

EL ANALISIS DE CONTENIDO, LA TECNICA ALGEBRAICA Y EL ANALISIS AUTOMATICO DE CONTENIDO

GUILLERMO SOLANO FLORES*

Resumen

La secuencia de enseñanza es uno de los factores más determinantes del aprendizaje. El análisis de contenido es una tarea que se ocupa de secuenciar en la mejor forma posible una serie de objetivos que deben cumplirse, de unidades de un libro que hay que elaborar, de actividades de aprendizaje que deben realizarse, de asignaturas que deben ser cursadas, etc. Las técnicas de análisis de contenido se ocupan de obtener una secuencia óptima a partir de la idea vaga que inicialmente tiene una persona sobre las relaciones de secuencia entre los elementos. La técnica algebraica emplea operaciones matemáticas sencillas para la detección de contradicciones en las que se pueda incurrir al concebir las relaciones entre los elementos que constituyen un contenido, y para la determinación lógica de la secuencia de los elementos, a partir del criterio manejado por una persona. Dicha técnica es superior a las técnicas anteriores debido a que reduce drásticamente el trabajo operativo. Además, en virtud de su formalidad matemática, permite que su aplicación sea realizada por una computadora. En este artículo se describe la técnica algebraica de análisis de contenido, así como las características generales de un programa de computadora que libera por completo al usuario, del trabajo de realizar operaciones. Se discuten finalmente las ventajas que la técnica y el programa presentan en proyectos educativos de gran magnitud, principalmente en proyectos de educación superior relacionados con la planeación y el diseño curricular.

INTRODUCCION

La secuencia con que se ordena un conjunto de experiencias de aprendizaje o se programa la enseñanza, ha sido repetidamente señalada como un factor determinante del aprendizaje del alumno (Tayler, 1950); Gagné, 1970; Popham y Baker, 1970; Posner y Strike, 1976; Posner y Rudnitsky, 1978). Si bien es cierto que una secuencia de enseñanza puede ser decidida intuitivamente, esto implica un alto riesgo de cometer errores de operación que tengan como resultado una enseñanza deficiente. El término **análisis de contenido** se emplea con frecuencia para referirse al trabajo sistemático de determinación de una secuencia óptima de enseñanza (Castañeda, 1974).

Los elementos con que trabaja el análisis de contenido reciben el nombre de **elementos de contenido**. Los elementos de contenido pueden ser objetivos a cumplir, tareas a realizar, temas a enseñar, conceptos a establecer, asignaturas a cursar, etc., dependiendo de los intereses perseguidos. Esta versatilidad permite que el análisis de contenido pueda ser aplicado en actividades tan diversas como la planeación educativa, el diseño de cursos, la preparación de una clase, o la programación de material didáctico.

El análisis de contenido es un recurso para obtener una secuencia lógica de elementos, de acuerdo con los criterios y las premisas que se manejan en una situación determinada. Al enfrentarse inicialmente al problema de secuencia en el mejor orden posible un conjunto de elementos de contenido, una persona tiene en realidad una idea imprecisa de la secuencia de enseñanza que deberá seguirse. Muy posiblemente conocerá el elemento inicial y el elemento final de la secuencia, pero será incapaz de describir paso a paso la sucesión de elementos intermedios. Más aún, no tendrá la certeza de que la idea que tiene acerca de la secuencia entre los elementos, está exenta de ciclos: contradicciones consistentes en relaciones circulares de secuencia entre los elementos, como la que tiene lugar cuando el tema "Evolución", de un curso de Biología, requiere del estudio previo del tema "Selección natural", a la vez que "Selección natural" requiere del estudio previo de "Evolución".

*Profesor Asociado de la Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Sólo a partir del conocimiento de las relaciones directas de secuencia, y de la certeza de que no existen ciclos entre los elementos de un contenido, puede determinarse una secuencia lógica de enseñanza.¹ El análisis de contenido puede entenderse, entonces, como una tarea que permite:

- 1) obtener sistemáticamente información del interesado para formalizar la idea inicial que posee acerca de la secuencia en que piensa que deben ordenarse los elementos de contenido;
- 2) poner al descubierto la presencia de ciclos entre los elementos, para su corrección;
- 3) transformar la información inicial de las relaciones entre los elementos, para conocer cuáles de esas relaciones son directas; y
- 4) determinar la secuencia óptima de enseñanza a partir de las relaciones directas de secuencia entre los elementos.

En un principio, una persona es incapaz de decidir la secuencia lógica en que habrán de ordenarse los elementos con que trabaja. Pero si se pregunta cuál de dos elementos determinados debe secuenciarse antes y cuál después, independientemente de que la relación de secuencia sea indirecta o directa, no le será difícil tomar una decisión. Procediendo así sistemáticamente con cada uno de todos los posibles pares de elementos, se puede elaborar una matriz como la que se explica en la figura 1, y que en adelante será llamada **matriz binaria original**.

La teoría de grafos (véase Harary, 1969; Mayeda, 1972) se ha empleado con éxito en la descripción de relaciones entre elementos involucrados en procesos educativos (Cruz, 1978; Salazar, 1979a, b; Jackson y González, 1979; Cedeño y Ruiz-Primo, 1982). Su aplicación en el problema de la secuenciación es muy interesante. En términos de esta teoría, los elementos reciben el nombre de vértices, y pueden ser secuenciados en un orden que principia con uno o varios **vértices fuente** (que son los elementos iniciales de la secuencia) y finaliza con uno o varios **vértices cima** (que son los elementos terminales), pasando por uno o varios vértices intermedios. A partir de un grafo como el que aparece en la figura 2 (a), es fácil determinar la secuencia definitiva de enseñanza: los elementos deben programarse siguiendo el orden de las flechas. En una matriz binaria original, es posible identificar vértices fuente, cima e intermedios, según se ilustra en la figura 2 (b).

¹La relación directa de secuencia entre dos elementos, debe ser entendida como una relación de secuencia inmediata, en la que un elemento antecede inmediatamente a otro, sin que exista algún otro elemento de por medio. Una relación indirecta de secuencia es una relación de secuencia inmediata.

