de todas las actividades del curso como los alumnos regulares. Esta opción es tomada libremente por los alumnos.

En el presente trabajo se analizan los alumnos considerados en b) (AC) y c) (R); a partir de sus respuestas a una misma evaluación se detectan logros y dificultades grupales e individuales.

Los resultados obtenidos muestran a la Taxonomía

Numérica como una metodología de análisis rápida y objetiva, que permite que las evaluaciones sean, aún en grupos numerosos, una fuente de orientación para dar mayor calidad al proceso de enseñanza-aprendizaje.

Materiales y Métodos

La evaluación integradora que se analiza, consta de 21 ítems y comprende tres unidades temáticas: Calorimetría-Termodinámica, Propiedades Coligativas y Transporte a través de Membrana, con sus respectivos Trabajos Prácticos.

Los autores ponen la evaluación a disposición de los lectores.

La nota máxima de cada ítem varía entre 0.4 y 1 y la nota máxima global de la evaluación es de 10 puntos. En la Tabla 1 se indican el valor de cada ítem y su contenido.

Tabla 1. Ítems de la evaluación analizada: contenidos y notas máximas

ITEM	CONTENIDO	NOTA MAXIMA
1	Prop. coligativas	1
2	Prop. coligativas	1
3	Termodinámica	0.4
4	Termodinámica	0.4
5	Termodinámica	0.4
6	Termodinámica	0.4
7	Termodinámica	0.4
8	Calorimetría	1
9	Calorimetría	1
10	T.P. de Laboratorio	1
11	T.P. de Laboratorio	0.5
12	T.P. de Laboratorio	0.5
13	Membrana	1
14	Membrana	0.5
15	Membrana	0.5

La muestra estudiada está formada por 30 alumnos de los cuales 21 corresponden a la condición "asistencia cumplida" (AC) y 9 son los que renunciaron a dicha condición (R).

La metodología de análisis consta de los siguientes etapas de acuerdo con las técnicas descriptas por la Taxonomía Numérica (Crisci y López Armengol, 1983)

1 - Elección de las unidades taxonómicas operativas (OTUs): los 30 alumnos constituyen los OTUs utilizados (Tabla 2).

2 - Elección de los caracteres: los 15 ítems de la evaluación conforman los caracteres empleados (Tabla 2).

3 - Construcción de la matriz básica de datos: con los datos obtenidos en los pasos anteriores se construye la matriz que aparece en la Tabla 2.

4 - Obtención de coeficientes de similitud para cada par posible de OTUs: en el presente trabajo se aplica el coeficiente de similitud denominado Distancia Taxonómica.

$$DT = (\sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{ik})^2)^{1/2}$$

x_{ij} valor del ítem i en el alumno j .

x_{ik} valor del ítem i en el alumno k .

La similitud se calcula para cada par posible de OTUs (alumnos).

Cuanto mayor sea la similitud entre dos OTUs menor será la distancia taxonómica.

5 - Construcción de la matriz de similitud: con los valores de similitud calculados en el paso anterior, se construye una matriz simétrica OTU por OTU.

6 - Conformación de grupos: a partir de la matriz de similitud por medio del agrupamiento de pares no pesados usando medias aritméticas (UPGMA) se obtiene la estructura taxonómica de los grupos, representada por medio de un fenograma (Figura 1).

7 - Coeficiente de correlación cofenético (r): mide la concordancia entre dos matrices, la de los valores de similitud mostrados en el fenograma y la de similitud original.

8 - Generalizaciones: Las conclusiones se extraen a partir del fenograma.

Los pasos 4, 5, 6 y 7 pueden ser resueltos mediante el uso de los programas NT-SYS "Numerical Taxonomic System of Multivariate Statistical Programs" (Rolfh, 1992 y Rolfh et al., 1982).

El presente trabajo fue realizado en una IBM 370 perteneciente al Centro de Tecnología y Ciencia de Sistemas de la Universidad de Buenos Aires.

Resultados

La Figura 1 muestra el fenograma obtenido a partir de la aplicación del coeficiente de similitud "Distancia Taxonómica".

Los agrupamientos se producen en base a la similitud de las respuestas dadas por los alumnos, por lo tanto la menor distancia corresponde a la mayor similitud.

