III. Varia

UN MODELO DE ANALISIS Y REPRESENTACION DE LA ESTRUCTURA DEL CONTENIDO

Dr. Amador Guarro Pallás

Uno de los problemas críticos, en el desarrollo del currículum, es cómo estructurar un cuerpo de conocimientos de forma que su comunicación al alumno sea lo más eficiente posible, traduciéndose no sólo en el aprendizaje de los conceptos que lo integran, sino también en la asimilación de las relaciones que existen entre ellos.

En la década de los sesenta se manifestó su relevancia al plantear la conveniencia de la integración curricular (Taba, 1962), o al afirmar sus repercusiones sobre el aprendizaje (Smith, 1964), al tiempo que se hacían los primeros intentos, desde la psicología cognitiva incipiente, de dar respuesta a esta demanda (Ausubel, 1963: Bruner, 1966).

Sin embargo, hemos de esperar hasta la década de los setenta para encontrar una investigación sistemática sobre la relación entre la estructura del contenido y la estructura cognitiva del alumno (Waern, 1972; Shavelson, 1972, 1974a, b y c; Biglan, 1973; Geeslin y Shavelson, 1975; Shavelson y Stasz, 1977; Lawson, 1974; Spiro y Tirre, 1980; Preece, 1976; Shavelson, Stasz, Coox y Moore, 1976), algo más para que los resultados de esa investigación se aplicasen a la organización didáctica del contenido (Thro, 1978; Winn, 1980, 1981a, 1981b; Diekhoff, 1982), aunque se hicieran algunos intentos parciales con anterioridad (Sulin y Dooling, 1974; Holliday, 1976), y un poco más para que todo ello quedara integrado en un modelo didáctico comprehensivo (Reigeluth y Stein, 1983).

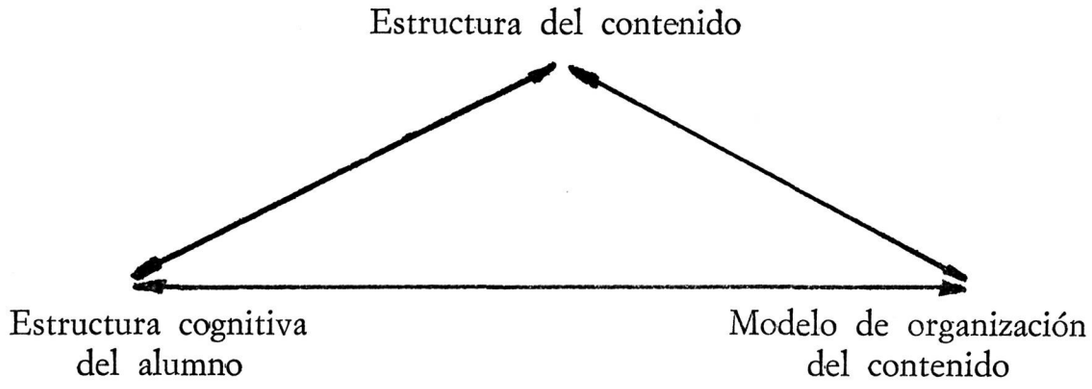
Las reformas de los currícula de ciencias y matemáticas en los EE.UU., produjo, entre otras cosas, una revisión crítica del tipo de aprendizaje que se estaba favoreciendo en los alumnos (un aprendizaje mecánico de hechos y de destrezas en el cálculo), y se inició una tendencia hacia la consecución del aprendizaje de la estructura de las materias (Shavelson, 1974). Cuando se habla de estructura, nos referimos a «...un conjunto de elementos identificables y sus relaciones. La estructura puede ser objetiva y real o subjetiva e interna» (Shavelson, 1972:225). A la estructura real y objetiva se le denomina «estructura del contenido», y a la subjetiva e interna, es decir, la asimilación que hace el alumno de aquélla, «estructura cognitiva».

Comúnmente, se apuntan cuatro razones por las que se considera necesario que el alumno aprenda la estructura del contenido (Shavelson, 1974); 1) para que se produzca una total comprensión de la materia; 2) porque ayuda a solucionar problemas que no son solucionables de otro modo; 3) crea una aptitud para el aprendizaje, y 4) produce una excitación intelectual, lo que motiva intrínsecamente al alumno.

El primer paso en el tratamiento del problema es representar de una forma clara y objetiva tanto la estructura de la materia que se quiere enseñar como su estructura en la memoria del alumno una vez aprendida. Por tanto, es necesario disponer de métodos adecuados para ambas representaciones.

El siguiente paso sería el diseño de las estrategias de enseñanza para que el alumno asimile lo más fácilmente posible la estructura del contenido en su estructura cognitiva.

De todo esto se deduce que los modelos de organización didáctica del contenido, especialmente en el segundo nivel, deben incorporar, por una parte, un método de análisis del contenido que les permita identificar los elementos que lo componen y sus relaciones, de forma que aparezca clara y nítida la estructura de dicho contenido. Por otra parte, deben disponer de los componentes estratégicos adecuados para conseguir que el alumno asimile dicha estructura. Por tanto, las interacciones son múltiples: primero, entre la estructura del contenido (una vez determinada, lo cual no es nada fácil) y el modelo de organización didáctica; después, entre el modelo y la estructura cognitiva del alumno; por último, entre la estructura cognitiva y la estructura del contenido para evaluar la fidelidad de la asimilación:



En este trabajo vamos a presentar un modelo de análisis y representación de la estructura del contenido que creemos puede ayudarnos a resolver la primera exigencia planteada de cara al establecimiento de un modelo de organización didáctica del contenido comprehensivo y con suficiente poder prescriptivo para el diseño de esa variable del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Si hacemos un breve recorrido histórico del problema observamos que los diseñadores de enseñanza, a pesar de reconocer la importancia de la estructura

del contenido, no han desarrollado una investigación especialmente intensiva ni buscado alternativas entre los modelos existentes en este terreno. De hecho, se puede apreciar durante los últimos quince años una insistencia casi obsesiva en la utilización del análisis de tareas basado en la teoría del aprendizaje acumulativo de Gagné (1968b; 1977) que da lugar a un tipo de estructura: las jerarquías de aprendizaje. Este tipo de estructura sólo contempla un tipo de relación, la de prerrequisitos de aprendizaje, que, si bien es importante, también es insuficiente para analizar todas las posibles estructuras que se presentan o pueden presentarse en una asignatura. Tanto es así, que desde el mismo momento en que Gagné publicó su obra comenzaron a aparecer revisiones de la misma (Merrill, 1965; Merrill, Barton y Wood, 1970; Merrill y Gibbons, 1977; Scandura, 1968, 1970, 1977) que demostraban esa insuficiencia, comenzando a perfilarse modelos alternativos.

Sin embargo, la génesis de este proceso es muy interesante y voy a intentar reconstruirla brevemente.