	1	2	3	4	5	6
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	1	0	1
3	0	0	0	1	0	1
4	0	0	0	0	1	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	1	0

Figura 1. Matriz binaria original que representa las relaciones de secuencia entre seis elementos hipotéticos. En esta matriz es imposible diferenciar las relaciones directas de las indirectas. Cada elemento es representado por un número, y tiene un renglón y una columna en la matriz. Los unos en el renglón de un elemento indican, según los cruces de las columnas en que se encuentran, aquellos elementos secuenciados después de ese elemento. Los unos en la columna de un elemento indican, según los cruces de los renglones en que se encuentran, aquellos elementos secuenciados antes de ese elemento. Los ceros indican que la relación de secuencia entre los elementos correspondientes, es inexistente, o simplemente que no se encuentra especificada. La diagonal principal de la matriz está constituida por el cruce del renglón y la columna del elemento 1, el renglón y la columna del elemento 2, el renglón y la columna del elemento 3, etc.

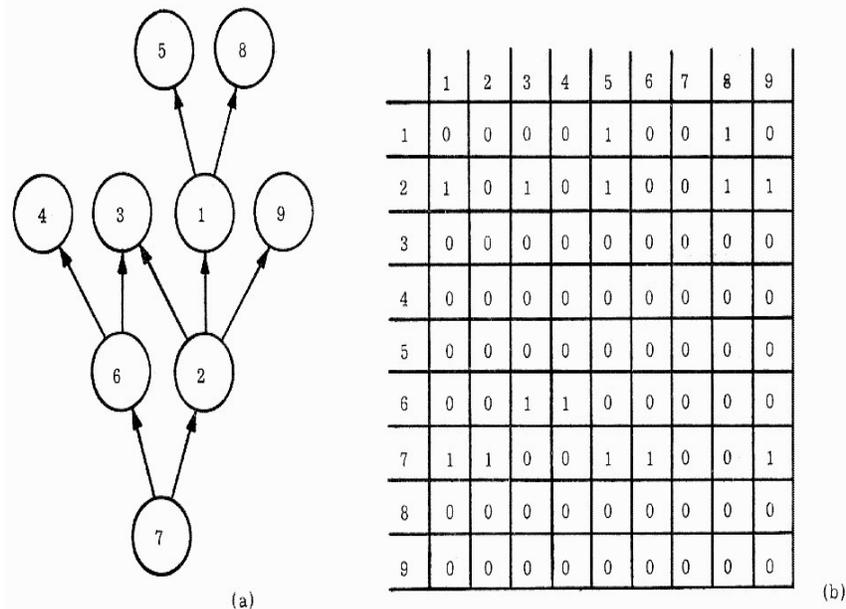


Figura 2. Relaciones de secuencia entre nueve elementos de contenido hipotéticos. **(a)** Representación mediante un grafo: siguiendo el sentido de las flechas, puede determinarse la secuencia de enseñanza. Pueden identificarse: un vértice fuente (vértice 7), que es el elemento inicial de la secuencia; varios vértices cima (vértices 3, 4, 5, 8 y 9), y tres vértices intermedios (vértices 1, 2 y 6). **(b)** Matriz binaria original de las relaciones de secuencia entre los mismos elementos. En dicha matriz no pueden diferenciarse las relaciones directas de las relaciones indirectas. En ella, los vértices fuente se identifican por tener sus columnas ocupadas exclusivamente por ceros, y sus renglones cuando menos por un uno; los vértices intermedios se identifican por tener cuando menos un 1, tanto en sus renglones como en sus columnas; y los vértices cima se identifican por tener ocupadas sus columnas exclusivamente por ceros, y sus renglones cuando menos por un 1. Los vértices aislados, no presentes en el ejemplo, se identifican porque en el grafo aparecen inconexos, y porque en la matriz sus renglones y sus columnas están ocupados exclusivamente por ceros.

La elaboración del grafo solamente es posible si se conocen cuáles de las relaciones que aparecen en la matriz binaria original, son relaciones directas de secuencia. Por ello, la elaboración del grafo hace necesario transformar antes la información que contiene la matriz binaria original. Durante esa transformación también deben detectarse y eliminarse los posibles ciclos. El empleo de grafos también es útil para la representación de ciclos. En la figura 3 aparece la representación de varios ciclos. Representaciones de este tipo permiten la identificación de aquellos elementos cuyo contenido debe modificarse, a fin de que la secuencia definitiva de enseñanza no adolezca de circularidades en las relaciones entre los elementos.

La transformación de la matriz binaria original, para la detección de ciclos y la elaboración del grafo de relaciones de secuencia, se ha efectuado tradicionalmente de acuerdo con la técnica propuesta por Morganov (1966), D'Hainaut (1971) y Warfield (1973), y descrita también por Heredia (1976), Huerta y Heredia (1976) y Huerta (1978). La figura 4 contiene un diagrama de los pasos seguidos en la aplicación de la técnica.

