

LA ESTRUCTURA DEL MENSAJE EN EL ACTO DIDACTICO: REVISION DEL PROBLEMA Y PROPUESTA METODOLOGICA

por JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ DIÉGUEZ

1. ACTO DIDÁCTICO Y ESTRUCTURA DEL MENSAJE

En la investigación didáctica actual se percibe de modo patente la necesidad de una formalización y definición operativa de las variables que configuran el campo de actuación de la enseñanza.

La denominación de un mismo fenómeno de modos distintos, la diferente contextualización de los acontecimientos, es una constante en las investigaciones de los procesos de enseñanza/aprendizaje. Como simple ejemplo, pueden considerarse las discrepancias existentes entre Reigeluth y Merrill por una parte, y Dunkin y Biddle por otra.

Dunkin y Biddle estructuran las variables de acuerdo con un modelo de clara raíz conductista, por cuanto su dependencia del análisis de la función de producción de un sistema se capta de modo inmediato: *variables presagio* (experiencias formativas del profesor, experiencias en su entrenamiento, características personales, etc.), *variables contexto* (experiencias formativas de los alumnos, características de los mismos, contexto social, contexto de la clase, etc.), *variables de proceso* (conducta del profesor en clase, conducta de los alumnos, etc.) y *variables producto*, entre las que cabría considerar tanto el rendimiento inmediato como el rendimiento a largo plazo ¹.

Reigeluth y Merrill, señalan como grupos básicos de variables un conjunto de *condiciones* (características, restricciones y metas implícitas en los contenidos de la enseñanza, características de los estudiantes, etc.), una serie de *métodos* (estrategias de organización, de desarrollo, directivas, etc.), y unos *resultados* (del estudiante, de la institución, del contexto social...) ².

La diferencia de esquema se ve obviamente proyectada en la posible operativización de las variables que integran cada núcleo de las mismas. Y es evidente que la mayor proximidad a las situaciones didácticas que implica el modelo de Reigeluth y Merrill no es causa suficiente para justificar tales discrepancias. Denotan un

¹ DUNKIN, M. J. y BIDDLE, B. J.: *The Study of Teaching*. Holt, Rinehart and Winston, N. York, 1974, págs. 31-47.

² REIGELUTH, CH. M. y MERRILL, M. D.: «Classes of Instructional Variables», en *Educational Technology*, march 1979, págs. 5-24.

problema de formalización de variables realmente grave en el estado actual de la ciencia.

Podría tal vez entenderse la propuesta que en alguna ocasión he realizado, la reducción del modelo de enseñanza a un modelo de comunicación con base en Jakobson³ como un nuevo elemento de dispersión que contribuiría a enmascarar aún más la poco estable situación. Sin embargo, creo que la utilización de un modelo común en situaciones comunicativas permitiría no sólo una homogeneización inicial sino también la posibilidad de recoger una serie de esfuerzos investigadores en el ámbito genérico de los «mass-media», la semiología y la psicolingüística, entre otros. Y sobre ellos, asumir las investigaciones específicamente didácticas.

El modelo propuesto supone considerar, además del emisor y el receptor, cuatro componentes del mensaje: el canal, los contenidos, los lenguajes utilizados y la estructura del mensaje.

En la referida propuesta señalaba una serie de modelos más o menos concurrentes con el que se exponía: Titone, Gage, Helmar Frank, etc. Todavía cabría señalar algunos otros autores próximos a esta concepción:

Mark L. Berman, con cierto sentido de juego de palabras, analiza los componentes del proceso de enseñanza en la triple perspectiva de *instructor*, *instrucciones* e *instruidos* (instructor, instructions, inructees)⁴. Las resonancias del modelo de comunicación de Buhler (emisor, mensaje, receptor) son evidentes.

Más explícito es Robert B. Kozma al señalar como componentes, además del instructor y el estudiante, el contenido y el medio⁵. Y en Philip Hills⁶, que sin aludir analíticamente a los componentes de base, vertebra todo su estudio en torno al modelo comunicativo.

Sobre este esquema, y como acercamiento progresivo a sus componentes, se han realizado toda una serie de estudios parciales centrados sucesivamente en el emisor del acto didáctico⁷, en los lenguajes de la enseñanza⁸ y en los contenidos en su relación con los objetivos⁹. Además del receptor, dos de los componentes aún no habían sido abordados: el canal y la estructura del mensaje.

³ RODRIGUEZ DIEGUEZ, J. L.: «La optimización del acto didáctico y la calidad de la educación», en *La calidad de la educación*. Instituto de Pedagogía, C.S.I.C., Madrid, 1981, págs. 139-176.

⁴ BERMAN, M. L.: «Instruction and Behavioral Change: A Taxonomy», en *Exceptional Children*, may 1973, págs. 644-650.

⁵ KOZMA, R. B.: «Learning and the Instructional System», en *New Direction for Higher Education*, n.º 17, 1977, págs. 33-47.

⁶ HILLS, PH.: *Teaching and Learning as a Communication Process*. Crom Helm, Londres, 1979.

⁷ RODRIGUEZ DIEGUEZ, J. L.: *El educador, emisor del acto didáctico*. Ed. Docencia, Buenos Aires, 1980. Puede verse también RODRIGUEZ DIEGUEZ, J. L. y MARTÍNEZ SÁNCHEZ, A.: *Estudios sobre el maestro*. Nau Llibres, Valencia, 1979.

⁸ RODRIGUEZ DIEGUEZ, J. L.: *Las funciones de la imagen en la enseñanza*. Gustavo Gili, Barcelona, 1978.

⁹ RODRIGUEZ DIEGUEZ, J. L.: *Didáctica General. 1. Objetivos y evaluación*. Ed. Cincel-Kapelusz, Madrid, 1980. También: *Los objetivos educativos*. Ed. Docencia, Buenos Aires, 1980.

La hipótesis de trabajo —la ortogonalidad de los seis componentes del acto didáctico, lo que vale tanto como decir su independencia— parece que se ve en parte modificada como consecuencia de una alta correlación existente entre canal y lenguajes. La confirmación de este rechazo hace que tengamos que replantear, al menos en parte, su estudio.