Como resultado de las críticas sufridas por las jerarquías de aprendizaje como único tipo de estructura y, a la vez, único tipo de relación, surge una corriente de investigaciones desde la psicología educativa o de la enseñanza, que apunta al polo opuesto del problema y ofrece como alternativa el uso de redes relacionales que implican la presencia de múltiples, por no decir ilimitadas, relaciones entre los conceptos de una asignatura. Esta línea de investigación se origina con los trabajos de Harary, que dan como resultado la teoría de los grafos dirigidos [«diagraph theory»] (Harary et al., 1965) y su posterior utilización para el análisis del contenido de las asignaturas (Crothers, 1972; Pask, 1974; Shavelson, 1971, 1972, 1974a, b, c, 1979; Shavelson et al., 1976; Shavelson y Stasz, 1977; Geeslin y Shavelson, 1975; Calfee, Filby y Drum, 1974; Frase, 1969; Frederiksen, 1972; Geeslin, 1973, 1974; Kintsch, 1972; Kintsch y Keenan, 1973; Meyer y McConkie, 1973). Este nuevo enfoque tampoco resuelve el problema del diseñador de la enseñanza, aunque desde el punto de vista de una investigación básica sobre las relaciones entre la estructura del contenido y estructura cognitiva haya sido muy útil. Ante la insuficiencia de una sola relación (prerrequisitos) que ofrecían las jerarquías de aprendizaje, se pasa a una red de relaciones poco manejable para el diseñador, y sobre todo de relaciones que no tienen ningún poder prescriptivo para el diseño de enseñanza.

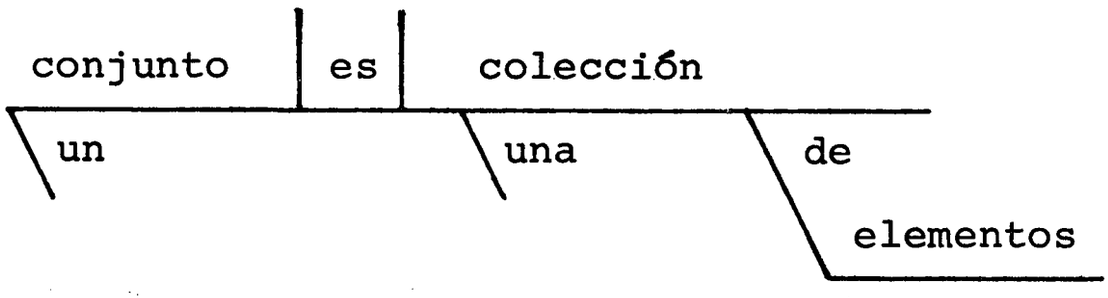
De todos ellos, hemos elegido un enfoque (Shavelson, 1974a) que ilustra esta línea de investigación.

El objetivo del análisis es formar una red (estructura) en la que los nodos son los conceptos clave seleccionados por los expertos en esa asignatura y las líneas las interrelaciones entre dichos conceptos clave que se determinan mediante un análisis sintáctico de las oraciones del material impreso elaborado a tal efecto.

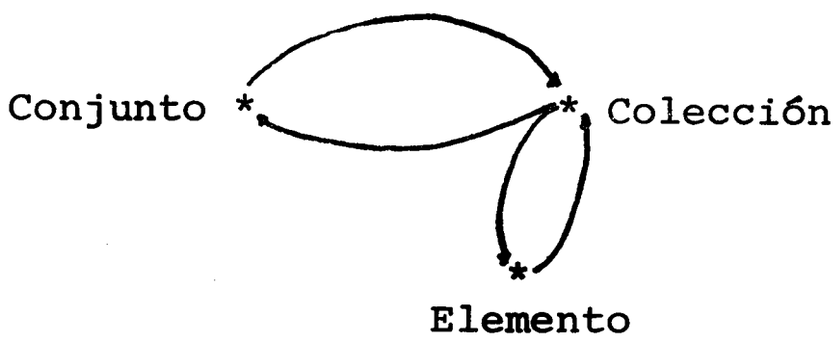
El proceso sería el siguiente:

1. Identificar los conceptos claves. En la investigación que recoge el autor se trataba de enseñar un tema denominado «Sistema Operacional» y los conceptos clave identificados fueron: Propiedad asociativa, Propiedad conmutativa, Operación binaria, Elemento, Finito/infinito, Propiedades fundamentales, Elemento idéntico, Inversos, Par ordenado, Sistema operacional, Redondeo y Conjunto.

2. Si dos o más conceptos clave se hallan en una oración, ésta es diagramada usando el procedimiento descrito por Waminer y Griffiths (1957). Por ejemplo: la sentencia «un conjunto es una colección de elementos» contiene los conceptos clave «elemento» y «conjunto», y fue diagramada así:



3. Usando las reglas de conversión para la transformación de un diagrama de una oración en un «diágrafo» (Geeslin y Shavelson, 1975) se obtiene un «diágrafo» para cada oración. Para el ejemplo mencionado se obtuvo el siguiente «diágrafo»:



La relación que existe entre COLECCION y CONJUNTO es simétrica porque están unidos por un verbo de unión y porque «un verbo de unión no especifica acción y debe 'diagrafarse' como una relación simétrica entre dos puntos» (Shavelson, 1974:113). La relación entre ELEMENTO y COLECCION también es simétrica porque están unidos por una preposición y «si la preposición no especifica dirección, la relación debe 'diagrafarse' simétricamente» (Shavelson, 1974a:113).

4. El «diágrafo» de cada oración, construido según esas reglas, se convierte en una MATRIZ DE DISTANCIAS. Y después, se construye una «SUPERMATRIZ» de DISTANCIAS que incluye todas las relaciones entre los conceptos clave.

En el ejemplo propuesto, el «diágrafo» se convierte así:

— La distancia entre CONJUNTO y COLECCION es 1.

— La distancia entre CONJUNTO y ELEMENTO es 2.

— La distancia entre COLECCION y ELEMENTO es 1.

5. Una vez construida la «supermatriz» se analiza utilizando la técnica del análisis jerárquico de Johnson (1967), que permite obtener una representación gráfica en árbol de la estructura del contenido (Esta operación también puede realizarse mediante un análisis jerárquico de clusters).

Como puede observarse en el paso 3, las relaciones que se establecen entre los conceptos clave son de carácter sintáctico (p.e.: verbos de unión, preposiciones que no marcan dirección, etc.), lo que provoca la aparición de múltiples relaciones que no tienen ningún poder prescriptivo para el diseño de la enseñanza.

Para superar este nuevo problema se inició paralelamente una línea de investigación (Merrill, 1973; Merrill y Wood, 1974; Merrill y Gibbons, 1974; Merrill, 1977), que condujo a la formulación del modelo de análisis del contenido que aquí presentamos como una de las bases prescriptivas para el diseño de la organización didáctica de los contenidos. Dicho modelo, aplicable únicamente a asignaturas altamente estructuradas y, por tanto, pertenecientes a los niveles educativos equivalentes a BUP, FP y COU, Enseñanza Técnica y Superior, prevé que con las relaciones identificadas se pueda analizar más del ochenta por ciento de los contenidos de esas asignaturas.

El modelo de análisis de la estructura del contenido tiene dos componentes: uno que identifica los tópicos aisladamente y sirve para prescribir las estrategias de presentación de la enseñanza; y otro que identifica las estructuras que se originan por las interrelaciones entre esos tópicos y sirve para prescribir las macroestrategias de organización de los contenidos. Veamos cada uno por separado y sus implicaciones mutuas.

