

APLICACIÓN DE CADENAS MARKOVIANAS A LOS PROCESOS DE INTERVENCIÓN EDUCATIVA

por

Óscar Sáenz Barrio

Andrés González Carmona

Departamento de Didáctica y Organización Escolar
Departamento de Estadística e Investigación Operativa
Universidad de Granada

EL TIEMPO COMO VARIABLE RELEVANTE DE LA INTERVENCIÓN

Los paradigmas de investigación educativa se centran fundamentalmente en la determinación de la relación causal entre variables. Desde el punto de vista educativo, la relación entre dos estados (antecedente-consecuente), involucrados en un cambio es muy importante, pero no dice nada en cuanto al proceso de intervención. Puede normar la acción pero no prescribe cuándo hay que hacerlo. Dado que la educación es un proceso ordenado en el tiempo, el momento de ejercer las diferentes providencias educativas es uno de los componentes esenciales de su eficacia; tanto más cuando se trata de procesos específicos para reforzar pautas deseables o evitar/eliminar comportamientos indeseables o incorrectos.

En buena medida, el momento de intervención es desconocido para el profesor, por ello, si la dependencia temporal puede ser descrita mediante algún tipo de regla o generalización, entonces la predicción y el control de la conducta es más eficaz.

ALEATORIEDAD DE LA RELACIÓN ANTECEDENTE-CONSECUENTE

La potencia educativa de los paradigmas es muy diferente sean éstos proximales o distales. La potencia de los primeros es máxima al conocer la dependencia de una variable sobre otra; el problema es que su eficacia se ve reducida a) por el desconocimiento de las tramas de variables antecedentes y b) la inmediatez de la reacción antecedente-consecuente; de ahí la utilidad de paradigmas capaces de predecir la

cadena de acontecimientos desencadenantes de una situación o productores de un estado.

Nuestra investigación se centra en las *relaciones temporales complejas a corto plazo*, para desvelar cómo se produce una determinada conducta compleja, su ordenación en el tiempo y sus manifestaciones más probables. Conocidos estos parámetros, la intervención educativa puede optimizarse.

LA TOMA DE DECISIONES

El tiempo es un componente esencial de la propia explicación científica. Por eso conviene diferenciar: a) la dependencia lógica o estructural de los componentes de una secuencia y b) la serie de eventos en la que el paso de uno a otro depende funcionalmente del tiempo. Responden al primer caso propuestas metodológicas basadas en el análisis matricial —Peay (1981), Rodríguez Diéguez (1983), Solano Flores (1983), Rodríguez Guarnizo (1983 y 1985), Saaty (1987), Harker (1987), Falmagne y Doignon (1988)— que pretenden la descripción de secuencias conceptuales introduciendo un cierto orden o régimen de decisión previsible entre dos sistemas en interacción: la conducta caótica o casual y la automatizada o estereotipada

MEDIDA DEL CAMBIO TEMPORAL

Nuestra intención es la descripción e interpretación de datos comportamentales en términos de *interacción* para decidir si los distintos acontecimientos de una conducta seriada surgen al azar o por el contrario se producen con arreglo a un cierto patrón o tendencia, medida en términos de probabilidad. Tres grandes grupos de técnicas de análisis se han venido utilizando hasta ahora: A) correlacionales; B) análisis secuencial de retardos y C) análisis de series temporales. Las limitaciones que presentan son, en esencia, las siguientes:

A) Si la conducta se caracteriza por algo es por su dinamicidad y su carácter transicional; y en este método se pretende describirla mediante análisis de tipo correlacional con una variable *distinta*. Además, la correlación, es un algoritmo simétrico, y si las variables son cronológicamente dependientes, la afirmación de que X es antecedente de Y no es reversible. Es evidente que dicho algoritmo carece de la tercera característica exigida por Kowalski y Guire (1974), y es que debe ser *congruente con los datos*. En un artículo anterior (Francés, González y Sáenz, 1987) ya señalábamos la insuficiencia de algunas investigaciones evolutivas, por sustraerse a la misma naturaleza temporal del fenómeno estudiado.