Otro componente que comienza a presentarse como relevante, la variable tiempo, tanto en una perspectiva global¹⁰ como en su dimensión referida al receptor por el «tiempo en tarea» (time-on-task)¹¹ puede perfectamente ser asumido en la perspectiva diacrónica de Pecheux que completaba el esquema de Jakobson.

Con estos datos pretendo contextualizar el análisis y la propuesta que siguen, centrados en la secuencia de las actividades, la ordenación de las informaciones a transmitir. Y esto, en el modelo propuesto, no es otra cosa que la *estructura del mensaje*.

Como conclusión a la revisión se presenta, como propuesta, un modelo de estructuración que permite un principio de ordenación y proporciona un soporte adecuado para tomar una decisión fundada sobre la o las secuencias de enseñanza-aprendizaje más adecuada en cada caso.

2. SECUENCIAS DE ENSEÑANZA

La estructura del mensaje desde la perspectiva que aquí se analiza supone la combinación de contenidos, lenguajes y canales orientados a conseguir un determinado aprendizaje. Contenidos —o conductas formales— se convierten en mensajes a través de una combinación de los lenguajes verbales, gestuales, icónicos, etc., enviados a través de unos canales determinados. La ordenación de las distintas partes, su estructuración diacrónica, da lugar al acto didáctico.

El proceso por el que un profesor combina su palabra y el uso del encerado —en el ejemplo más simple— con un determinado orden supone:

1. La presencia de una serie de elementos diversos: las informaciones que se transmiten, por ejemplo.

2. La interacción entre tales elementos, la modificación recíproca de los componentes. Con la presencia de una ilustración en el encerado, por ejemplo, cabe pensar que el mensaje verbal que se emite sufrirá alguna modificación sobre el posible mensaje que se hubiera emitido sin la presencia del componente icónico.

3. El desarrollo de las operaciones implícitas en este proceso es lineal, las informaciones no pueden ser simultáneas sino sucesivas.

¹⁰ FREDERICK, W. C. y WALBERG, H. G.: «Learning as a Function of Time», en *Journal of Educational Research*, vol. 73, n.º 4, 1980, págs. 183-194.

¹¹ ANDERSON, L. W.: «Instruction and Time-on-Task: a Review», en *Journal of Curriculum Studies*, vol. 13, n.º 4, 1981, págs. 289-303.

4. Existe algún tipo de conexión interna entre los elementos constitutivos de este proceso.

5. Con el proceso comunicativo así desarrollado se pretende una actuación específica.

Esta serie de notas que se señalan son las que, desde la perspectiva de Eigenmann, constituyen el concepto de secuencia, y que él aplica al *curriculum*¹².

Gagné diferencia entre secuencias de aprendizaje y secuencias instructivas o de enseñanza. La secuencia de aprendizaje (*learning sequence*) describe el proceso de acontecimientos por el que un sujeto llega a conseguir un determinado objetivo. La secuencia de enseñanza (*instructional sequence*) describe la serie de actuaciones y acontecimientos presentados al sujeto con la intencionalidad de asegurar la consecución de dicho objetivo¹³.

Desde nuestra perspectiva, y sin que quepa ignorar el sentido de las diferentes secuencias de aprendizaje, interesa de modo muy especial el análisis de las secuencias de enseñanza. Y su sentido básico se deriva del intento de evitar toda aquella posibilidad de error como consecuencia de la ausencia de una información o actividad en el momento preciso, que podría así interferir el correcto desarrollo del objetivo pretendido.

3. SECUENCIAS LÓGICAS Y SECUENCIAS JERÁRQUICAS: REVISIÓN DEL PROBLEMA

Dos líneas de fuerza cabe encontrar en el análisis tipológico de las secuencias de enseñanza. Y cada una de ellas definidas a su vez por una doble polaridad.

La primera deriva de la contraposición de *ordenamientos lógicos* de los contenidos materiales de la enseñanza, la secuencia progresiva de las informaciones en tanto en cuanto una de ellas pueda ser prerrequisito para la adquisición de otra, frente a la secuencia predeterminada por los condicionantes de índole psicológica, que se suele denominar *ordenamiento jerárquico*.

La segunda considera principalmente el nivel de «cierre» de las instrucciones, su univocidad, con una nueva contraposición entre *procesos algorítmicos* y *procesos heurísticos*.

La primera contraposición se encuentra patente en Tennyson¹⁴ y Gagné¹⁵, si bien el primero inicia su estudio con la consideración de las secuencias aleatorias, a las que considera un grupo aparte, y el segundo hipertrofia el análisis de los procesos jerárquicos.

¹² EIGENMANN, J.: *El desarrollo secuencial del curriculum*. Ed. Anaya, Madrid, 1981, págs. 9-15.

¹³ GAGNÉ, R. M.: «Learning and Instructional Sequence», en *Review of Research in Education*, n.º 1, 1973, pág. 4.

¹⁴ TENNYSON, R. D.: «A Review of Experimental Methodology in Instructional Task Sequencing», en *AV Communication Review*, n.º 2, 1972, págs. 147-159.

¹⁵ GAGNÉ, *op. cit.*, págs. 3-33.

Una consideración del ordenamiento de secuencias de tipo lógico debe partir de la consideración del no-ordenamiento, de las secuencias aleatorias.

Es éste un tema controvertido desde hace tiempo. Roe, Case y Roe¹⁶ comparan los resultados de dos grupos, tras estudiar una tarea bastante fácil, contando uno de los grupos con la información estructurada lógicamente y el otro con el mismo material pero secuenciado aleatoriamente. Los resultados pusieron de manifiesto la ausencia de significación estadística en las ejecuciones entre ambos grupos.

Similares resultados obtuvieron Payne, Krathwohl y Gordon¹⁷ con tres programas en los que se introducía la variable ordenamiento lógico o aleatorio.

En el mismo sentido se pronuncia Hamilton¹⁸, si bien restringiendo notablemente el ámbito de sus conclusiones: la eficacia de la ordenación aleatoria de secuencias está condicionada por el tipo de respuesta que se pretende. Si las respuestas que se buscan son abiertas, de elaboración relativamente alta, la diferencia es prácticamente nula, pero no así cuando se buscan respuestas concretas y cerradas.