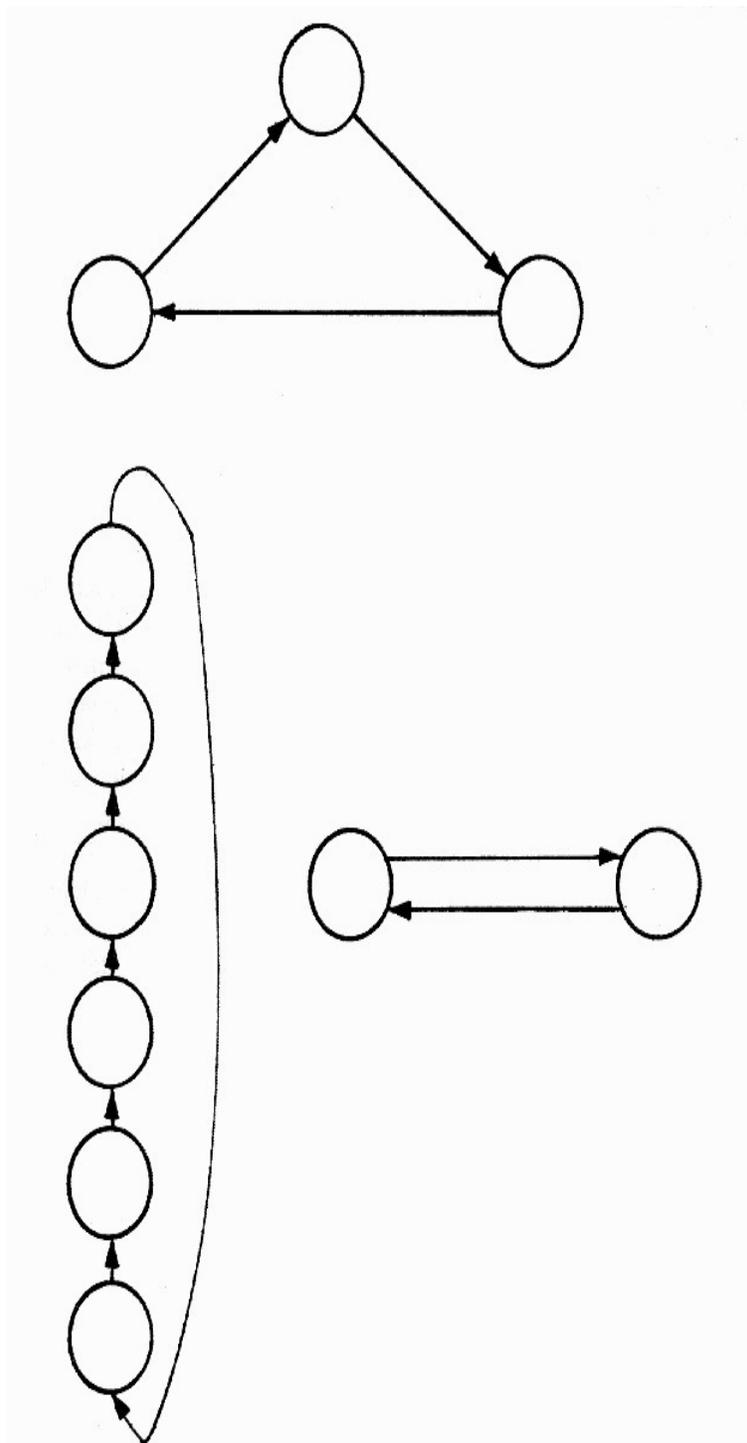


Figura 3. Ejemplos de ciclos. En ellos, es imposible determinar un principio y un fin en la secuencia de los elementos. Esto constituye una contradicción en la programación de un contenido.

La idea central en la que ésta se basa, consiste en retirar de la matriz binaria original aquellos renglones y columnas identificados como correspondientes a vértices fuente, y en elaborar sucesivamente matrices con un número cada vez menor de renglones y columnas. La elaboración del grafo de relaciones de secuencia se lleva a cabo en forma simultánea a la elaboración sucesiva de matrices.

El trabajo con esta técnica en realidad es artesanal, ya que exige, por parte de quien la aplica, la dedicación de la mayor parte de su tiempo a tareas tediosas como el trazado y el llenado de matrices. El análisis de contenido abordado en esta forma resulta lento, engorroso y sujeto a una probabilidad alta de cometer errores. La detección de ciclos, por otra parte, se efectúa de manera imprecisa y accidental durante el trabajo de transformación de la matriz binaria original, lo que implica la interrupción prolongada del trabajo, para la identificación de los elementos involucrados en los ciclos.

LA TECNICA ALGEBRAICA

Las dificultades anteriormente enumeradas son resueltas, por la técnica algebraica de análisis de contenido (Solano, 1980, 1981). A diferencia de los enfoques anteriores, la técnica algebraica no se basa en la elaboración sucesiva de matrices, sino en la aplicación de operaciones del álgebra lineal o álgebra de matrices (véase Máltsev, 1978; Grossman, 1980; Kleiman y Kleiman, 1980; Anton, 1980). Por otra parte, no se ocupa primordialmente de la elaboración del grafo de las relaciones de secuencia, sino de la realización de las operaciones a partir de la matriz binaria original, para la obtención de una **matriz de relaciones directas**, en la que cada 1 indica invariablemente la existencia de una relación directa de secuencia entre dos elementos. En términos de la técnica algebraica, si la letra D representa a la matriz de relaciones directas, y la letra A a la matriz binaria original, el problema de la secuenciación se resuelve mediante la fórmula:

$$D = A - A^2$$

En los apéndices 1 y 2 se explican de manera sencilla las reglas para la realización de la elevación al cuadrado de una matriz, y para la sustracción de matrices, que son las únicas operaciones que requiere la aplicación de la técnicas algebraica. Por otra parte, la técnica se describe en el diagrama de flujo que aparece en la figura 5. Si se compara ese diagrama con el de la figura 4, puede constatar que la técnica algebraica es significativamente menos compleja que las técnicas antecesoras.

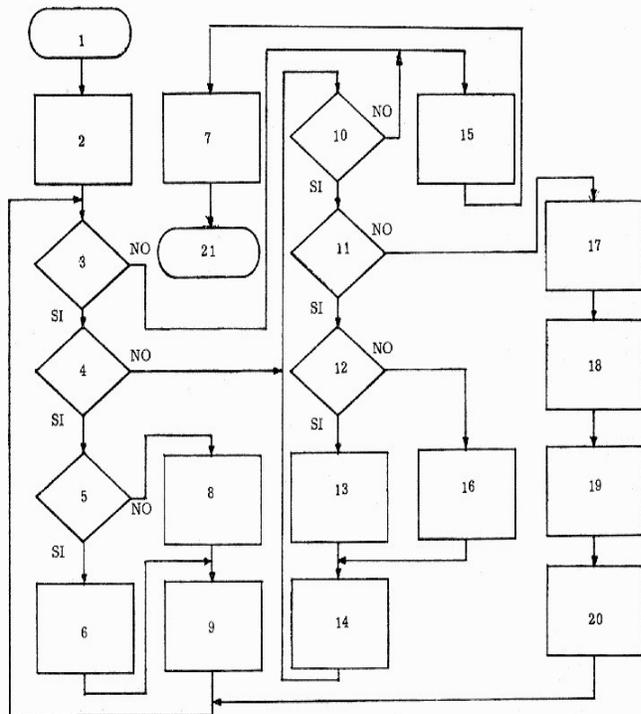


Figura 4. Diagrama de flujo de la técnica para la detección de ciclos y la determinación de relaciones directas de secuencia entre los elementos de un contenido, a partir de la matriz binaria original. El diagrama integra los trabajos de Morganov, D'Hainaut y Warfield.