Modelo de análisis y representación de contenidos aislados

Retomando un planteamiento que hizo Scandura (1967, 1968, 1970, 1972) —y que posteriormente se ha convertido en el método de análisis estructural algorítmico (Scandura, 1973, 1974a, 1974b, 1976, 1977)—, Merrill (1973, 1977; Merrill y Wood, 1974; Reigeluth, Merrill y Bunderson, 1978; Reigeluth y

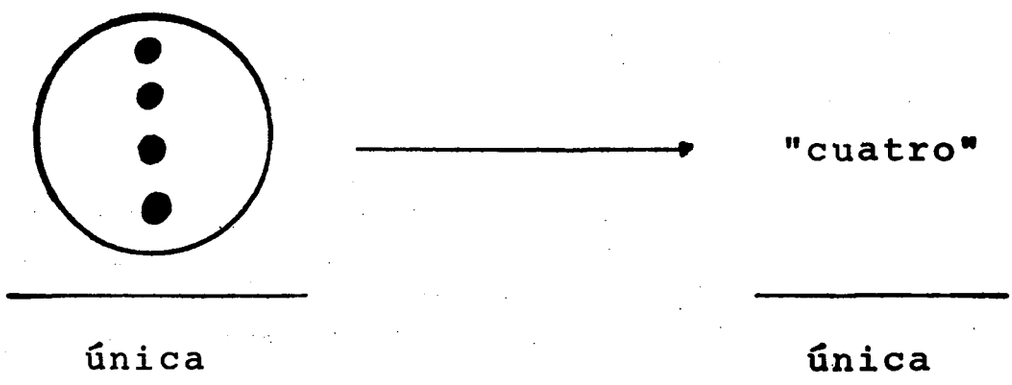
Merrill, 1979), inicia una nueva línea de investigación que desembocará en el modelo de análisis de contenido que identifica los tópicos aislados y los clasifica en cuatro categorías: hechos, conceptos, procedimientos y principios. Pero veamos la génesis de este modelo.

El trabajo de Scandura, en lo que concierne al problema que nos ocupa, comenzó con aspectos hasta cierto punto tangenciales a la construcción de un modelo de análisis del contenido. Su problema era determinar con el mayor rigor posible la unidad básica del aprendizaje significativo, que por aquel entonces (1967, 1968) se debatía entre la asociación E-R, propuesta por los asociacionistas, y la REGLA, alternativa que proponía Scandura.

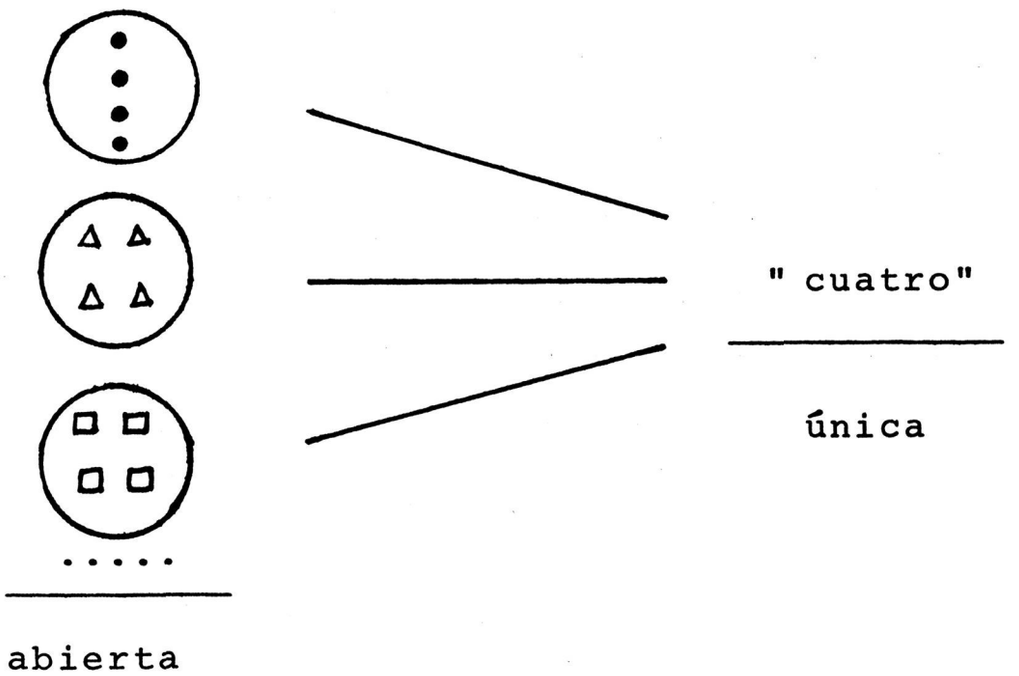
Para explicar el desarrollo de su razonamiento nos propone el siguiente ejemplo: ¿Cuál es la naturaleza del conocimiento subyacente a las siguientes conductas?

1. La capacidad de decir «cuatro» dada una serie particular de cuatro objetos.
2. La capacidad de decir «cuatro» dada una serie cualquiera de cuatro objetos.
3. La capacidad de decir el número de objetos de una serie arbitraria de objetos.

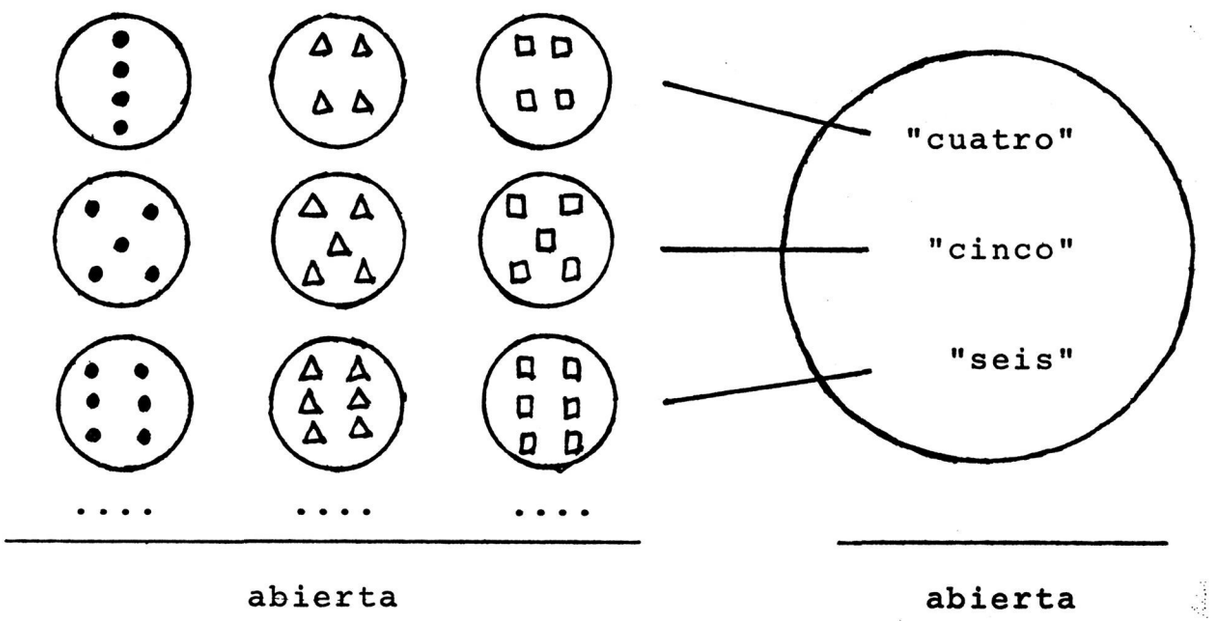
La primera conducta parece ser un claro ejemplo de lo que los neo-asociacionistas llamarían una conexión directa E-R, y no implica una conexión entre un estímulo nominal abierto y una única respuesta abierta, sino entre un estímulo único y una única respuesta:



La segunda conducta implica la capacidad de dar una respuesta común a una clase de estímulos y se clasificaría como CONCEPTO. Implica una conexión entre una serie mucho más inclusiva que la anterior (puede ser infinita) de estímulos nominales y algunas características o atributos comunes a esos estímulos, y una sola respuesta:



La tercera conducta es una regla que implica la capacidad de dar la respuesta apropiada, elegida de entre una clase de respuestas, a cualquier estímulo de una clase de estímulos. Las clases de estímulos y respuestas están compuestas por series de objetos, unos, y «sonidos» equivalentes, otros, que se refieren a cualquier número. Cada clase de «sonidos» sólo puede asociarse a un tipo de serie de objetos:



Como puede comprobarse, la primera conducta supone una aplicación «uno-a-uno» entre el conjunto de los estímulos y el de las respuestas; la segunda conducta supone una aplicación «varios-a-uno»; y la tercera, una aplicación «varios-a-varios» entre el conjunto de los estímulos y el de las respuestas.

Para la formalización del conocimiento, Scandura propone adoptar la REGLA como unidad básica y la asociación y el concepto como casos particulares. El concepto es una regla que tiene una respuesta común. Y la asociación, aún más restringida, constaría de un solo ejemplo y una sola respuesta.

Sin embargo, es muy difícil optar por una opción u otra si no trascendemos el terreno estrictamente conductual. Para avanzar en la solución del problema, Scandura propone el siguiente esquema formal subyacente a las reglas.

Una regla consta de una serie de propiedades de los estímulos (D) que determinan las respuestas, una serie de propiedades de las respuestas (R) y una operación (O) entre ellos, de tal forma que los elementos de la primera serie se asocian con un elemento específico de la segunda. De tal forma que una regla puede caracterizarse como una triple ordenación (D, O, R).

Esta definición es formalmente similar a la de FUNCION, y podría caracterizarse como un trío que consta de dos conjuntos (un D y un R) y una transformación tal entre ellos que cada elemento de la primera es emparejado con un elemento de la segunda. Por tanto, por definición, una regla es una función.

Como quiera que las series (D y R) son infinitas, la parsimonia matemática parece sugerir que la REGLA debe considerarse como la unidad básica. Un concepto sería una función de valor constante y una asociación una función cuyas series características contienen cada una un solo elemento.

A partir de esta formalización de la unidad básica del conocimiento, los componentes («tópicos aislados») de las asignaturas pueden conceptualizarse como un CONSTRUCTO, característico de todos los componentes cognitivos de las asignaturas e independiente de ellas.

Un constructo consta de (Merrill, 1973; Merill y Wood, 1974; Reigeluth, Merrill, Bunderson, 1978):

a) un DOMINIO, compuesto por uno o más ejemplos (referentes) de uno o más conceptos (conjuntos de referentes), que en lo sucesivo denominaremos «conceptos de dominio».

b) un RANGO, compuesto también por uno o más ejemplos de uno o más conceptos, y que en lo sucesivo denominaremos «conceptos de rango».

c) una OPERACION, que describe una forma particular de «mapeo» o aplicación entre los conceptos de dominio y los de rango.

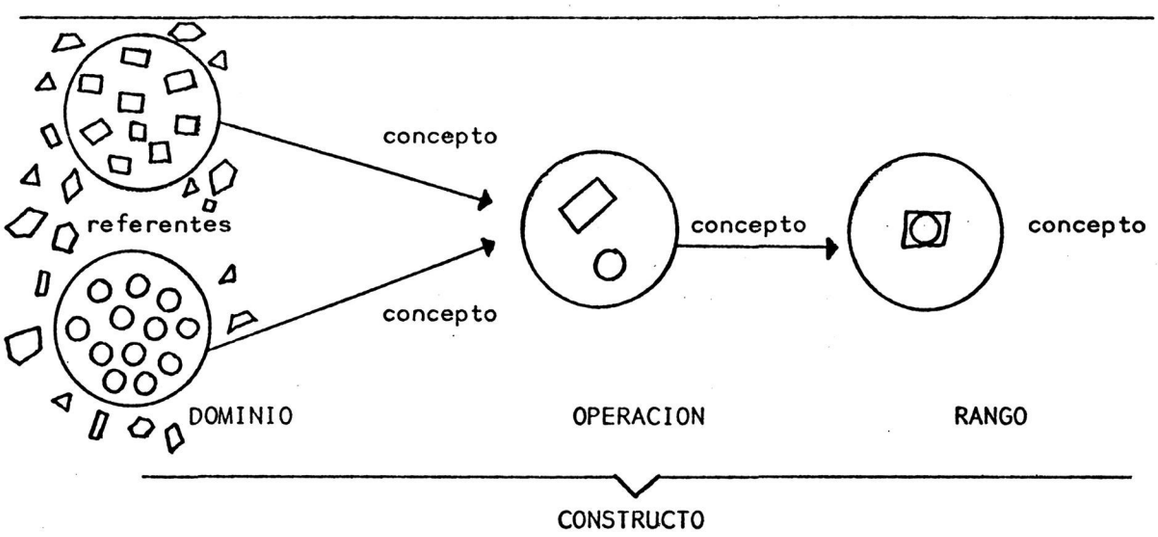
La asignación de uno o más conceptos como «conceptos de dominio» o «conceptos de rango» es arbitraria. Es decir, en un constructo un concepto puede estar incluido entre los de dominio y en otro entre los de rango. Por tanto, el criterio básico para diferenciarlos será la operación. Sobre los conceptos que se aplica se denominarán dominio y el resultado de la aplicación, se llamará rango.

Por ejemplo, en el enunciado «Los peces, mamíferos, aves y reptiles son tipos de animales», PECES, MAMIFEROS, AVES y REPTILES son conceptos de dominio. Y ANIMALES es un concepto de rango.

Sin embargo, en el enunciado «Los animales y las plantas son los dos únicos tipos de seres vivos», ANIMALES y PLANTAS son conceptos de dominio y SERES VIVOS es un concepto de rango.

La siguiente representación aclarará mejor esta construcción y la naturaleza de sus componentes:

FIGURA 1



Definiciones:

Referente (*ejemplo*): un referente (o ejemplo) es un objeto, acontecimiento o símbolo que existe, o podría existir, en nuestro medio ambiente real o imaginario.

Concepto: un concepto es una serie de características (atributos) comunes referenciadas por un nombre o etiqueta particular que puede ser aplicada a una serie de referentes (ejemplos de ese concepto).

Operación: una operación es una serie de funciones o una serie de operadores que especifican una especial organización entre un dominio y un rango.

Dominio: un dominio es una serie de referentes sobre los que la operación actúa o se aplica.

Rango: un rango es una serie de referentes que resultan de la aplicación de una operación a un dominio.

Constructo: un constructo es una construcción que consiste en un dominio, una operación y un rango.