Conclusiones claramente contrapuestas con las anteriormente citadas obtuvieron Friedman y Greitzer¹⁹, y Frase al estudiar los efectos de la prosa organizada frente a la organizada aleatoriamente²⁰. Resultados congruentes con éstos se pueden rastrear —teniendo en cuenta que el objetivo que se perseguía no era exactamente el mismo— en Escudero²¹. Por otra parte, revisiones efectuadas sobre los estudios en los que la diferencia entre ordenación y no ordenación aparecía como no significativa inciden en la presencia de otras variables que pueden afectar a los resultados: el nivel de los alumnos que aparece implícito en el «nivel de respuesta» de Hamilton, o el conocimiento previo de los resultados por parte de los sujetos que tomaron parte en la experiencia²².

Cabría considerar a las secuencias aleatorias como un tipo especial dentro del contexto global de secuencias lógicas: precisamente por el énfasis puesto en la contraposición al carácter lógico de las secuencias con las que se compara.

Las secuencias lógicas se ordenan así en función de la consistencia interna de las informaciones mediante la consideración del carácter previo o posterior de una información sobre otra. Desde esta perspectiva el aprendizaje de la suma es previo a

¹⁶ ROE, K. V.; CASE, H. W.; ROE, A.: «Scrambled versus Ordered Sequence in Autoinstructional Programs», en *Journal of Educational Psychology*, vol. 53, 1962, págs. 101-104.

¹⁷ PAYNE, D. A.; KRATHWOHL, D. R.; GORDON, J.: «The Effect of Sequence on Programmed Instruction», en *American Educational Research Journal*, n.º 4, 1967, págs. 125-132.

¹⁸ HAMILTON, N. R.: «Effects of Logical versus Random Sequencing of Item in an Autoinstructional Program under Two Conditions of Cover Response», en *Journal of Educational Psychology*, vol. 55, 1964, págs. 258-266.

¹⁹ FRIEDMAN, M. P. y GREITZER, F. L.: «Organization and Study Time in Learning from Reading», en *Journal of Educational Psychology*, vol. 63, 1972, págs. 609-616.

²⁰ FRASE, L. T.: «Paragraph Organization of Written Material: The Influence of Conceptual Clustering upon the Level and Organization of Recall», en *Journal of Educational Psychology*, vol. 60, 1969, págs. 394-401.

²¹ ESCUDERO MUÑOZ, J. M.: *Tecnología educativa: diseño de material escrito para la enseñanza de conceptos*. Nau Llibres, Valencia, 1979.

²² TENNYSON, *op. cit.*

la multiplicación, porque la presupone, y ambas serían anteriores a la división, porque necesita su inclusión en un proceso operatorio matemático convencional.

Con frecuencia se han consignado una serie de normas más o menos generales en orden a la estructuración lógica de las secuencias de aprendizaje. Ferdinand Kopp señala criterios tales como la objetividad, el acercamiento a la realidad, la posibilidad de profundización o la ejemplaridad como bases rectoras de la delimitación y secuenciación de contenidos²³. King y Brownell, con un sentido más operativo pero aún bastante inespecífico, indican la necesidad de identificar los elementos más característicos de la asignatura, efectuar un listado de los conceptos críticos de la misma, describir el lenguaje especializado y la terminología, etc.²⁴.

El desarrollo más completo de estos procedimientos fue realizado en el contexto de la enseñanza programada. Tres procedimientos concretos cabe señalar como los más desarrollados en este sentido:

a) La línea iniciada por el procedimiento RULEG, de Homme, Glasser y Evans²⁵, y posteriormente desarrollada por Davies²⁶, que supone enlazar «reglas» y «ejemplos» con una secuencia obtenida de modo aproximativo a través de la «línea de definición» constituida por la diagonal principal de la matriz.

b) El procedimiento «matético» de Gilbert²⁷, que apoyado en una amplia taxonomía de cuadros de enseñanza programada propone una ordenación lógica invertida.

c) El análisis comportamental, orientado a la elaboración de «árboles» o «flow-charts» como consecuencia de un sistemático análisis de tareas²⁸.

Parece conveniente destacar dos elementos a los que posteriormente recurriremos en el proceso de secuenciación: el «árbol de Mechner» o grafo de secuenciación lógica, y la utilización de matrices como procedimiento de ordenación de secuencias.

Enfrentados de un modo un tanto artificioso a los planteamientos con eje en la articulación de contenidos, a la ordenación lógica, aparece la estructuración de tipo jerárquico que supone asumir los siguientes puntos:

a) Existe un limitado repertorio de categorías de comportamientos, y todos los comportamientos pueden ser clasificados en una o más de tales categorías.

²³ KOPP, F.: *Fundamentos de Didáctica*. D. G. de Enseñanza Media, Madrid, 1967, págs. 102-119.

²⁴ KING, A. y BROWNELL, J.: *The Curriculum and the Disciplines of Knowledge*. J. Willey and Sons, N. York, 1966.

²⁵ HOMME, L. E.; GLASSER, R.; EVANS, J. L.: *The RULEG System for the Construction of Learning Programmes*. Dep. of Education, Univ. of Pittsburgh, 1960.

²⁶ DAVIES, I. K.: «A Design for Programmed Learning», en *Programmed Learning*, n.º 2, 1965, págs. 71-73.

²⁷ GILBERT, T. F.: «Mathetics: the Technology of Education», en *Journal of Mathematics*, n.º 1, 1962, págs. 7-73.

GILBERT, T. F.: «Mathetics: the Design of Teaching Exercises», en *Journal of Mathematics*, n.º 2, 1962, págs. 7-56.

²⁸ MECHNER, F.: *Programming for Automated Instruction*. Basis Systems Inc., N. York, 1961.

b) Para cada una de estas categorías existen o pueden existir estrategias informativas de procesamiento de la información que hacen óptimo el proceso de adquisición de las conductas previamente especificadas.

c) El sentido básico de los procesos instructivos es la manipulación de las variables de tarea para facilitar la adquisición de esos comportamientos.

El origen de estos planteamientos hay que localizarlo en la taxonomía de Bloom por cuanto supone un intento valioso de categorización inicial del inventario de comportamientos susceptibles de ser abordados desde la enseñanza. Y un modelo suficientemente desarrollado de estructura jerárquica viene dado por la conocida obra de Gagné ²⁹.