Textos de los componentes del diagrama:

1. Inicio.
2. Elaboración de la matriz binaria original.
3. ¿Hay más de un renglón y una columna en la matriz?
4. ¿Se identifican vértices fuente en la matriz?
5. ¿Hay vértices dibujados previamente en un nivel inmediato inferior?
6. Dibujar en un nivel superior inmediato los vértices fuente identificados.
7. Completar el grafo con el auxilio de la matriz binaria original ya corregida, elaborada en el principio. Trazar una flecha que vaya de un vértice a otro situado en el nivel inmediato superior, siempre y cuando dicha relación se encuentre especificada en la matriz binaria original corregida.
8. Dibujar en el extremo inferior y en el mismo nivel, los vértices fuente identificados.
9. Elaborar una nueva matriz en la que no aparezcan los renglones ni las columnas de los vértices dibujados.
10. ¿Hay al menos un 1 en la matriz?
11. ¿Se identifican vértices cima en la matriz?
12. ¿Hay vértices dibujados previamente en un nivel superior inmediato?
13. Dibujar en el nivel inferior inmediato los vértices cima identificados.
14. Elaborar una nueva matriz en la que no aparezcan los renglones ni las columnas de los vértices dibujados.
15. Dibujar los vértices cuyos renglones y columnas hay dentro de la matriz, en la parte más alta de la hoja.
16. Dibujar en el extremo superior y en un mismo nivel, los vértices cima identificados.
17. Elaborar el grafo de las relaciones entre los elementos cuyos renglones y columnas permanecen en la matriz.
18. Identificar los ciclos.
19. Hacer las modificaciones necesarias en el contenido, a fin de eliminar los ciclos.
20. Hacer las modificaciones correspondientes en la matriz binaria original, elaborada en un principio, y en la matriz en la que no fue posible identificar vértices fuente ni vértices cima.
21. Alto.

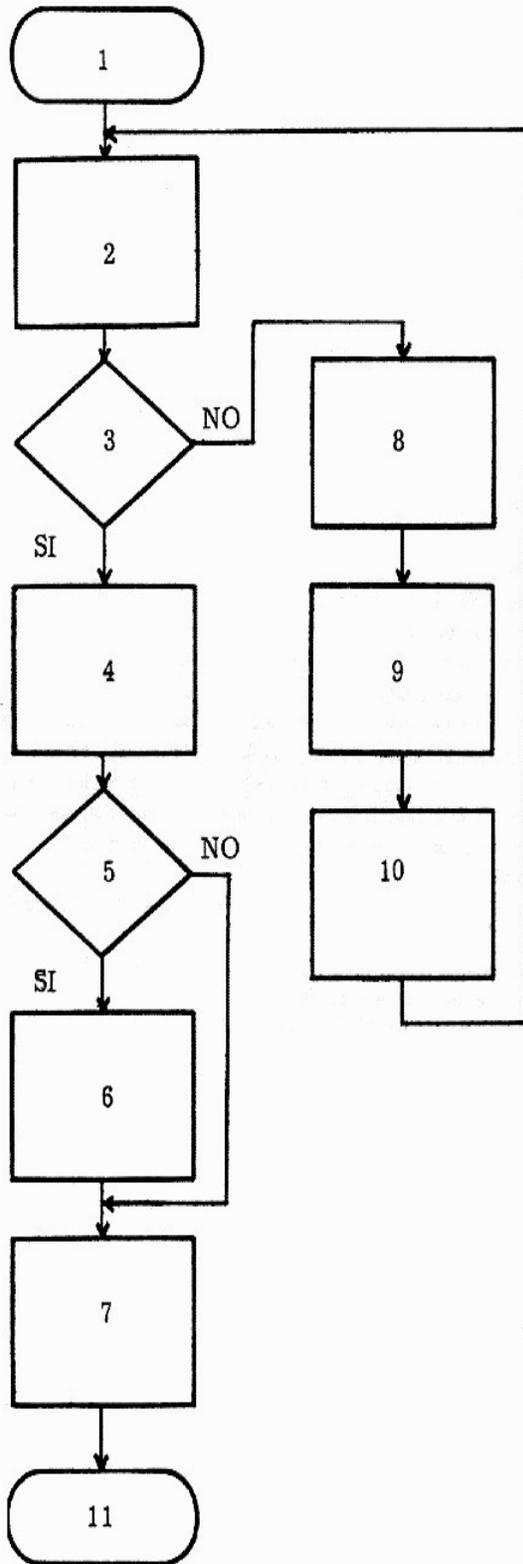


Figura 5. Diagrama de flujo de la técnica algebraica de análisis de contenido, para la detección de ciclos y la determinación de relaciones directas de secuencia entre los elementos de un contenido, a partir de la matriz binaria original.

Textos de los componentes del diagrama:

1. Inicio.
2. Elevar al cuadrado la matriz A .
3. ¿La diagonal principal de A^2 está constituida tan sólo por ceros?
4. Obtener la matriz D : efectuar la sustracción $A - A^2$.
5. ¿Es necesario elaborar el grafo para determinar la secuencia de enseñanza?
6. Elaborar el grafo.
7. Determinar la secuencia de enseñanza.
8. Existen ciclos. Examinar A y hacer un grafo de las relaciones entre los elementos que en A^2 tienen un número diferente de cero en la diagonal principal.
9. Hacer las modificaciones necesarias en el contenido, a fin de eliminar los ciclos.
10. Hacer las modificaciones correspondientes en A .
11. Alto.

Merece especial atención la facilidad con que los ciclos quedan al descubierto cuando se emplea la técnica algebraica. La diagonal principal de la matriz A^2 , constituida por los cuadros que se encuentran en el cruce del renglón y la columna del elemento 1, del elemento 2, del elemento 3, etc., debe estar ocupada exclusivamente por ceros, para poder tener la certeza de que no existen ciclos en el contenido. De lo contrario, debe hacerse la interpretación que se describe y ejemplifica en la figura 6. Esta forma de detección de los ciclos en una etapa inicial de la aplicación de la técnica, permite que los errores del contenido puedan ser corregidos desde el principio, y que las modificaciones a la matriz binaria original se hagan oportunamente.