Los componentes de un constructo de contenido (Reigeluth, Merrill y Bunderson, 1978: 118).

TIPOS DE CONSTRUCTOS DE CONTENIDO

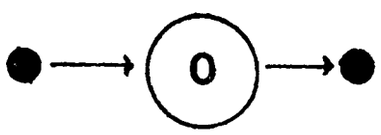
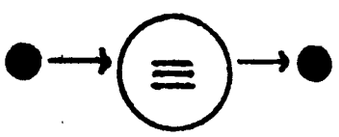
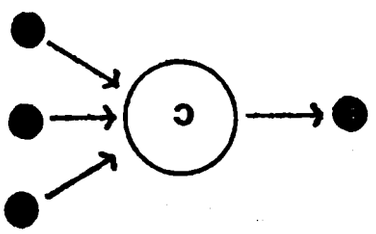
Parece claro que el criterio básico para la clasificación de los distintos constructos será el tipo de operación que relacione los conceptos de dominio con los de rango.

A tal efecto se considerarán tres tipos fundamentales de operaciones: 1) relacionales; 2) descriptivas; y 3) productivas (Merrill, 1973).

Las operaciones relacionales (también denominadas de «identidad») son aquéllas que establecen una aplicación «uno-a-uno» entre un ejemplo de un concepto de dominio y un ejemplo de un concepto de rango. Equivaldría a la primera conducta presentada por Scandura y podría explicarse como una asociación E-R. Los constructos que se caracterizan por una operación relacional se denominan HECHOS.

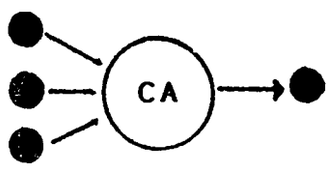
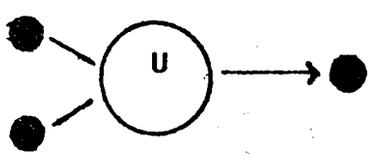
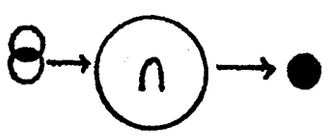
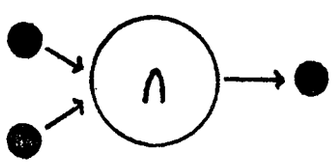
Pueden considerarse los siguientes tipos más importantes de operaciones relacionales:

FIGURA 2

Nombre	*Descripción*	*Ejemplo*
1. Orden	Ordenación entre dos conceptos sobre dimensiones de tiempo, espacio, tamaño, etc. 	Dominio: Primavera Rango: Verano Dominio: Océano Pacífico Rango: Océano Atlántico Dominio: Africa Rango: Europa
2. Identidad	Dos conceptos son sinónimos. Bidireccional. 	Dominio: = Rango: significa igual Dominio: molécula Rango:
3. Inclusión	Una serie de conceptos (dominio) se incluyen como elementos de uno más general (rango). 	Dominio: perros, vacas, hombre... Rango: mamíferos

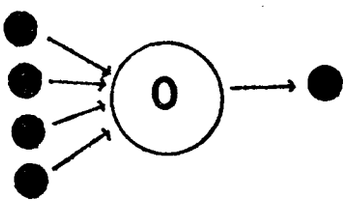
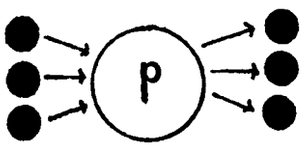
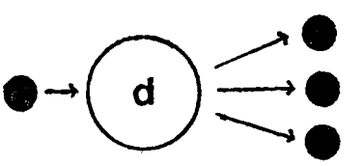
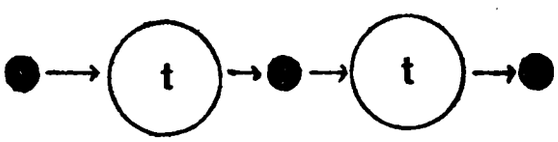
Las operaciones descriptivas son aquellas que establecen una aplicación de «muchos a uno» entre el conjunto de los conceptos del dominio y el conjunto de los conceptos de rango. O lo que es lo mismo, se selecciona un caso particular de los conceptos de rango a través de una combinación lógica de dos o más casos de los conceptos de dominio. Los más importantes son:

FIGURA 3

Nombre	*Descripción*	*Ejemplo*
1. Características o Atributos	La pertenencia de un miembro a una clase de concepto dada (rango) está determinada por una serie de atributos críticos o características (dominio). 	Dominio: una sílaba acentuada, seguida de otra no acentuada Rango: troqueo
2. Unión	Un concepto dado (rango) está formado por la presencia de dos o más componentes. 	Dominio: Sujeto y Predicado Rango: Oración Dominio: 12 átomos de Carbono; 12 átomos de Hidrógeno; 11 átomos de Oxígeno Rango: molécula de azúcar
3. Intersección o Limitación	La intersección de dos o más características o atributos (dominio) restringen a un concepto dado (rango).  	Dominio: estrofa; cuatro versos; endecasílabos; que riman ABAB Rango: Serventesio.

Las operaciones productivas son aquellas que establecen una aplicación «muchos a muchos» entre conceptos de dominio y conceptos de rango. Pueden ser de varios tipos:

FIGURA 4

Nombre	*Descripción*	*Ejemplo*
1. Orden (de actuación)	Especificación de una serie de acciones concretas (dominio) para ejecutar alguna conducta claramente definida (rango) 	Dominio: 1. Seleccionar la apertura deseada del diafragma 2. Posición «AUTO» 3. Dial del selector en posición «ON» 4. Comprobar la velocidad de disparo en el interior del visor Rango: ajuste automático de la apertura de una cámara (OM 10)
2. Producción	Una serie dada de conceptos (dominio) son combinados para producir otra serie de conceptos (rango) 	Dominio: distancia (d) masa (m) tiempo (t) Operación: leyes del movimiento Rango: velocidad aceleración fuerza
3. Descomposición	Un concepto dado (dominio) es descompuesto en una serie de conceptos (rango) 	Dominio: agua Operación: electrólisis Rango: hidrógeno y oxígeno
4. Transformación	Un concepto dado (dominio) es transformado en otros conceptos (rango, dominio) que se transforman en otro concepto, etc. 	Dominio: Profase Operación: Mitosis Rango Dominio: Metafase Operación: Mitosis Rango: Dominio: Anafase Operación: Mitosis Rango: Telofase

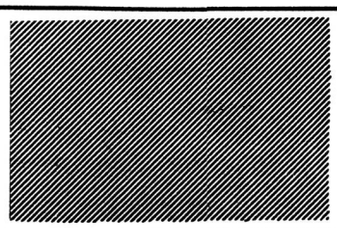
Sin embargo, parece que, aunque necesario, no es suficiente en todos los casos el criterio de la operación para determinar inequívocamente el tipo de constructo. Así se añade (Reigeluth, Merrill y Bunderson, 1978) el del tipo de conocimiento.