B) El análisis secuencial de retardos —Anguera (1983)— permite prescribir la intervención educativa tan pronto como la probabilidad de que se produzca un cambio alcance un límite estocástico fijado. Este análisis presenta también problemas técnicos importantes. El primero de ellos es la necesidad de fijar una conducta

previa —conducta criterio—, a partir de la cual se estructura el patrón. Como esta puede ser fijada según el interés momentáneo del investigador, con un mismo conjunto de observaciones y un mismo modelo de análisis se pueden obtener resultados diferentes. En segundo lugar, se pierde la relación entre el resto de las conductas entre sí y no se contemplan *simultáneamente* todos los componentes del sistema. En tercer lugar, descubre las transiciones atípicas pero no ofrece un modelo de las transiciones en una cadena comportamental normal, que puedan dar la pauta de tipicidad.

C) El análisis de series temporales —Box y Jenkins (1970), Glass, Willson y Gottman (1972), Kowalski y Guire (1974); J. L. Vega (1985)— presenta sin embargo algunas objeciones que lo hacen poco útil a nuestro intento, dada la naturaleza de los datos observacionales y la propia situación educativa. 1) Las series temporales requieren procesos estabilizados y con intervenciones muy limitadas. Es evidente que la educación no sólo no es un proceso estabilizado, sino que no debe serlo. 2) Las series temporales requieren que las variables estudiadas sean de escala de razón. En nuestro caso, las conductas constituyen variables nominales. 3) La metodología de las series temporales desarrolla fundamentalmente técnicas para eliminar las variaciones estacionales, lo que en nuestro caso no ocurre.

CADENAS DE MARKOV

En situaciones en que los parámetros de los procesos de decisión están afectados por decisiones previas, o por variables externas de carácter cronológicamente dinámico, son de gran utilidad los modelos markovianos, que obvian buena parte de las dificultades que hemos visto en los análisis convencionales de carácter secuencial. Esta aplicación, que ha sido probada por Dagsvik (1983), es el punto de partida para la modelización de procesos que implican conductas o elecciones personales a lo largo de un espacio de tiempo.

Las cadenas de Markov ofrecen una serie de posibilidades que eliminan problemas antes mencionados y permiten realizar un análisis de predicción al tiempo que uno de estructura interna: 1) las posibles categorías o estados sólo deben responder a una clasificación nominal, siendo el análisis invariante frente a biyecciones, 2) es posible incluir las intervenciones en el modelo sin más que asignarlas a una de estas categorías; 3) no es necesario que el proceso esté estabilizado y puede describir las relaciones entre todos los estados en cualquier período de tiempo; 4) es perfectamente simétrico, de tal modo que su estudio se realiza a partir, estrictamente, de los datos observados, sin que existan opciones externas apriorísticas que desvirtúen el modelo favoreciendo a un estado determinado; 5) por último debe destacarse que el análisis se realiza exclusivamente con la variable considerada sin que deba intervenir ninguna otra ajena al proceso.

En la realización del trabajo debe prestarse especial atención a algunos puntos entre los que destacamos los siguientes: Estimación de la matriz de transiciones a

partir de una sola hoja de muestreo o a partir de varias hojas, Fiabilidad entre codificadores, Contraste de hipótesis de igualdad de matrices estimadas, Análisis de una matriz estimada: Estacionariedad, Vectores límite, Situaciones de carencia de límite.

APLICACIONES

Las matrices de transición se han revelado como instrumentos muy valiosos en el estudio de la conducta, porque respetan su propia dinamicidad sin reducirla a visiones discretas de un suceso que es esencialmente temporal y además permiten predecir la transición de una fase a otra dentro de una secuencia, y anticipar el estado más probable en que un sujeto va a ser observado cuando tal proceso alcanza su estacionariedad o equilibrio. El análisis matricial de datos observacionales ha sido probado suficientemente por nosotros en secuencias comportamentales bien definidas: agresividad (Francés, González y Sáenz, 1987), dependencia (Francés y Sáenz, 1987), competencia (Francés y Sáenz, 1988), resolución de problemas (Alonso, González y Sáenz, 1988). Creemos, pues, llegado el momento de generalizar el modelo diagnóstico.