Precisamente es el mismo Gagné el que, en el artículo ya citado anteriormente, lleva a cabo una revisión completa de la literatura existente hasta su momento con relación a las secuencias de carácter jerárquico. Pero este desarrollo supone una posposición de las propuestas lógicas en favor de las secuencias jerárquicas.

Es necesario citar también en este mismo sentido los trabajos de Okey ³⁰ y la dimensión operativa de los de George L. Gropper ³¹ y Dick & Carey ³². Por otra parte, Scandura efectúa una interesante integración de estas propuestas en el contexto global de los problemas de la enseñanza ³³.

Dos campos concretos han ocupado un lugar de relativa importancia en estos planteamientos: la formación y el aprendizaje de conceptos por una parte, con el ya clásico trabajo de síntesis de Cecil Clark ³⁴ y los estudios de Escudero en nuestro contexto ³⁵; y la función y sentido de las preguntas, con la aportación de Anderson y Biddle ³⁶ y la tesis, inédita aún, de Roda Salinas ³⁷.

La posible contraposición entre las dos polaridades reseñadas —estructuración jerárquica y ordenamiento lógico— puede y debe dar lugar a una línea de acercamiento y síntesis del tipo de la que se advierte en el artículo ya citado de Scandura.

²⁹ GAGNÉ, R. M.: *Las condiciones del aprendizaje*. Aguilar, Madrid, 1970.

³⁰ OKEY, J. R.: «Developing and Validating Learning Hierarchies», en *AV Communication Review*, vol. 21, n.º 1, 1973, págs. 87-108.

³¹ GROPPER, G. L.: *Instructional Strategies*. Educational Technology Pub., Englewood Cliffs, N. Jersey, 1974.

³² DICK, W. y CAREY, L.: *The Systematic Design of Instruction*. Scott, Foresman and Co., Glenview, Ill, 1978.

³³ SCANDURA, J. M.: «Structural Approach to Instructional Problems», en *American Psychologist*, 1977, págs. 33-53.

³⁴ CLARK, D. C.: «Teaching Concepts in the Classroom: a Set of Teaching Prescriptions Derived from Experimental Research», en *Journal of Educational Psychology*, vol 62, 1971, págs. 253-278.

³⁵ *Op. cit.*, y también ESCUDERO MUÑOZ, J. M.: *Modelos didácticos*, Oikos-Tau, Barcelona, 1981.

³⁶ ANDERSON, R. C. y BIDDLE, W. B.: «On Asking People Questions about what Reading», en G. H. Bower (ed.): *The Psychology of Learning and Motivation*. Academic Press, N. York, 1975, págs. 89-132.

³⁷ RODA SALINAS, F.: *Función de las preguntas y las imágenes sobre el aprendizaje de un texto. Un diseño de interacción*. Tesis doctoral, inédita. Departamento de Didáctica, Universidad de Valencia, 1981.

Además de esta contraposición analizada entre ordenamiento lógico y estructuración jerárquica, es necesario considerar la oposición *algoritmo-prescripción heurística*.

Inicialmente cabe señalar una diferenciación que permitiría la asociación con los componentes del otro par analizado. Landa matiza, como estados intermedios entre los dos polos señalados, entre *semialgoritmos* y *prescripciones semiheurísticas*³⁸.

Un algoritmo puede definirse en su sentido general como «una prescripción exacta del orden determinado en que ha de ejecutarse un sistema de operaciones para resolver todos los problemas de un cierto tipo»³⁹. Las características que debe reunir un algoritmo son:

a) Especificidad o determinación, que supone la necesaria univocidad de las instrucciones, la ausencia de ambigüedades en su formulación, lo que garantiza un resultado similar al margen del sistema que ponga en ejecución el algoritmo.

b) Generalidad, puesto que permite resolver no sólo un problema, sino toda una clase de ellos. En los procesos de enseñanza cabría pensar que la generalidad quedaría englobada en la posibilidad de aplicar un algoritmo de enseñanza sobre un tópico o habilidad a un amplio número de sujetos, precisamente aquellos que coincidieran en la situación definida como inicial.

c) Poder resolutivo, que garantiza que el usuario llegará a una solución válida como consecuencia de su aplicación.

Es curioso constatar que estas tres notas que indica Landa se ven reducidas a dos (especificidad y generalidad) en Trajtenbrot⁴⁰ y el Gerlach y colaboradores (generalidad y poder resolutivo)⁴¹.

Las prescripciones que se realizan en la enseñanza no siempre pueden alcanzar el nivel de univocidad que exige un algoritmo. Frente a la sobredeterminación informativa, surge la necesidad de considerar procesos genéricos, orientados a resolver una cuestión, que por su ambigüedad no cabe considerar que constituyan un algoritmo. Y no sólo porque el estado actual del desarrollo científico o técnico no haya propiciado soluciones adecuadas. La resolución de problemas, por ejemplo, con la carga de creatividad implícita, en muchas ocasiones se escapa a la perspectiva de un proceso algorítmico. Las prescripciones heurísticas responden a estas características. Utilizadas inicialmente por Polya⁴², su integración sistemática la efectúa Landa⁴³.

³⁸ LANDA, L. N.: «The Ability to Think. How Can It Be Taught?», en *Soviet Education*, n.º 5, 1976, págs. 4-66. Publicado originariamente en 1975.

³⁹ TRAJTENBROT, B. A.: *Introducción a la teoría matemática de las computadoras y de la programación*. Siglo XXI, México, 1967, pág. 7.

⁴⁰ *Op. cit.*, págs. 12-13.

⁴¹ GERLACH, V. S.; REISER, R. A.; BRECKE, F. H.: «Algorithms in Education», en *Educational Technology*, n.º 10, 1977, págs. 14-18.

⁴² POLYA, G.: *How to Solve It*. Double Day, Anchooks, 1957. POLYA, G.: *Mathematical Discovery*, 2 vols., Wiley, N. York, 1962 y 1963.

⁴³ LANDA, L. N.: *Instructional Regulation and Control*. Educational Technology Pub., Englewood Cliffs, N. Jersey, 1976.