En la línea de razonamiento propuesta por algunos psicólogos cognitivistas, parece útil la distinción entre conocimiento «significativo» y «computacional» (calculational) (Greeno, 1973; Mayer, 1975); o conocimiento «proposicional» y «algorítmico» (Scandura, 1974); o conocimiento «significativo» y «mecánico» (Reigeluth, Merrill y Bunderson, 1978). No obstante, esa distinción no coincide con la de Ausubel (1963, 1968) entre aprendizaje mecánico y significativo. Primero, porque Ausubel habla de tipos de aprendizaje y aquí se trata de tipos de contenidos. Pero esta razón no es suficiente porque Ausubel también habla en alguna ocasión de contenido significativo y mecánico, en los siguientes términos: para que se produzca un aprendizaje significativo se deben dar dos condiciones: 1) el contenido debe ser potencialmente significativo, y 2) el alumno debe emplear un tipo de aprendizaje significativo (así, incluso el material potencialmente significativo puede aprenderse mecánicamente si el alumno no utiliza un tipo de aprendizaje significativo). Merrill (Merrill y Boutwell, 1973; Merrill y Wood, 1974) ha hecho una distinción similar al establecer los niveles de la tarea: nivel de recuerdo y nivel de uso. En el primer caso, se produciría un aprendizaje mecánico; en el segundo, significativo. Por tanto, la distinción de Ausubel es la de un tipo de contenido no significativo (vs. un contenido potencialmente significativo), es decir, los constructos que se caracterizan por operaciones relacionales (vs. los demás tipos de constructos).

La distinción que se propone es la de constructos que pueden ser aprendidos mecánicamente en el nivel de uso (vs. constructos que no pueden ser aprendidos más que significativamente), es decir, aquéllos que se caracterizan por la operación descriptiva de inclusión y la operación productiva de orden (vs. los demás constructos que participan de esos dos tipos de operaciones). Por ejemplo: un alumno puede aprender el mecanismo para el cálculo de la suma, pero no comprender el significado de la suma. El primer tipo de contenido es un procedimiento, el segundo una regla o principio.

Según todo ello, los constructos se pueden clasificar a partir de una matriz que tiene en un eje los dos tipos de contenido, y en el otro las tres operaciones que caracterizan los constructos:

FIGURA 5

	Relacionales	Descriptivas	Productivas
Significativo		«Características o Atributos» «Unión» «Intersección» (Conceptos)	«Producción» «Descomposición» «Transformación» (Principios)
Mecánico	«Orden» «Identidad» (Hechos)	«Inclusión» (Clasificaciones)	«Orden» (Procedimientos)

Tipos de contenidos y operaciones que caracterizan los constructos

Y surgen cuatro tipos de constructos con poder prescriptivo para el diseño de la enseñanza: hechos, conceptos, procedimientos y principios (las «clasificaciones» [subsets] no se incluyen porque a efectos de diseño de enseñanza no tienen poder prescriptivo y se enseñan como hechos).

Tipos de estructuras de contenido

Si observamos cualquier proyecto curricular, nos damos cuenta en seguida de que los contenidos no se presentan de forma aislada, aunque en alguna fase de la enseñanza se consideren separadamente, sino relacionados entre sí. Sin embargo, el tipo de relación establecida no siempre está de acuerdo con los principios que rigen el aprendizaje del alumno. Así, la mayor parte de los contenidos se presentan al alumno débilmente relacionados (listas de constructos) o con múltiples relaciones simultáneas que interfieren su comprensión por el alumno.

El modelo de análisis y representación del contenido que aquí presentamos dispone de un segundo componente que identifica las estructuras de contenido según el tipo de relación que prevalezca entre sus contructos.

La caracterización de las estructuras se realiza en función de dos atributos fundamentales:

1. Las estructuras son un conjunto de constructos relacionados entre sí por un tipo de relación.
2. La relación que caracteriza una estructura es única y alcanza a todos los constructos de la estructura, precediéndolos y sucediéndolos.

Así como los constructos se caracterizaban por el tipo de operación que relacionaba los conceptos de dominio con los de rango, las estructuras se caracterizarán por el tipo de relación que abarca todos sus constructos.

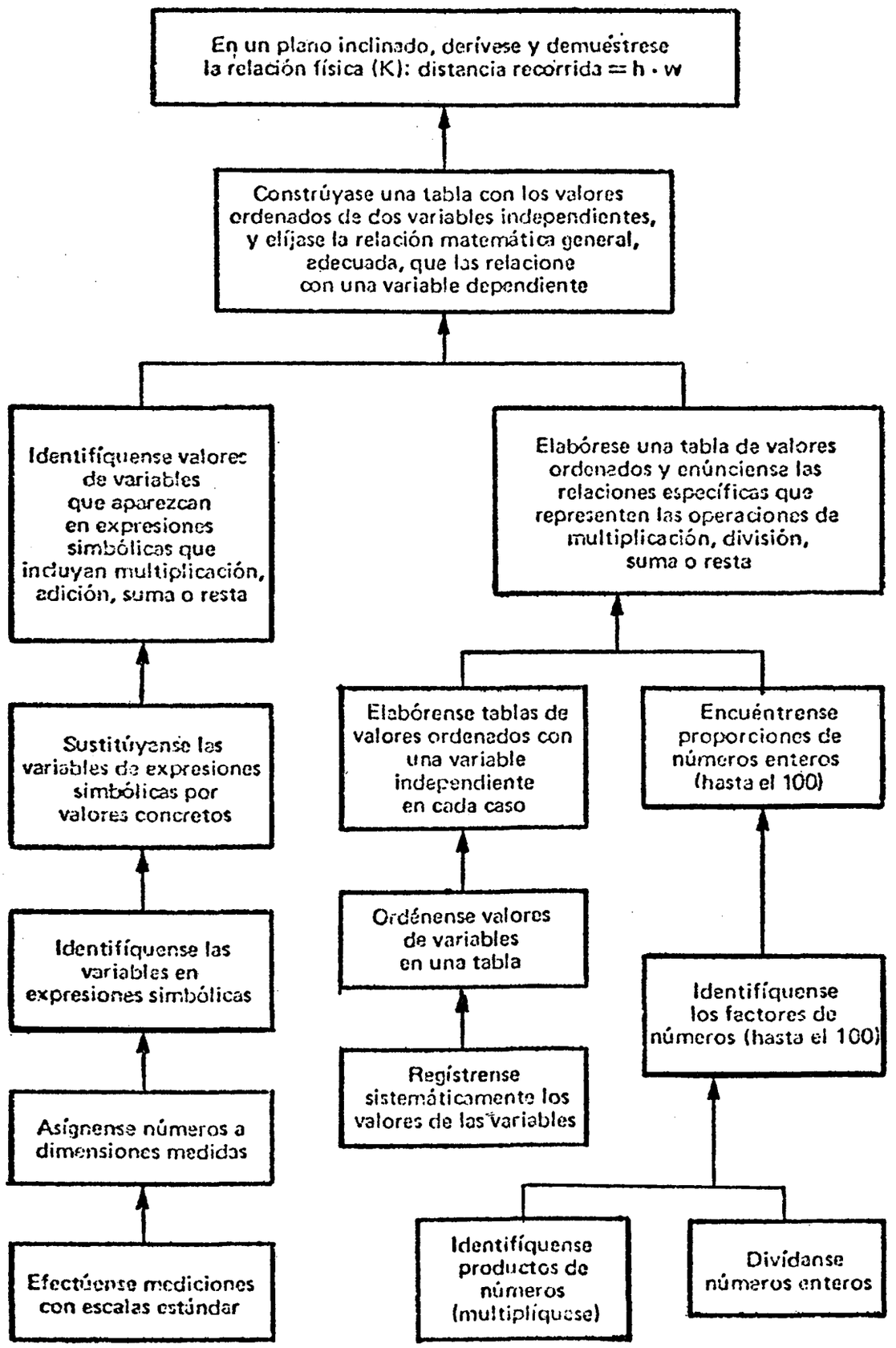
Pero para que una estructura sea considerada como tal, sólo debe poseer un tipo de relación entre sus constructos, de modo que una vez comprendida por el alumno pueda aplicarla a toda la estructura, lo cual le ayudará a aprender significativamente el contenido de la misma. Ya apuntábamos más arriba que sólo puede hablarse de aprendizaje significativo del contenido cuando: 1) el nuevo contenido se relaciona significativamente con lo que el alumno ya conoce (Ausubel, 1963; 1968); y 2) cuando el nuevo contenido se presenta convenientemente estructurado, es decir, haciendo patentes al alumno la(s) relacion(es) existente(s) entre los nuevos constructos. No basta con que el alumno sepa lo que es el corazón, si no sabe que forma parte del sistema circulatorio y que éste a su vez es una parte del cuerpo humano.