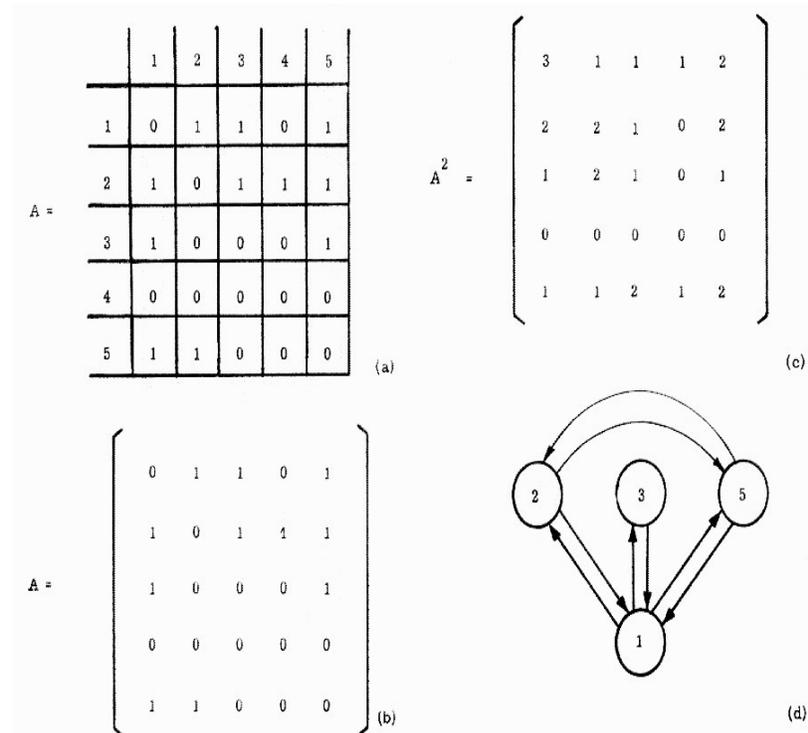
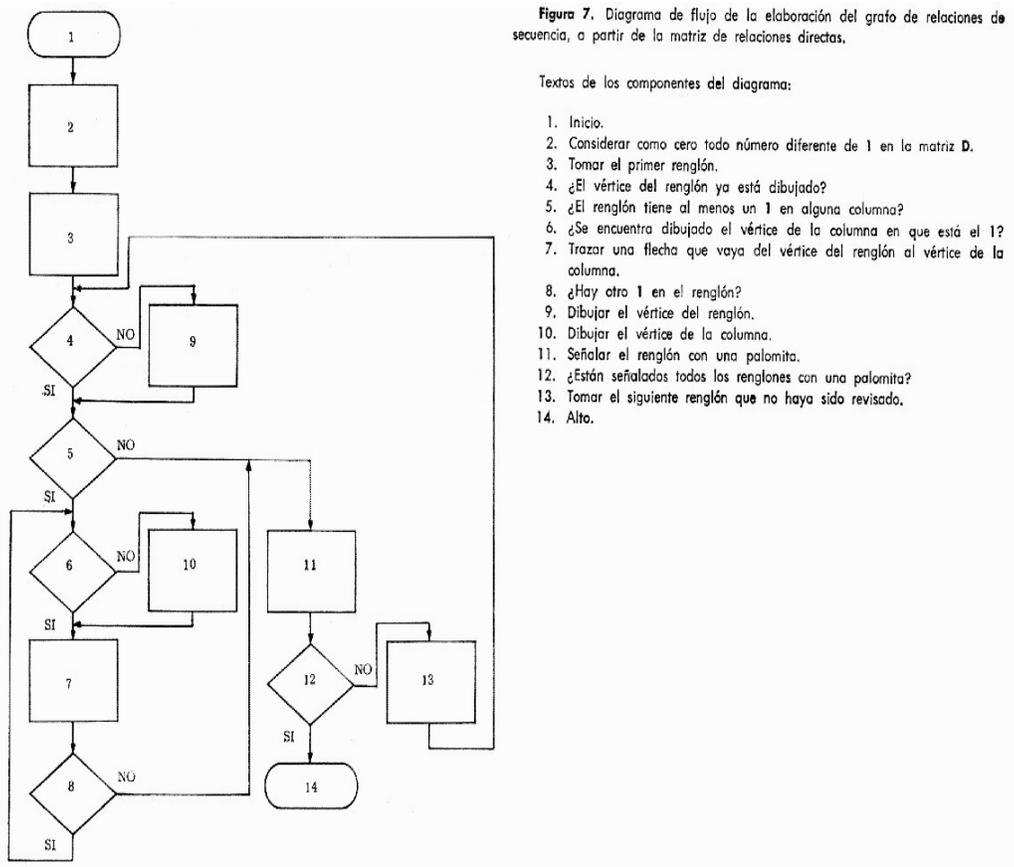


Figura 6. Detección de ciclos entre cinco elementos de contenido hipotéticos, mediante la técnica algebraica. **(a)** Matriz binaria original. **(b)** Representación de la matriz binaria original en la forma empleada en el álgebra lineal. **(c)** Matriz A^2 ; la presencia de ciclos queda al descubierto porque la diagonal principal no está constituida exclusivamente por ceros. Cada número en la diagonal principal indica, según el cruce del renglón y la columna en que se encuentra, la cantidad de ciclos en la que está implicado el elemento correspondiente. Así por ejemplo, el número 3 en el cruce del renglón 1 y la columna 1, indica que el elemento 1 está implicado en tres ciclos; el número 2 en el cruce del renglón 2 y la columna 2, indica que el elemento 2 está implicado en dos ciclos, etc. **(d)** Grafo de los ciclos detectados mediante la matriz A^2 .

Puesto que el principal resultado que se obtiene con la técnica algebraica es una matriz en la que se identifican perfectamente las relaciones directas de secuencia entre los elementos, la elaboración del grafo se convierte en una tarea opcional de la que puede prescindirse. No obstante, cuando el grafo es necesario por facilitar la determinación de la secuencia, su elaboración es extremadamente fácil y rápida. La forma de elaboración del grafo a partir de la matriz de relaciones directas, se ilustra en el diagrama de flujo de la figura 7.