CATEGORIZACIÓN DE LA CONDUCTA

La conducta del niño es multiforme, casi una «enumeración caótica de acciones». Como la intervención educativa no se ejerce sobre la conducta en general sino sobre una específica necesitada de tratamiento, es necesario identificarla, primero, y categorizarla, después. La primera tarea es definir el campo y determinar el catálogo de observaciones, bien de la literatura científica, de los expertos o de la práctica docente. Definido el campo de observación, puede someterse a experimentación y podemos preguntarnos ¿cuál es la probabilidad de que un escolar actúe de un determinado modo?

Usualmente suele recogerse la información mediante la cotación de conductas observadas por unidad de tiempo; sin embargo esto no es suficiente; el tratamiento requiere el orden de aparición de cada conducta. Si en vez de codificar las observaciones en tablas de frecuencia se codifican en forma matricial, su información es mucho más rica. Las matrices de frecuencias de transición ($n_{i,j}$) vienen definidas de acuerdo con la condición de que cada elemento $n_{i,j}$ sea el número de transiciones observadas desde el estado E_i al E_j . De esta matriz se puede obtener una tabla convencional de frecuencias sumando los términos de la columna j :

$$f(E_1) = \sum_{i=1}^n n_{i,1} \dots \dots \dots f(E_n) = \sum_{i=1}^n n_{i,n}$$

Tanto desde el punto de vista descriptivo como del diagnóstico, el tratamiento matricial ofrece aplicaciones muy versátiles. De cada serie de observaciones se puede calcular una matriz; sin embargo, la propiedad aditiva permite obtener una nueva que sea el resultado de la combinación de varias matrices singulares. De esta forma se puede obtener:

1. Perfil individual

Consistiría en la matriz suma de todas aquellas que codifican un determinado tipo de conducta en un sujeto.

2. Matriz de conducta-tipo

En vez de una determinada conducta o secuencia en un niño, puede interesar ese mismo proceso en un conjunto de sujetos, lo cual permitiría definir la progresión más probable de una conducta en un colectivo bien identificado. Este análisis facilitaría:

1. El diseño de una acción colectiva para reforzar, reconducir, eliminar una fase/estado/evento en una secuencia comportamental.
2. Comparar la misma conducta o secuencia en diferentes situaciones o estados.

3. Conducta generalizada

El cálculo matricial permite desvelar la cadena comportamental derivada de *sujetos x conductas x situaciones*, o lo que es lo mismo, describir el comportamiento genérico o típico de un grupo, sea cual sea la situación en que sea observada una conducta concreta.

CONCLUSIONES

1. Cuando en el estudio de la conducta interesa más el proceso que el producto, el simple recuento de frecuencias puede ser sustituido con ventaja por el procedimiento matricial.
2. Las matrices de transición constituyen el tratamiento de elección cuando se quiere estudiar la conducta, no como una yuxtaposición de estados, sino como una sucesividad en la que un estado sustituye a otro o a sí mismo.
3. Su expresión en términos de probabilidad confiere a las matrices de transición un valor pronóstico de la conducta de un individuo o un grupo, por cuanto en función de su conducta anterior se puede predecir con qué probabilidad pasará a un estado j desde un estado i , por lo que se constituyen en un valioso instrumento para la Orientación, el Diagnóstico Psicológico y la Intervención Terapéutica.