Los estados intermedios entre los algoritmos y las prescripciones heurísticas lo constituyen los semialgoritmos y las prescripciones semiheurísticas. Si se atiende al poder resolutivo y a la especificidad, la diferenciación entre estos cuatro tipos puede llegar por la vía de la consideración de los resultados obtenidos por los usuarios de dichos tipos de instrumentos. Un proceso algorítmico, por definición, debe garantizar que todos sus usuarios lleguen a resolver el problema sobre el que versa a través del mismo procedimiento. Por el contrario, una prescripción heurística no puede pretender tal situación. Atendiendo a estos criterios, la diferenciación la realiza Landa a través del siguiente cuadro:

	Algoritmo	Semialgoritmo	P. Semi- heurística	P. Heurística
Todos los usuarios llegan a una solución	+	+	+	—
Todos llegan a una solución correcta	+	+	—	—
Todos resuelven el problema por el mismo procedimiento	+	—	—	—

Los algoritmos pueden ser utilizados a través de procesos muy diversos, desde prescribir el orden de operaciones a efectuar por parte del profesor, hasta constituir una integración multimedia ejecutada directamente por parte de los alumnos mediante situaciones de enseñanza individualizada. Sirva como referencia concreta de esta utilización el estudio de Coscarelli y Schwen⁴⁴.

El mismo Landa lleva a cabo la síntesis que reseñábamos más atrás como necesaria entre los esquemas lógicos y los jerárquicos. Parece evidente que los procesos jerárquicos han de operar sobre contenidos concretos, y que como consecuencia se impone la asociación de una secuencia jerárquica *dentro de* una ordenación lógica.

La posibilidad de definición unívoca en una secuencia instructiva depende así de dos componentes: la precisión en la indicación de la operación mental, y la misma característica referida al contenido de la enseñanza.

Como consecuencia, las situaciones diferenciales pueden ser: la ausencia de especificación entre contenidos y conductas formales, o la determinación unívoca de las operaciones y los objetos sobre los que se ha de operar. Entre ambas situaciones pueden definirse dos situaciones intermedias, según exista tan sólo especificación entre contenidos y conductas, o también se dé un cierto nivel de

⁴⁴ COSCARELLI, W. C. y SCHWEN, T. M.: «Effects of Three Algorithmics Representations on Critical Thinking, Laboratory Efficiency and Final Grade», en *EC&TJ*, vol. 27, n.º 1, 1979, págs. 58-64.

precisión en uno de los dos componentes. Así, la identificación de las cuatro categorías de prescripciones quedaría definida como sigue:

	Algoritmo	Semialgoritmo	P. Semi-heurística	P. Heurística
Los dos componentes están especificados	+	+	+	—
Uno de los componentes está determinado	+	+	—	—
Determinados objeto y operación	+	—	—	—

Las conclusiones que cabe extraer de esta rápida revisión de los problemas que origina la secuenciación de los procesos didácticos podrían sintetizarse así:

1. Se impone la superación de la controversia entre los modelos lógicos y jerárquicos, mediante la búsqueda de líneas de concurrencia entre ambos planos que, aisladamente, se presentan como insuficientes.

2. Se hace necesario buscar medios que faciliten estos procesos de secuenciación, superando el simplismo de los procedimientos desarrollados por la enseñanza programada y, en la medida de lo posible, automatizándolos.

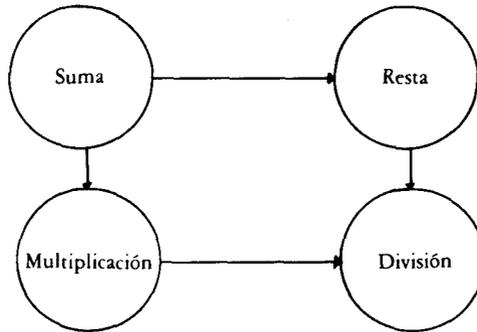
4. PROPUESTA METODOLÓGICA

Más atrás se han señalado dos recursos utilizados parcialmente en la enseñanza programada cuya asociación puede abrir nuevas perspectivas: el «árbol de Mechner» y la matriz de Davies.

Ambos elementos pueden articularse tal como se realiza mediante la aplicación del álgebra de Boole al análisis de grafos. Su más clara formalización se alcanza en el P.E.R.T., si bien hay una diferencia notable entre la aplicación normal de esta técnica y la que puede realizarse en la utilización didáctica. La utilización en el ámbito de la planificación de tareas industriales presupone la posibilidad de dividir los efectivos con los que se cuenta en una serie de secuencias parciales que habrán de concurrir en el acontecimiento final. En los procesos de enseñanza se ha de producir de modo absolutamente inevitable un planteamiento lineal, la ramificación en sí no existe sino como previsión, nunca como hecho real. Un programa ramificado, en enseñanza programada, no supone una diversificación de líneas para un mismo aprendiz, sino la posibilidad de estructurar situaciones linealmente diferenciales para cada sujeto que aprende. Un alumno que cumplimenta un programa ramificado no hace más que adaptar las posibles opciones de secuencias lineales a su situación concreta.

Hecha esta salvedad, los principios de ordenación pueden fácilmente apoyarse en los recursos metodológicos de la mencionada técnica de programación industrial.

Una secuencia —lógica, jerárquica, o de síntesis— puede expresarse a través de un grafo en el que se indiquen las prelación o precedencias de unos acontecimientos sobre otros. La relación entre las operaciones matemáticas elementales pueden expresarse así:



Si se identifican como 1, 2, 3 y 4 respectivamente suma, resta, multiplicación y división, el grafo anterior puede ser expresado matricialmente considerando la entrada en las columnas como el origen del vector que enlaza cada par de acontecimientos, y las filas como el destino de los mencionados vectores. La representación matricial del grafo anterior sería la siguiente:

		Origen			
		1	2	3	4
Destino	1	0	0	0	0
	2	1	0	0	0
	3	1	0	0	0
	4	0	1	1	0

Por sus características propias, un grafo de enseñanza ha de ser un grafo sin circuitos, lo que vale tanto como decir que una noción u operación no puede ser al tiempo prerequisite y consecuencia de otra. Además ha de ser un grafo conexo.

La ordenación de un grafo de estas características puede abordarse por medio de la descomposición en niveles, descomposición realizable por medio de la clausura transitiva de la matriz equivalente al grafo.