Pueden apreciarse importantes ventajas de la técnica algebraica: el número de matrices con las que se trabaja es pequeño (tres normalmente, y cinco cuando se descubren ciclos al obtener A^2), los ciclos se descubren fácil y oportunamente, y el trabajo operativo se efectúa con rapidez. Las únicas limitaciones que puede llegar a tener la técnica están impuestas por la capacidad del programador para efectuar operaciones con matrices sin cometer errores. Si bien tales operaciones son sumamente fáciles de aprender y de realizar, éstas pueden consumir mucho tiempo tratándose de más de 15 elementos. Esto es particularmente importante en la educación superior, en la que puede llegar a requerirse el análisis de contenido de carreras y planes de estudio completos. Como ello implica trabajar con decenas enteras de elementos de contenido, es necesario considerar las ventajas que representan los procedimientos de computación al pretender emplear la técnica algebraica de análisis de contenido en proyectos educativos de gran envergadura.



ANALISIS AUTOMATICO DE DATOS

Supóngase una reunión de especialistas en diversas disciplinas, ocupados en la elaboración del plan de estudios de una nueva carrera. Una de las tareas que deben realizar, es la secuenciación de varias decenas de asignaturas que los alumnos habrán de cursar. Cada uno de los especialistas tiene un punto de vista particular al respecto, lo que les obliga a sostener prolongadas discusiones antes de llegar a un consenso. Conociendo la idea en que se basa el análisis de contenido, estos señores pueden llegar al acuerdo de que es más fácil y razonable discutir acerca de la secuencia de enseñanza en cada par de asignaturas, que discutir "en paquete" la totalidad de secuencias propuestas. Sin embargo, la elaboración de una matriz de varias decenas de renglones y de columnas, y la realización de operaciones con matrices de tales dimensiones, son factores que pueden impedir que apliquen la técnica algebraica.

Empleando una microcomputadora, los especialistas del ejemplo tratado pueden olvidarse de elaborar matrices y efectuar operaciones. Tan sólo deben encender la máquina, cargarla con el programa apropiado, y contestar las preguntas que aparezcan en la pantalla.² Así, toda su actividad puede ser concentrada en discutir puntos de vista y opiniones. La máquina contribuye a organizar sus discusiones y los libera del trabajo operativo. A continuación se describen las características de un programa para microcomputadora, que el autor de este artículo ha elaborado para la realización automática de análisis de contenido. La idea no es transcribir aquí el programa, sino mostrar su lógica y hacer énfasis en la comodidad que representa.

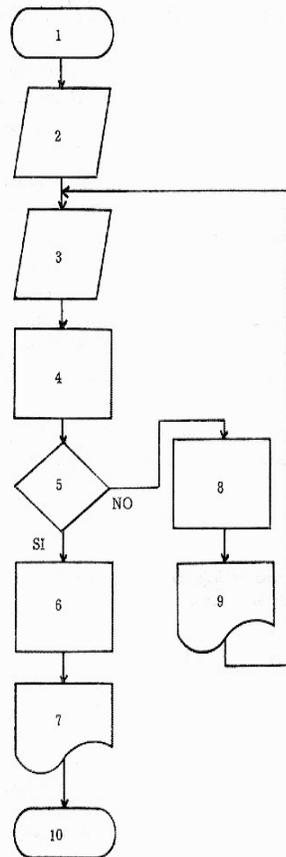


Figura 8. Diagrama de flujo del programa de computadora para la realización de análisis de contenido mediante la técnica algebraica.

Textos de los componentes del diagrama:

1. Inicio.
2. Pregunta por la cantidad y los nombres de los elementos.
3. Pregunta acerca de las relaciones entre los elementos; elabora la matriz binaria original A .
4. Eleva al cuadrado la matriz A .
5. ¿La diagonal principal de A^2 está constituida exclusivamente por ceros?
6. Efectúa la sustracción $D = A - A^2$; iguala a cero todos los números diferentes de 1 en la matriz D ; identifica las relaciones directas entre los elementos.
7. Describe las relaciones directas.
8. Busca e identifica los ciclos.
9. Describe los ciclos encontrados.
10. Alto.

²Todo lo que se diga en este trabajo de una microcomputadora, es igualmente aplicable a una computadora más compleja. Se hace referencia a una microcomputadora para hacer énfasis en las ventajas económicas y de manejo que representa. Cualquier microcomputadora puede realizar, en principio, las funciones aquí descritas, si ésta tiene la configuración básica: teclado, unidad de procesamiento de información, unidad de cintas o discos, y pantalla. No se han considerado aquí los dispositivos que aumentan la capacidad de almacenamiento de información, ni las máquinas impresoras. En algunos de los ejemplos que aquí se presentan, se habla de la forma en que aparecen los resultados en la pantalla de la microcomputadora. Si se cuenta con una máquina impresora, dichos ejemplos son aplicables a la impresión de los resultados en papel. Deliberadamente se han omitido los tecnicismos y la especificación de marcas y modelos.

```

P  CUANTOS ELEMENTOS HAY QUE ANALIZAR? -
R  3
P  NOMBRE DEL ELEMENTO 1? -
R  ESPACIOS VECTORIALES
P  NOMBRE DEL ELEMENTO 2? -
R  DETERMINANTES
P  NOMBRE DEL ELEMENTO 3? -
R  MATRICES
P  ESPACIOS VECTORIALES DEBE SECUENCIARSE ANTES DE DETERMINANTES? -
R  NO
P  ESPACIOS VECTORIALES DEBE SECUENCIARSE ANTES DE MATRICES? -
R  NO
P  DETERMINANTES DEBE SECUENCIARSE ANTES DE ESPACIOS VECTORIALES? -
R  SI
P  DETERMINANTES DEBE SECUENCIARSE ANTES DE MATRICES? -
R  NO
P  MATRICES DEBE SECUENCIARSE ANTES DE ESPACIOS VECTORIALES? -
R  SI
P  MATRICES DEBE SECUENCIARSE ANTES DE DETERMINANTES? -
R  SI
READY
>

```

Figura 9. Ejemplo de ejecución del programa de computadora para la realización de análisis de contenido, durante las etapas 2 y 3. Las letras **P** y **R** indican, respectivamente, las preguntas que aparecen en la pantalla de la máquina, y las respuestas correspondientes tecleadas por el usuario en el tablero.