En el fenograma de la Figura 1 se pueden observar dos grupos principales originados a bajo nivel de similitud:

- Grupo 1 (G1): de AC1 a R6.
- Grupo 2 (G2): de AC3 a AC 11.

G1 está formado por 15 alumnos, 7 de ellos pertenecen a la condición "asistencia cumplida" (AC) y 8 renunciaron a ella (R) y participan de todas las actividades del curso. Todos los alumnos de este grupo aprueban la evaluación con notas comprendidas entre 5.8 y 8.5.

G1 presenta 3 subgrupos: G1.1 (AC1 a R8), G1.2 (R4 a R5) y G1.3 (AC14 a R6).

G1.1 tiene a su vez 2 subagrupamientos: AC1 a AC2 y R3 a R8. En el primero ningún alumno aprueba los ítems correspondientes a trabajos prácticos y a excepción de AC2, la nota es cero para estos ítems en todos los casos (Tabla 1 y 2). R3 y R8, en cambio, aprueban estos ítems (Tabla 2).

La comparación de G1.1 y G1.2 muestra que si bien las notas globales son semejantes en ambos subgrupos, se separan por su distinto rendimiento en los ítems correspondientes a Propiedades Coligativas (Tablas 1 y 2). Los primeros aprueban estos ítems, en su mayoría con la nota máxima, los segundos prácticamente no los responden.

G1.3 está formado por sólo dos alumnos con notas globales que si bien son dispares, 8.5 y 6.2, tienen en común el que ambos aprueban todas las unidades temáticas. Por otra parte, estos dos alumnos aprueban con la nota mínima los ítems correspondientes a Calorimetría a diferencia de los alumnos de G1.1 y G1.2, que tiene notas cercanas a las máximas en estos ítems (Tabla 2).

G2 está formado por 15 alumnos de los cuales 14 pertenecen a la condición "asistencia cumplida". Estos alumnos tienen las notas globales más bajas y presentan dificultades en todos los ítems. El subgrupo que va de AC3 a AC20 se separa por no contestar los ítems correspondientes a Calorimetría mientras que el resto lo hace y en su mayoría los aprueba (Tabla 2).

El coeficiente de correlación cofenético $r = 0.82$ es alto y sugiere una distorsión baja.

Discusion

El análisis de los resultados de esta evaluación a partir del fenograma de la Figura 1 permite obtener algunas conclusiones acerca de problemas grupales e individuales.

Se observa la separación de dos grupos principales: G1 y G2. El primero está constituido en un 47% por alumnos en condición "asistencia cumplida" (AC), o sea que no participan ni de las clases teóricas, ni de las de problemas, ni de las de laboratorio y en un 53% por los que renunciaron a la condición anterior y participan de todas las actividades (R). El segundo está constituido

en un 93% por alumnos en la condición AC y sólo el 7% no lo es (R).

Estos dos agrupamientos señalan las marcadas diferencias existentes entre los alumnos que participan de todas las actividades del curso y los que no lo hacen.

Por otra parte dentro del grupo G1 prácticamente todos los alumnos en la condición "asistencia cumplida" se agrupan. La causa de este agrupamiento es que tienen en común un total desconocimiento de los trabajos de laboratorio.

Por lo tanto la modalidad "asistencia cumplida" muestra serias falencias que deben ser revisadas. Estos alumnos al participar únicamente en las evaluaciones no tienen el apoyo docente suficiente y carecen de las motivaciones que producen las actividades grupales. Por otra parte se puede presentar en ellos el efecto "Pigmalion" dado que bajo el rótulo "asistencia cumplida" quedan segregados y actúan con bajo rendimiento.

El estudio del fenograma de la Figura 1 permite detectar, también, problemas individuales. La falta de conocimiento personalizado de los alumnos, cuando los grupos son numerosos, hace que el docente tienda a considerar que aquellos con notas globales similares en las evaluaciones tienen un rendimiento semejante. Sin embargo, la observación del grupo G1 muestra que a pesar de que las notas globales son parecidas, hay un rendimiento dispar frente a los distintos ítems. Los alumnos del subgrupo G1.2 tienen dramáticas dificultades en Propiedades Coligativas, ya que no responden prácticamente a ningún ítem correspondiente a dicho tema y los del subgrupo G1.3 muestran un rendimiento pobre en Calorimetría.