El proceso a seguir puede observarse en Kauffman y Desbazeille⁴⁵ o en Robert Faure⁴⁶. Básicamente supone un producto reiterativo de la matriz equivalente al grafo por sí misma hasta que se obtengan los niveles correspondientes.

⁴⁵ KAUFFMAN, A. y DESBAZEILLE, G.: *Método del camino crítico*. Sagitario, Barcelona, 1965.

⁴⁶ FAURE, R.: *Elementos de investigación operativa*. Ed. ICE, Madrid, 1975.

En el caso que nos ocupa, el proceso quedaría completado del siguiente modo:

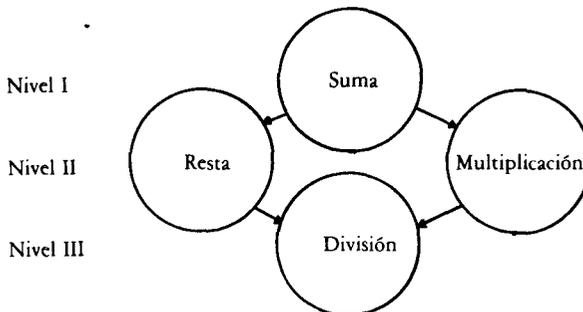
1. Se obtiene el sumatorio de cada una de las filas de la matriz. Las filas 2 y 3 suman 1, la fila 4 alcanza el valor de 2. Tan sólo la fila 1 tiene 0 como sumatorio.
2. La fila que tiene 0 como valor de su sumatorio define el o los acontecimientos que forman el nivel I en el grafo ordenado.
3. Se procede a multiplicar la matriz originaria por sí misma. El resultado de este producto es el siguiente:

	1	2	3	4
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	2	0	0	0

4. De nuevo se calcula el sumatorio de las filas. En la matriz producto que se ha obtenido, este sumatorio es 0 excepto la fila 4, que suma 2. Todas aquellas filas que suman 0, excepción hecha de la fila 1, que identificaba al acontecimiento 1 (suma), y que ya había sido definida como constitutiva del nivel I, forman parte del nivel II. En este caso, los acontecimientos 2 (resta) y 3 (multiplicación).

5. Si fuera necesario, se continúa multiplicando la matriz resultado, de la que se obtuvieron los acontecimientos componentes del último nivel, por la matriz originaria. De nuevo se extraen aquellos acontecimientos que, sin constituir niveles anteriores, ahora suman 0. En el caso concreto que estudiamos será el acontecimiento 4 (división), el que formará el nivel III.

6. La descomposición en niveles permite la reestructuración del grafo originario adecuando cada acontecimiento a su nivel. En este caso sería el siguiente:



Es necesario mantener las mismas conexiones que se establecieron en el grafo originario. Obviamente este caso no presenta ningún interés más que el que implica la exposición del proceso. La reestructuración podría haberse hecho sin dificultad alguna por pura inspección del grafo. El problema se ve más claramente acen-

tuado cuando el número de acontecimientos es grande. El análisis de operaciones necesarias para efectuar la suma, resta, multiplicación y división podría servir como ejemplo.

El problema que se analizaba al apuntar la necesaria linealidad en la programación didáctica de las secuencias puede captarse ahora intuitivamente: si se tratara de una programación industrial, podría pensarse en la constitución de dos equipos, uno dedicado a conseguir el desarrollo de la rama izquierda del grafo (resta) y otro la derecha (multiplicación). La secuencia didáctica exige que el sujeto que aprende tenga que transitar por las dos.

Dos secuencias cabe considerar como lógicas en este contexto. Por una parte:

Suma-resta-multiplicación-división.

De otra:

Suma-multiplicación-resta-división.

Ambas cumplen los requisitos de iniciar el proceso por el acontecimiento inicial, la suma, que constituye el nivel I, y no llegar al III (división) sin antes haber cubierto los prerequisites de los acontecimientos 2 y 3 (nivel II).

5. UN PROGRAMA PARA COMPUTADOR ORIENTADO A LA DESCOMPOSICIÓN DEL GRAFO EN NIVELES

La prolijidad de los cálculos necesarios para descomponer en niveles una matriz de un alto número de acontecimientos —precisamente aquellos casos en los que se impone la descomposición en niveles, al no ser posible la ordenación puramente intuitiva— exige una solución que permita el tratamiento por medio de computador.

Con esta finalidad se presenta el programa que se adjunta, elaborado en lenguaje BASIC, y cuyas características básicas son:

1. La introducción de los datos se realiza a partir de los pares de acontecimientos que definen cada actividad, no siendo necesario introducir los valores de «0».
2. Presenta los datos introducidos para su revisión cuando se acaba el proceso de entrada.
3. Incluye una subrutina de corrección en caso de error.