Por tanto, establecemos la clasificación de los distintos tipos de estructuras presentes en las asignaturas en función de las diferentes clases de relaciones que las caracterizan y que son: 1) relaciones de prerrequisitos de aprendizaje; 2) relaciones de sub/co/superordenación; 3) relaciones «procesales»; 4) relaciones causales.

Estructuras de aprendizaje

Las estructuras de aprendizaje, o jerarquías de aprendizaje, se caracterizan porque muestran relaciones de prerrequisitos de aprendizaje entre sus componentes. Son el resultado de un análisis de tareas jerárquico y, por lo tanto, no puede hablarse de estructura de contenido, sino más bien de estructuras de aprendizaje, porque sus componentes no son constructos sino tipos de habilidades intelectuales. Sin embargo, dado el amplio uso e investigación que validan y apoyan su utilización en el diseño de la enseñanza, no podemos dejar de considerarlas matizando su campo de aplicación y limitaciones.

FIGURA 6
Variables de un plano inclinado



Jerarquía de aprendizaje para un problema relativo a la ciencia. (Tomada de Wiegand, V. K., 1970.)

Estructuras conceptuales o taxonómicas

En algunas áreas curriculares (p.e.: ciencias —biología, física, química—) la estructura más común es la que muestra relaciones de subordenación/coordenación/superordenación entre sus conceptos (decimos conceptos y no constructos porque este tipo de estructuras sólo relaciona conceptos y ningún otro tipo de constructos).

Se dice que un concepto está sub-ordenado respecto a otro cuando es menos inclusivo y «pertenece» a dicho concepto. Por ejemplo: «sistema circulatorio» está sub-ordenado respecto a «cuerpo humano» porque es un componente de él y por tanto posee un grado de inclusividad menor.

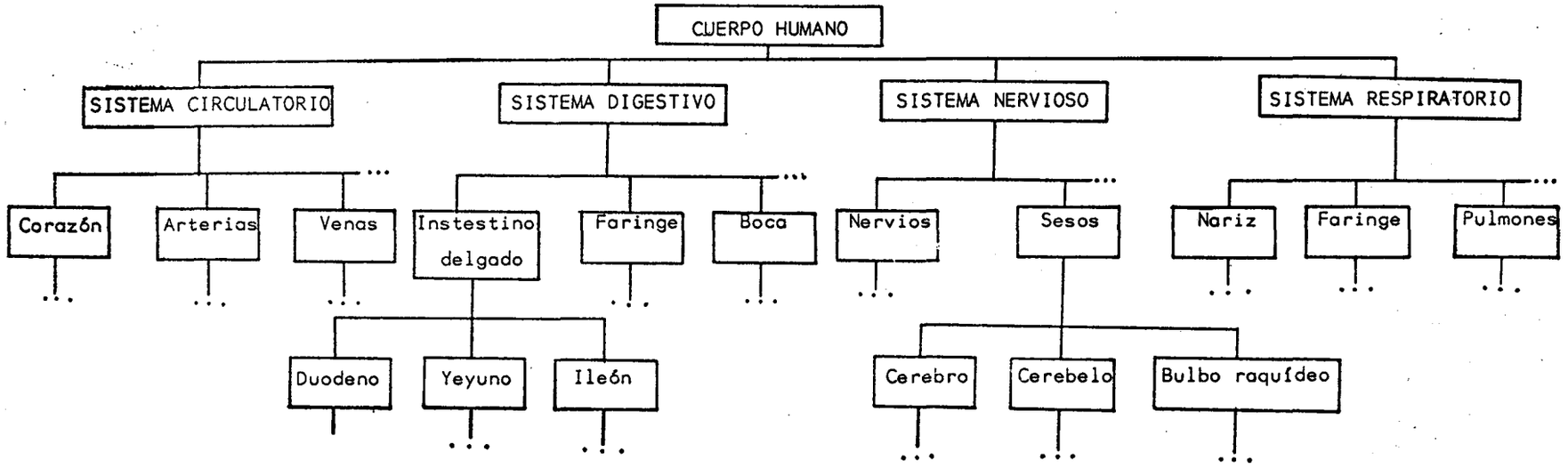
Un concepto está co-ordenado respecto a otro cuando es igualmente inclusivo a él y ambos «pertenecen» a uno tercero. Por ejemplo, «sistema circulatorio» y «sistema digestivo» están co-ordenados porque ambos son componentes del «cuerpo humano» y ambos son «sistemas», luego poseen el mismo grado de inclusividad.

Un concepto está super-ordenado respecto a otro cuando es más inclusivo que él y lo contiene. Por ejemplo: «cuerpo humano» es más inclusivo que «sistema circulatorio» porque lo incluye.

Sin embargo, esta relación de pertenencia y/o inclusividad puede interpretarse de dos formas: 1) ser parte de...; y 2) ser clase de...

En el primer caso, cada concepto de la estructura es una parte del concepto que tiene directamente encima. Este tipo de estructuras se denominan TAXONOMIAS DE PARTES (Fig. 7).