La Taxonomía Numérica permite, en el presente trabajo, hacer un diagnóstico a partir de los resultados de una evaluación y lleva a sugerir las siguientes acciones: a) replantear la modalidad asistencia cumplida, b) hacer un trabajo personalizado con los alumnos que presentan problemas en determinados ítems.

La Taxonomía Numérica ha mostrado ser un método de análisis rápido y sensible que puede contribuir para que las evaluaciones sean, aún en grupos numerosos, una fuente de orientación y de información para optimizar la enseñanza-aprendizaje.

Agradecimientos

Las autoras desean agradecer a la Lic. Susana Krasovitzky la lectura crítica del manuscrito y al Centro de Tecnología y Ciencias de Sistemas (CTCS) de la Uni-

versidad de Buenos Aires, las facilidades ofrecidas para el procesamiento de datos.

Referencias

1. Bloom, B.S.; Hastings, J.T.; Madaus G.F.. Evaluación del aprendizaje. Vol.1. Buenos Aires, Editorial Troquel, 1975. 415 p.
2. Crisci, J.V, y López Armengol, M.F.. Introducción a la teoría y práctica de la Taxonomía Numérica. Washington D.C., Organización de los Estados Americanos, 1983.132p.
3. Ferrari, M.R.; Blasi, C.D.; Spirito, S.E.; Sabalza, M.G.; Rivolta, M.A.; Casal A.M.. Análisis numérico de evaluaciones de un curso de Física Biológica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Bs. As.. Actas del II Congreso Argentino de Informática Educativa, Buenos Aires, 1988.
4. Palermo, A.M.. Una experiencia de aplicación de un sistema de evaluación objetiva. Actas de las Primeras Jornadas Internacionales de Didáctica, Montevideo, 1988.
5. Palermo, A.M. y Ferrari, M.R.. Elaboración de evaluaciones de genética mediante tablas de especificaciones y su posterior análisis. XVII Congreso Argentino de Genética, Buenos Aires, 1987. pág. 49.
6. Palermo, A.M. y Ferrari, M.R.. Taxonomía Numérica: su aplicación al análisis del proceso de enseñanza-aprendizaje. Revista de Tecnología Educativa, Vol. XI, No. 4: 335 - 340, 1991.
7. Rolfh, F.J.. NTSYS-pc. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System (Version 1.40). New York, Exeter Publish. LYD. 1992.
8. Rolfh, F.J. Kishpaugh J. y Kirk, D.. NTSYS. Numerical Taxonomy System of Multivariate Statistical Programs. State Univ. of New York at Stony Brook, New York, 1982.
9. Sneath, P.H.A. y Sokal, R.R.. Numerical Taxonomy. The Principles and Practice of Numerical Classification. San Francisco. Freeman and Co., 1973. 573 p.
10. Sokal, R.R. y Sneath, P.H.A.. Principles of Numerical Taxonomy. San Francisco. Freeman and Co., 1963.359 p.

TABLA 2 . Matriz Básica de Datos : Las filas $j=1$ a $j=30$ corresponden a los alumnos evaluados. Las columnas $i=1$ a $i=15$ corresponden a los "ítems" de la evaluación. Cada elemento x_{ij} es la nota obtenida por el alumno j en el ítem i ;