El programa se ha elaborado y «rodado» en una H-P 85. Permite trabajar con matrices de 59×59 con una configuración de 32 Kbytes, e incluye la información necesaria para el redimensionamiento de la matriz en función del número de acontecimientos.

```

10 REM ..... SEC .....
20 REM DEPARTAMENTO DE METODOLOGIA EDUCATIVA. UNIVERSIDAD DE
  SALAMANCA
30 REM SECUENCIACION DE ACTIVIDADES A PARTIR DE LA ORDENACION
  DEL GRAFO
40 REM PARA TERMINAR EL INGRESO HAY QUE PULSAR '1000, 1000'
50 OPTION BASE 10 @LEAR
60 SHORT A(4, 4), B(4, 4), Y(4), Z(4)
70 MAT A = ZERO MAT B = ZERO MAT Y = ZERO MAT Z = ZER
80 K = 0 @ W = 1
90 DISP «¿CUANTOS ACONTECIMIENTOS HAY EN TOTAL?»
100 INPUT V
110 IF V > 59 THEN 610
120 CLEAR
130 DISP «REDIMENSIONE A», V, «LOS SHORT DE LA LINEA 60»
140 DISP «LUEGO COMIENCE DE NUEVO, Y AL LLEGAR AQUI, PULSE 'CONT'»
150 PAUSE
160 CLEAR
170 DISP «INGRESE AHORA LOS PARES DE ACONTECIMIENTOS QUE DEFINEN
  CADA ACTIVIDAD»
180 DISP «INGRESE PRIMERO, EL ORIGEN DESPUES, EL DESTINO»
190 DISP «LOS DOS SEPARADOS POR COMA: ASI 3,7»
200 DISP «CUANDO HAYA TERMINADO, INGRESE '1000, 1000'»
210 INPUT D, C
220 IF C = 1000 THEN 250
230 A(C, D) = 1
240 GOTO 210
250 FOR I = 1 TO V
260 FOR J = 1 TO V
270 IF A(I, J) = 1 THEN 470
280 NEXT J
290 DISP «COMPRUEBE, ANOTE Y PULSE 'CONT'»
300 PAUSE
310 NEXT I
320 DISP «¿HAY ERRORES?(S/N)»
330 INPUT P3$
340 IF UPC$(P3$) = «S» THEN 630

350 MAT B = A
360 FOR I = 1 TO V
370 FOR J = 1 TO V
380 Y(J) = B(I, J)
390 NEXT J
400 IF SUM(Y) = 0 THEN 490
420 NEXT I
430 IF SUM(B) = 0 THEN 580
440 MAT B = A * B
450 W = W + 1
460 GOTO 360
470 DISP I, J
480 GOTO 280
490 K = K + 1
500 FOR Q = 1 TO K
510 IF Z(Q) = 1 THEN 560
520 NEXT Q
530 Z(K) = 1
540 PRINT «NIVEL », W, «:», I
550 GOTO 420
560 K = K - 1
570 GOTO 420
580 CLEAR
590 DISP «TERMINAMOS»
600 END
610 DISP «DEMASIADOS ACONTECIMIENTOS. NO CABEN EN MEMORIA»
620 GOTO 90
630 DISP «INCLUIR ENLACE O SUPRIMIR (I/S)»
640 INPUT P4$
650 IF UPC$(P4$) = «I» THEN 680
660 IF UPC$(P4$) = «S» THEN 720
670 CLEAR O GOTO 630
680 DISP «INGRESE LOS VALORES COMO ANTES PRIMERO EL ORIGEN Y LUEGO EL DESTINO»
690 INPUT D, C
700 A(C, D) = 1
710 GOTO 750
720 DISP «INDIQUE ORIGEN Y DESTINO DEL DATO A SUPRIMIR»
730 INPUT D, C
740 A(C, D) = 0
750 DISP «MAS CORRECCIONES (S/N)»
760 INPUT P6$
770 IF UPC$(P6$) = «S» THEN 630
780 GOTO 250

```

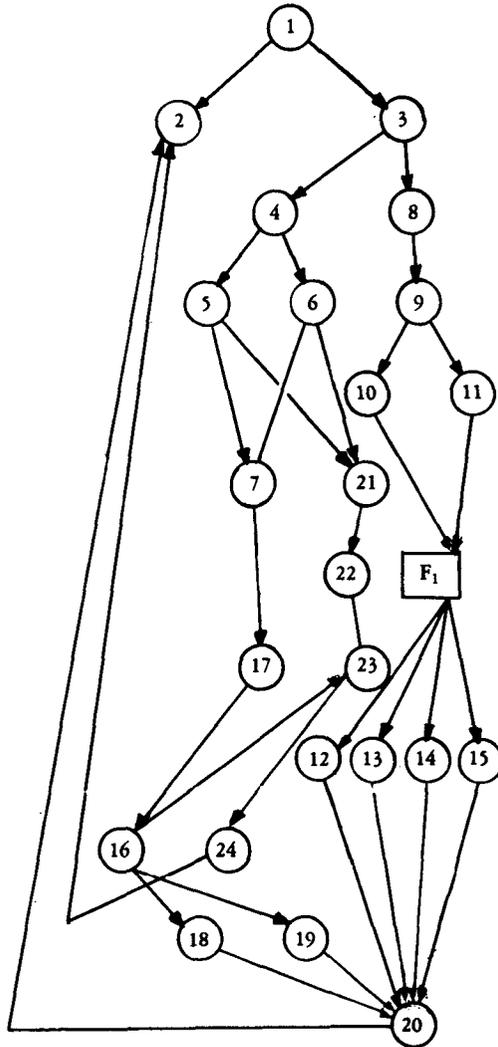
Para examinar el proceso a seguir se va a reproducir con un ejercicio centrado en el conjunto de operaciones que supone el conocido «juego de los barquitos», que con frecuencia ha sido utilizado para ejemplificar procesos de enseñanza⁴⁷ y que durante varios años he empleado como recurso didáctico en clase.

El primer paso supone la obtención del listado de informaciones u operaciones necesarias para alcanzar el objetivo previsto. En este caso tales informaciones podrían enumerarse así:

1. Juego a desarrollar entre dos personas.
2. Gana la partida el que hunde todos los barcos del contrario.
3. Es necesario papel cuadriculado y lápiz.
4. Hay que trazar un cuadro de 10 × 10.
5. Identificación de filas: A-J.
6. Identificación de columnas: 1-10.
7. Localización de cuadrículas: intersección letra/número.
8. Un barco es un grupo de cuadrículas en el interior del cuadro.
9. Los barcos estarán constituidos por cuadrículas contiguas, pero no unidas solamente por el vértice.
10. Dos barcos distintos no pueden estar en contacto.
11. Los barcos pueden estar en contacto con los márgenes.
12. Un barco de cuatro cuadrículas.
13. Dos barcos de tres cuadrículas.
14. Tres barcos de dos cuadrículas.
15. Cuatro barcos de una cuadrícula.
16. Cada jugador «dispara» tres tiros consecutivos.
17. Tiro: identificación de una cuadrícula por su letra y número.
18. Respuesta a un tiro que acierta: «tocado uno de... toneladas», o «hundido».
19. Respuesta a un tiro que no acierta: «agua».
20. Señalar en el cuadro propio los tiros que efectúa el enemigo.
21. Elaborar un cuadro de control de acuerdo con las normas 4, 5 y 6.
22. El cuadro de control, sin barcos.
23. Anotar en él los tiros propios.
24. Tras hundir un barco enemigo, recubrir las cuadrículas en contacto con el mismo en el cuadro de control.

⁴⁷ AUDIGIER, M. N. et al.: «Etudes des procédures de résolution de problèmes à l'école élémentaire», en *Revue Française de Pédagogie*, n.º 50, 1980, págs. 11-23. Puede verse también: POLITZER, G.: «Pour un étude de l'activité didactique de l'enseignement: analyse de la formulation de règles», en *Revue Française de Pédagogie*, 1976, págs. 33-37.