4. Se ha comprobado que la teoría de cadenas de Markov permite calcular en determinados casos el vector límite de un proceso secuencializado; ello implica que cualquiera que sea la conducta inicial de un sujeto o un grupo, llegará a la situación del vector límite con una probabilidad dada, una vez alcanzada la situación de equilibrio.
5. El carácter deseable o rechazable del vector límite en el que desemboca una serie de conductas, y su nivel de probabilidad, permite la intervención educativa facilitando el diagnóstico de los estados previos que lo favorecen o inhibiendo los que se instituyen en antecedentes del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, V., GONZÁLEZ, A. y SÁENZ, O.: Estrategias operativas en la resolución de problemas matemáticos en el ciclo medio de EGB. *Enseñanza de las Ciencias*, 1988, 6, 3, 251-264.
- ANGUERA, M. T. (1983): *Manual de prácticas de observación*. Trillas. México.
- BALTES, P. B., REESE, H. W. Y NESSELROADE, J. R. (1981): *Métodos de investigación en psicología evolutiva*. Morata. Madrid.
- BOX, G.E.P. y JENKINS, G. M. (1970): *Time series analysis forecasting and control*. Holden-Day. San Francisco.
- CARSS, M. (Ed.), 1986: *Proceedings of the fifth International Congress on Mathematical Education*. Birkhäuser Boston Inc. Brisbane.
- DAGSVIK, J. K.: Discrete dynamic choice: an extension of the choice model of Thurstone and Luce. *Journal of Mathematical Psychology*. 1983, 27, 1, 1-43.
- EIGENMANN, J. (1981): *El desarrollo secuencial del currículum*. Anaya. Madrid.
- FALMAGNE, J. C. y DOIGNON, J. P.: A class of stochastic procedures for the assessment of knowledge. *he British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*. 1988, 41, 1, 1-23.
- FRANCÉS, M. P. y SÁENZ, O.: Descripción de la conducta dependiente del párvulo mediante matrices de transición. R.E.U.G. *Revista de Educación de la Universidad de Granada* 1987, 1, 157-173.
- FRANCÉS, M. P., GONZÁLEZ, A. y SÁENZ, O.: Naturaleza funcional de las relaciones entre variables conductuales asociadas a una experiencia temporal. *THALES*. 1987, 6, 77-88.
- GLASS, G. V., WILLSON, V. L. y GOTTMAN, J. M. (1972): *Desing and analysis of time series experiments*. University of Colorado. Boulder. Colorado.
- HARKER, P. T.: Incomplete pairwise comparisons in the analytic hierarchy process. *Mathematical Modelling*. 1987, 9, 11, 837-848.
- KOWALSKY, C. J. y GUIRE, K. E.: Longitudinal data analysis. *Growth*. 1974, 38, 131-169.
- KROVAK, J.: Ranking alternatives - comparison of different methods based on binary comparison matrices. *European Journal of Operational Research*, 1987, 32, 1, 86-95.
- PEAY, E. R.: Structural models with qualitative values. *Journal of Mathematical Sociology*. 1981. 8, 2, 161-192.
- RODRÍGUEZ DIÉGUEZ, J. L.: La estructura del mensaje en el acto didáctico. *ENSEÑANZA. Anuario Interuniversitario de Didáctica*. 1983, PY1PY.
- RODRÍGUEZ GUARNIZO, J.: El problema de la medida en los programas renovados de E.G.B. *BORDON*. 1983, 248, 337-351.

- RODRÍGUEZ GUARNIZO, J.: La expresión correcta de un resultado experimental. Diseño de aprendizaje. *ENSEÑANZA. Anuario Interuniversitario de Didáctica*. 1985, PY3PY, 241-258.
- SAATY, T.: The analytic hierarchy process. *Proceedings of the Second International Seminar on Operational Research in the Basque Provinces*. (San Sebastián, 1987). Univ. País Vasco. Bilbao. (189-234)
- SÁENZ, O. y FRANCÉS, M. P.: La conducta competente en el párvulo. En *Cuestiones de Didáctica*. S.E.P. y CEAC. Barcelona, 1988, 241-253.
- SOLANO FLORES, G. (1983): *10 principios de análisis estructural educativo*. Trillas. México.
- VEGA, J. L. (1985): *Psicología Evolutiva*. UNED. Facultad de Psicología. Madrid.