CARACTERES

OTUs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
AC1	1.0	1.0	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0
AC2	1.0	0.6	0.4	0.3	0.4	0.0	0.4	1.0	0.6	0.4	0.3	0.0	0.4	0.4	0.4
AC3	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	0.0
AC4	0.0	0.0	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	1.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
AC5	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.0	0.3	0.5	0.2
AC6	0.0	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.3	0.5	0.1
AC7	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
AC8	1.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0
AC9	0.0	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AC10	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4	0.4	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
AC11	0.4	0.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
AC12	1.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1	0.0	0.0	0.4	0.4	0.1
AC13	1.0	1.0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5
AC14	1.0	1.0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	1.0	0.0	1.0	0.0	0.5	1.0	0.5	0.5
AC15	1.0	1.0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0
AC16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
AC17	1.0	1.0	0.4	0.3	0.4	0.0	0.4	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.25	0.25
AC18	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AC19	1.0	1.0	0.4	0.4	0.0	0.4	0.4	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2
AC20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.3	0.0
AC21	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4	0.4	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
R1	1.0	0.0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5	0.3
R2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
R3	1.0	1.0	0.4	0.2	0.2	0.0	0.4	1.0	1.0	0.7	0.5	0.5	1.0	0.4	0.0
R4	0.0	0.0	0.4	0.4	0.2	0.2	0.4	1.0	1.0	0.5	0.0	0.0	1.0	0.4	0.3
R5	0.0	0.2	0.4	0.4	0.4	0.0	0.4	1.0	1.0	0.2	0.5	0.5	0.5	0.2	0.3
R6	1.0	0.0	0.4	0.4	0.4	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.5	1.0	0.5	0.0
R7	0.0	0.0	0.4	0.4	0.4	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.5	0.0	1.0	0.5	0.5
R8	1.0	1.0	0.4	0.2	0.0	0.4	0.4	1.0	1.0	0.9	0.2	0.1	0.6	0.4	0.1
R9	1.0	0.3	0.4	0.0	0.3	0.3	0.4	1.0	1.0	0.3	0.0	0.0	1.0	0.5	0.5
Nota Max.	1.0	1.0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	1.0	0.5	0.5

Caracteres: 1 y 2 Propiedades Coligativas, 3 a 7 Termodinámica, 8 y 9 Calorimetría, 10 a 12 Trabajos de Laboratorio, 13 a 15 Membrana.

OTUs: AC alumnos en condición "Asistencia Cumplida", R alumnos que renunciaron a la condición "Asistencia Cumplida" y participan de todas las actividades del curso.

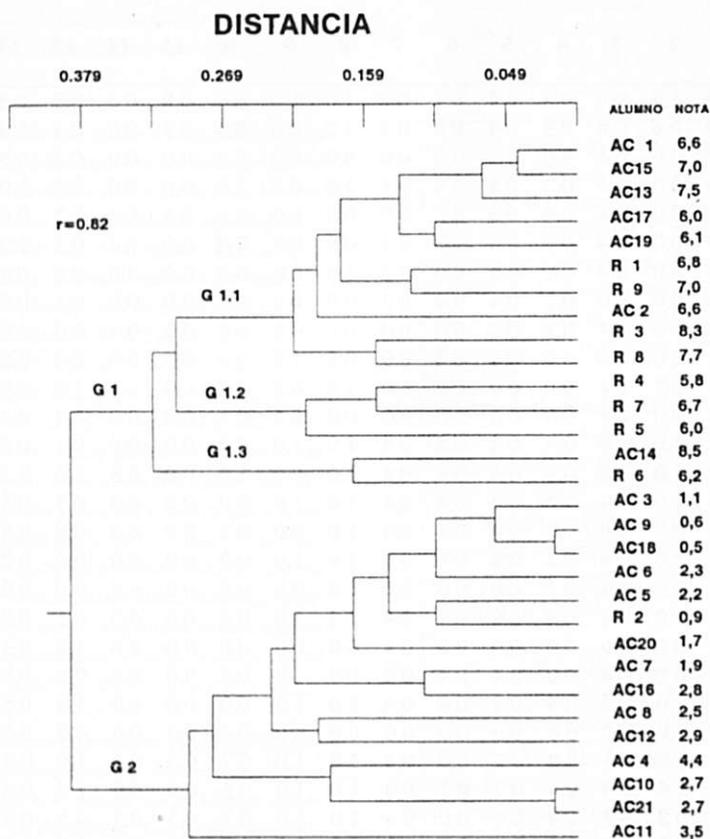


FIGURA 1. Fenograma obtenido con los 30 OTUs (alumnos) de la Matriz Básica de Datos (Cuadro1) resultante del agrupamiento UPGMA de la matriz de distancia taxonómica OTU x OTU.
R =alumnos que participan en todas las actividades del curso
AC=Asistencia Cumplida, asisten a las evaluaciones parciales
r =coeficiente copenético.