A partir de la lista de informaciones u operaciones, se lleva a cabo el grafo de prelaciones, en el que se especifica el enlace entre informaciones. Este podría ser dicho grafo:



NOTA: la actividad F_1 es una actividad ficticia, que en este caso no tiene otro sentido que clarificar las relaciones en el grafo.

Los datos del grafo de prelacones se pasan a la matriz localizando el origen de cada actividad por la columna y el destino por la fila correspondiente.

Esta sería la matriz correspondiente el grafo anterior:

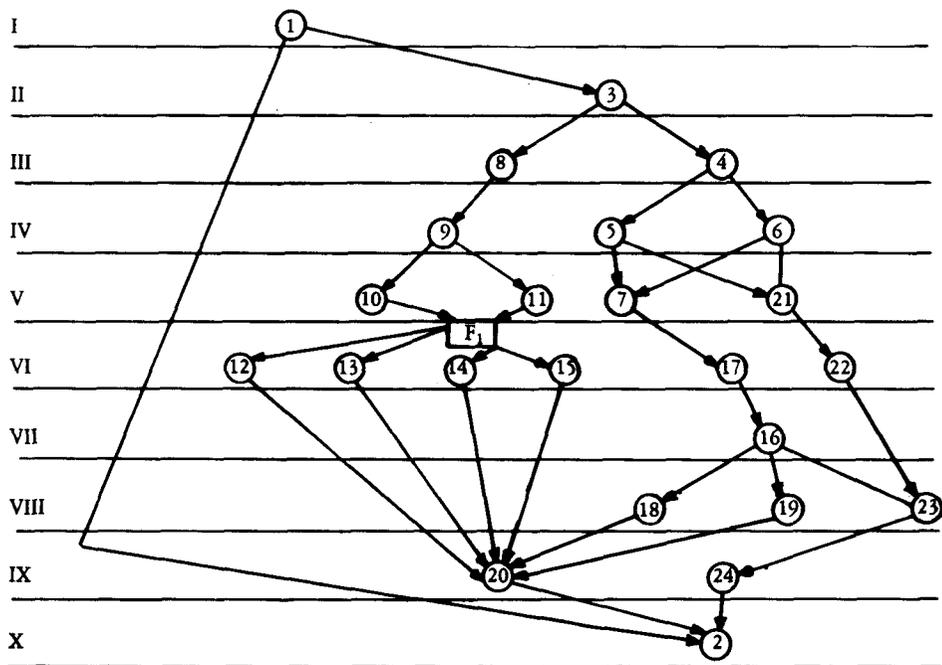
ORIGEN

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
19																								
20																								
21																								
22																								
23																								
24																								

Los datos de esta matriz —que no es necesario realizar, puesto que derivan directamente del grafo— después de su tratamiento, dan lugar a la siguiente tabla de resultados, que supone la descomposición por niveles:

Nivel I: 1
 Nivel II: 3
 Nivel III: 4, 8
 Nivel IV: 5, 6, 9
 Nivel V: 7, 10, 11, 21
 Nivel VI: 12, 13, 14, 15, 17, 22
 Nivel VII: 16
 Nivel VIII: 18, 19, 23
 Nivel IX: 20, 24
 Nivel X: 2

Esta descomposición en niveles permite la elaboración de un grafo ordenado, en el que aparecerán patentes las prelacións entre unas y otras informaciones.



Como consecuencia de este grafo, se puede obtener toda una amplia serie de secuencias alternativas que serían igualmente válidas para el desarrollo de la información.

Una secuencia tal como la siguiente:

1-3-8-9-10-11-12-13-14-15-4-6-5-21-7-17-22-16-18-19-23-20-24-2

Es igualmente coherente que la siguiente:

1-3-4-5-6-7-21-17-22-16-18-19-23-24-8-9-10-11-15-14-13-12-20-2

La decisión a adoptar será simplemente condicionada por la coherencia de las prelacones.

Existen procedimientos manuales que, pese a ser largos y tediosos, suponen una posibilidad de acercamiento a este planteamiento ⁴⁸.

Una variante que permite resultados idénticos, y que evita la realización del grafo inicial es la intercomparación de pares de actividades a fin de plasmar en la matriz las prelacones directamente. El hecho de que la matriz esté más «saturada» de enlaces no afecta al resultado final siempre y cuando se da la condición de que no existan circuitos.

6. CONCLUSIÓN

El modelo y programa presentado permite su aplicación tanto a algoritmos como a semialgoritmos o procesos semiheurísticos. Incluso cierto tipo de secuencias heurísticas podrían verse facilitadas por la utilización del sistema propuesto.

La posibilidad de efectuar análisis sucesivos, a través de la descomposición de cada actividad en una secuencia de ellas está también abierta, con lo que cabría su utilización en una dimensión de macroprogramación tanto como en una microprogramación.

Por último cabe reseñar una utilización que se está desarrollando en el Departamento de Metodología Educativa de la Universidad de Salamanca: la comprobación de la bondad de un ajuste secuencial existente en un determinado instrumento didáctico ya elaborado. En concreto se está poniendo a punto una metodología para estudiar la adecuación o inadecuación de la ordenación de las informaciones en determinados libros de texto de Educación General Básica.

DR. JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ DIÉGUEZ

Catedrático de Didáctica

Facultad de Filosofía y Ciencias de la Educación

PASEO DE CANALEJAS, 169

SALAMANCA

⁴⁸ Un desarrollo manual basado en el planteamiento de Kauffman y Desbazeille, tal como lo he venido desarrollando sucesivamente en los cursos universitarios de las Universidades de Salamanca y Valencia desde 1970, puede verse en HUERTA IBARRA, J.: *Organización lógica de las experiencias de aprendizaje*. Trillas, México, 1977.

También es necesario citar la serie de artículos de Michele Pellerey publicados en *Orientamenti Pedagogici*: «La organizzazione sequenziale del processo didattico» I, n.º 2, 1976, págs. 262-272; II, n.º 3, 1976, págs. 452-460; III, n.º 4, 1976, págs. 645-656.