Un diagrama de flujo del programa aparece en la figura 8. Las etapas del programa han sido señaladas con números, con el fin de hacer referencia a ellas con facilidad. Las etapas 2 y 3 constituyen la entrada de datos a la máquina acerca de la cantidad de elementos, sus nombres y las relaciones existentes. En la etapa 2, la máquina pide información mediante preguntas que aparecen en la pantalla de la microcomputadora, y los datos son introducidos por el usuario tecleando en el tablero. Gracias a esta etapa, la máquina puede asignar un renglón y una columna de la matriz, a cada elemento, y referirse al mismo por su nombre, y no por un número o una inicial. En la etapa 3 se elabora la matriz binaria original de acuerdo con las respuestas a las preguntas. En la figura 9 hay un ejemplo de la ejecución del programa durante las etapas 2 y 3.

Puede verse que, una vez que la máquina tiene la información sobre la cantidad de elementos y sus nombres, ésta pregunta acerca de las relaciones entre los elementos en una forma sistemática. La pregunta acerca de la relación de cada elemento consigo mismo, se omite automáticamente. La respuesta que el usuario introduce como un "sí" o un "no" a cada pregunta se almacena en la memoria de la máquina como un 1 o un cero, respectivamente, construyéndose así la matriz binaria original A . Naturalmente, no es necesario que la matriz aparezca en la pantalla, si bien es cierto que dicha matriz se almacena en la memoria de la máquina.

La etapa 4 constituye la elevación al cuadrado de la matriz A , y la etapa 5 el análisis de la diagonal principal de la matriz A^2 . La etapa 6 se desarrolla cuando no se detectan ciclos, y consiste en la obtención de una matriz binaria de relaciones directas, D , a partir de la sustracción $A - A^2$, y de la igualación a cero de todo número diferente de 1 en la matriz D . La etapa 7 es la aparición en la pantalla; de los resultados con las relaciones directas de secuencia. De acuerdo con los datos introducidos por el usuario, según el ejemplo de la figura 9, los resultados correspondientes aparecerían tal y como se ilustra en la figura 10. Aunque en el ejemplo de esta figura solamente hay un elemento inicial y uno terminal, el programa puede identificar varios elementos iniciales y terminales.

R E S U L T A D O S

```
ELEMENTOS INICIALES Y TERMINALES
  ELEMENTO INICIAL:  "MATRICES"
  ELEMENTO TERMINAL: "DETERMINANTES"

RELACIONES DIRECTAS
"MATRICES" ANTECEDE INMEDIATAMENTE A "DETERMINANTES"
"DETERMINANTES" ANTECEDE INMEDIATAMENTE A "ESPACIOS VECTORIALES"
READY
>
```

Figura 10. Forma de presentación de los resultados en la pantalla de la computadora, con el empleo del programa para la realización de análisis de contenido.

Las relaciones directas permiten organizar perfectamente la secuencia a seguir. El trabajo es tan sencillo como dibujar una flecha por cada relación directa especificada en los resultados. Incluso se puede llegar a prescindir de la elaboración del grafo, y pasar directamente a la determinación de la secuencia de enseñanza.

Cuando hay ciclos en el contenido, éstos quedan al descubierto en la etapa 5 del programa (véase la figura 8). En casos así, el programa pasa a la etapa 8, que consiste en la búsqueda de ciclos, y de ahí a la etapa 9, que es el señalamiento de los mismos. Los resultados en esta etapa aparecen en la pantalla como se ejemplifica en la figura 11. Allí se puede apreciar que un ciclo se señala como una contradicción del usuario, y se anota la necesidad de que dicha contradicción sea resuelta. Asimismo, el programa vuelve automáticamente a la etapa 3, para la reelaboración de la matriz binaria original.

COMENTARIOS FINALES

Es fácil apreciar que la técnica algebraica de análisis de contenido posee una ventaja que no poseen las técnicas con propósitos similares la formalidad matemática para resolver de una manera fija, predeterminada, el problema de la secuenciación. Dicha formalidad permite reducir a un mínimo el trabajo operativo, cuando las operaciones se realizan manualmente, y eliminarlo por completo cuando los datos son procesados automáticamente. De esta forma, la persona o el grupo de personas a cargo de la organización de un curso, un programa, un plan de estudios, etc., pueden disponer del tiempo que perderían batallando con trabajo no directamente relacionado con la discusión y la toma de decisiones. La experiencia con la técnica algebraica permite estimar que reduce al 20 por ciento el trabajo cuando las operaciones se realizan manualmente y hasta un 5 por ciento y aún menos, cuando se cuenta con el programa. Esto es de especial interés en el campo de la educación superior, en el que es frecuente encontrar proyectos de gran diversidad y con muchísimos elementos que organizar adecuadamente.

R E S U L T A D O S

CONTRADICCION:

"NUMEROS REALES" ANTECEDE A "NUMEROS IMAGINARIOS"
A LA VEZ QUE "NUMEROS IMAGINARIOS" ANTECEDE A
"NUMEROS REALES"

ES NECESARIO SOLUCIONAR LAS CONTRADICCIONES DESCRITAS ANTES
DE PODER DETERMINAR LAS RELACIONES DIRECTAS DE SECUENCIA
ENTRE LOS ELEMENTOS

P NUMEROS REALES DEBE SECUENCIARSE ANTES DE NUMEROS
IMAGINARIOS? -
> -

Figura 11. Ejemplo de aparición de resultados en la pantalla de la computadora, cuando las relaciones entre los elementos considerados tienen ciclos.

Para finalizar, conviene agregar que la secuenciación óptima no es una necesidad exclusiva del campo educativo. En realidad constituye un problema lógico que también ha sido abordado como un problema de jerarquización (véase, por ejemplo Warfield, 1973; Gavrilov y Zapozhenko, 1980). Por ello, ni la técnica algebraica ni el problema descrito en este trabajo se encuentran restringidos a la determinación de relaciones directas de secuencia, sino que pueden ser empleados en cualquier caso en que las relaciones entre los elementos tengan un sentido o una dirección. Por eso pueden ser empleados cuando se trabaja con relaciones de implicación, de prioridad, de jerarquía, etc. Lo anterior confiere a la técnica y al programa, una amplia variedad de aplicaciones en el campo educativo.

APENDICE 1

Reglas para Elevar al Cuadrado la Matriz Binaria Original

1. La letra A se utiliza para designar a la matriz binaria original. A^2 , se refiere a la matriz binaria original elevada al cuadrado; es decir, multiplicada por sí misma.
2. Al elevar A al cuadrado, debe contarse con una cuadrícula, o deben haberse trazado unos paréntesis, para anotar la matriz A^2 . A^2 deberá tener la misma cantidad de renglones y de columnas de A .
3. Cada renglón de A debe ser multiplicado por todas y cada una de las columnas de A . Así, el renglón 1 debe ser multiplicado por las columnas 1, 2, 3..., etc. Después debe multiplicarse al renglón 2 por las columnas 1, 2, 3..., etc., y así sucesivamente hasta agotar todos los renglones. En cada caso, debe anotarse el resultado en el lugar correspondiente de la matriz A^2 . Por ejemplo el resultado de la multiplicación del renglón 1 por la columna 1 de A , debe anotarse en el cruce del renglón 1 con la columna 1 de A^2 ; el resultado de la multiplicación del renglón 3 por la columna 4 de A , debe anotarse en el cruce del renglón 3 con la columna 4 de A^2 ; el resultado de la multiplicación del renglón 6 por la columna 5 de A , debe anotarse en el cruce del renglón 6 con la columna 5 de A^2 , etc.
4. La multiplicación de un renglón por una columna, se efectúa de la siguiente manera el primer número del renglón, se multiplica por el primer número de la columna; el segundo número del renglón se multiplica por el segundo número de la columna, y así sucesivamente. Al terminar, los resultados de estas multiplicaciones deben ser sumados, y el resultado obtenido es el producto de la multiplicación del renglón por la columna.

APENDICE 2

Reglas para Efectuar la Sustracción $A - A^2$

1. La Letra D se utiliza para designar a la matriz en la que cada 1 expresa una relación directa entre dos elementos.
2. Al efectuarse la sustracción $A - A^2$, debe contarse con una cuadrícula o con unos paréntesis para anotar dentro la matriz D , que es el resultado de dicha sustracción. D deberá tener la misma cantidad de renglones y de columnas de A o de A^2 .
3. La sustracción $A - A^2$ se efectúa de la siguiente manera a la cantidad que aparece en el renglón 1 y la columna 1 de A , se le resta la cantidad que aparece en el renglón 1 y la columna 1 de A^2 , y el resultado se anota en el renglón 1 y la columna 1 de D^2 ; a la cantidad que aparece en el renglón 1 y la columna 2 de A , se le resta la cantidad que aparece en el renglón 1 y la columna 2 de A^2 , y el resultado se anota en el renglón 1 y la columna 2 de D , y así sucesivamente hasta llenar todos los lugares de la matriz D .

REFERENCIAS

- Anton, H., Introducción al Algebra Lineal. México Trillas, 1980. Castañeda, M., "Métodos de Análisis para la Enseñanza de un Contenido." Tesis profesional. México UNAM, Facultad de Psicología, 1974.
- Cedeño, M. L. y M. A. Ruiz-Primo, "Una Estrategia para Evaluar Habilidades Metodológico-Conceptuales." Tesis profesional. México: UNAM, 1982.
- Cruz, A., El Sistema de Planeación y el Diagnóstico en la Educación Superior. México: ANUIES, 1978.
- D'Hainaut, L., L'Enseignement de Concepts Scientifiques et Techniques a l'aide de Cours Programmés. Tesis doctoral. Bélgica: Universidad Libre de Bruselas, 1971.
- Gagné, R. M., The Conditions of Learning. (2a ed.). Nueva York: Holt, Rinehart and Winston, 1970.
- Gavrilov, G. P. y Zapozhenko, A. A., Problemas de Matemática Discreta. Moscú Mir, 1980.
- Grossman, S. 1., Elementary Linear Algebra. Belmont, California: Wadsworth, 1980. Harary, F., Graph Theory. Reading, Massachusetts: Addison- Wesley, 1969.
- Heredia, B., La Articulación y Estructuración de la Enseñanza. México UNAM, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 1976.
- Huerta, J., Organización Lógica de las Experiencias de Aprendizaje. México: Trillas, 1978.
- Huerta, J. y B. Heredia, "La Articulación y Estructuración de la Enseñanza." Revista de la Educación Superior, 1976, Vol. V, No. 3(19), 11-33.
- Jackson, D. y M. D. González, Introducción a la Teoría de Gráficas en el Campo de la Educación. México: ANUIES, 1979.
- Kleiman, A. y E. K. Kleiman, Matrices: Aplicaciones Matemáticas en Economía y Administración. México Limusa, 1980.
- Máltsev, A. I., Fundamentos de Algebra lineal. Moscú: Mir, 1978.
- Mayeda, W., Graph Theory. Nueva York: Wiley, 1972.
- Morganov, I. B., "L'utilisation des graphes dans l'elaboration de programmés." Enseignement Programmé, 1966, No.1.
- Popham, W. J. y E. L. Baker, Systematic Instruction. Nueva York: Prentice Hall, 1970.

- Posner, G. J. y K. A. Strike, "A categorization scheme for principles of sequencing content." *Review of Educational Research*, 1976, 46(4), 665-690.
- Posner, G. J. y A. N. Rudnitsky, *Course Design*. Nueva York: Longman, 1978.
- Salazar, J., *Modelos Esquemáticos para la Elaboración de Planes de Estudio en la Educación Superior*. México: ANUIES, 1979(a).
- Salazar, J., *Enfoque de Sistemas en la Educación: Teoría de Gráficas*. México Limusa, 1979(b).
- Solano, G., *Aportaciones de la Teoría de Gráficas y del Algebra Lineal a la Programación, el Diseño y la Evaluación en Educación*. México Universidad Pedagógica Nacional, 1980 (Libro inédito).
- Solano, G., "Técnica algebraica para la realización de análisis de contenido." *Enseñanza e Investigación en Psicología*, 1981, Vol. VII, No.2(14), 307-324.
- Tyler, R. W., *Basic Principles of Curriculum and Instruction*. Chicago: University of Chicago Press, 1950.
- Warfield, J. N., "On arranging elements of a hierarchy in graphic form." *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 1973, Vol. SMC-3, No.2 (marzo), 121-132.