FIGURA 7



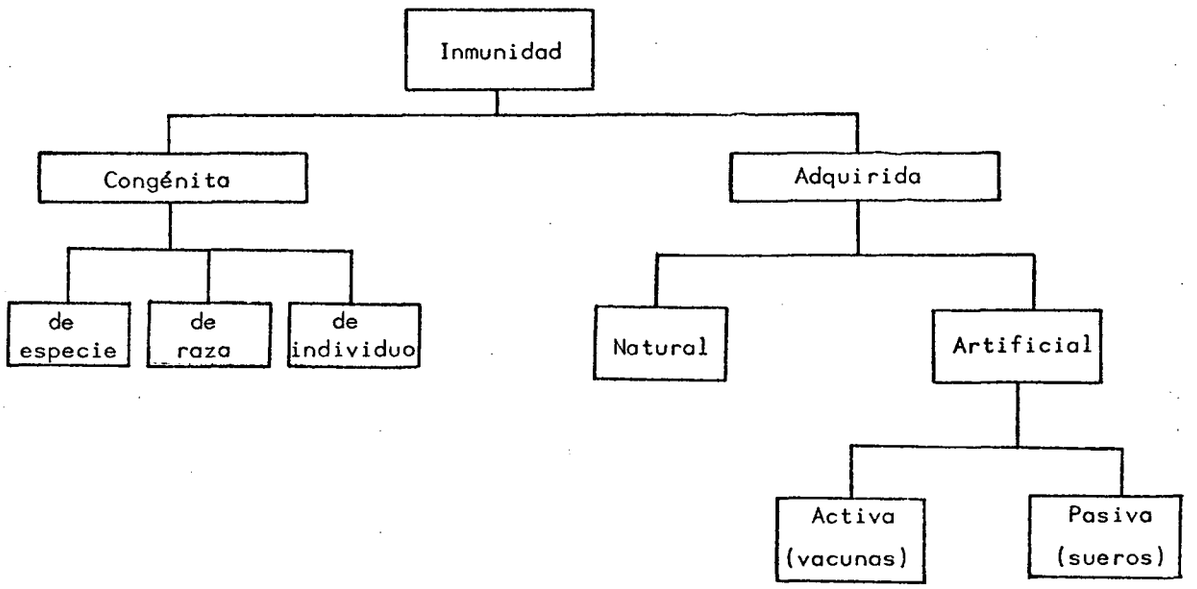
Ejemplo de una porción de TAXONOMIA de PARTES

* Clave: La línea entre dos cuadros de diferentes niveles significa que el recuadro inferior es un componente del superior.

Así, el concepto «intestino delgado» estaría co-ordenado con la faringe, la boca... y todas las demás partes de los sistemas que están en su nivel. Pero también está sub-ordenado con el sistema digestivo que, a su vez, lo está con el cuerpo humano, porque es una parte de él. Y por último, está super-ordenado con el duodeno», «yeyuno» e «íleon» porque son partes del mismo.

En el segundo caso, cada concepto de la estructura es una variedad, clase o tipo del que tiene encima. Este tipo de estructuras se denominan TAXONOMIAS DE CLASES (Fig. 8).

FIGURA 8



Ejemplo de TAXONOMIA DE CLASES

* Clave: La línea entre dos cuadros de diferentes niveles significa que el recuadro inferior es una variedad del recuadro superior.

Así, el concepto «congénita» está co-ordenado con el de «adquirida» porque ambos son clases de inmunidades. Pero está sub-ordenado con el de «inmunidad» porque es una clase de ella. Y por último, está super-ordenado respecto a «de especie», «de raza» y «de individuo», porque son clases de inmunidades congénitas.

Por último, vamos a considerar una extensión útil de las estructuras taxonómicas. Se trata de las Matrices, que se caracterizan porque muestran relaciones de «comunalidad» entre sus constructos. Una matriz es un cruce entre dos taxonomías y pueden ser: 1) matrices de clases por clases; y 2) matrices de partes por clases, según los tipos de taxonomías cruzadas.

La figura 9 muestra un ejemplo de matriz de clases por clases y es el producto del cruce parcial de dos taxonomías de clases: a) clases de animales, según su alimentación (herbívoros, carnívoros y omnívoros); y b) clases de animales según su especie (reptiles, mamíferos, aves, peces e insectos). En cada casilla aparece un ejemplar del cruce entre el tipo de animal por su alimentación y por su especie. Así, un tiburón es un pez carnívoro.

FIGURA 9

	Reptiles	*Mamíferos*	*Pájaros*	*Peces*	*Insectos*
Hervíboros	Tortugas	Vacas	Canarios	Barbos	Hormigas
Carnívoros	Serpientes	Leones	Buitres	Tiburones	Chinches
Omnívoros	Lagartos	Perros	Petirrojos	Carpas	Escarabajo

Ejemplo de ESTRUCTURA DE MATRIZ

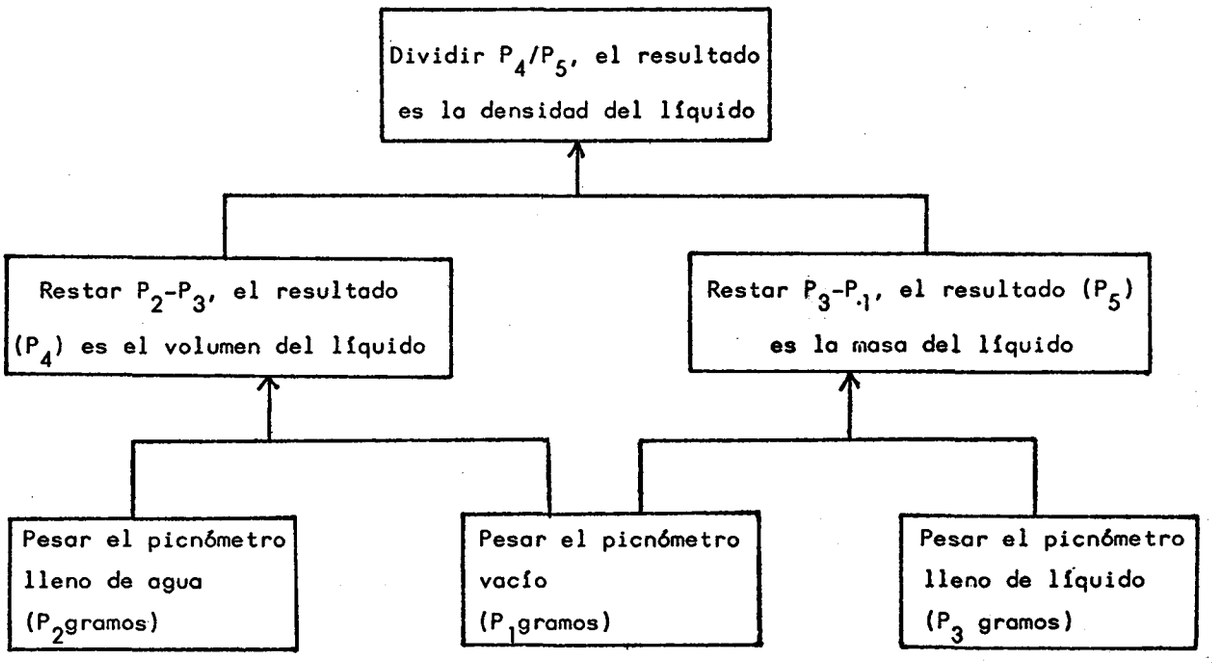
* Clave: Cada recuadro es un tipo tanto de la fila como de la columna.

Estructuras procesales

Otro tipo importante de estructuras de contenido por su usualidad son las estructuras «procesales» que muestran relaciones procesales entre sus componentes (P. Merrill, 1976; Gropper, 1974). Sin embargo, pueden distinguirse dos tipos de relaciones procesales que dan lugar a otras tantas clases de estructuras:

1) Relaciones de prerrequisitos procesales, es decir, la relación que existe entre los distintos pasos que se deben realizar para ejecutar un único y determinado procedimiento. También se denominan jerarquías procesales y la sentencia que se utiliza para su derivación es: «el alumno (que ejecuta el procedimiento) debe hacer el paso 1 para poder hacer el paso 2», y así sucesivamente hasta ejecutar el procedimiento completo.

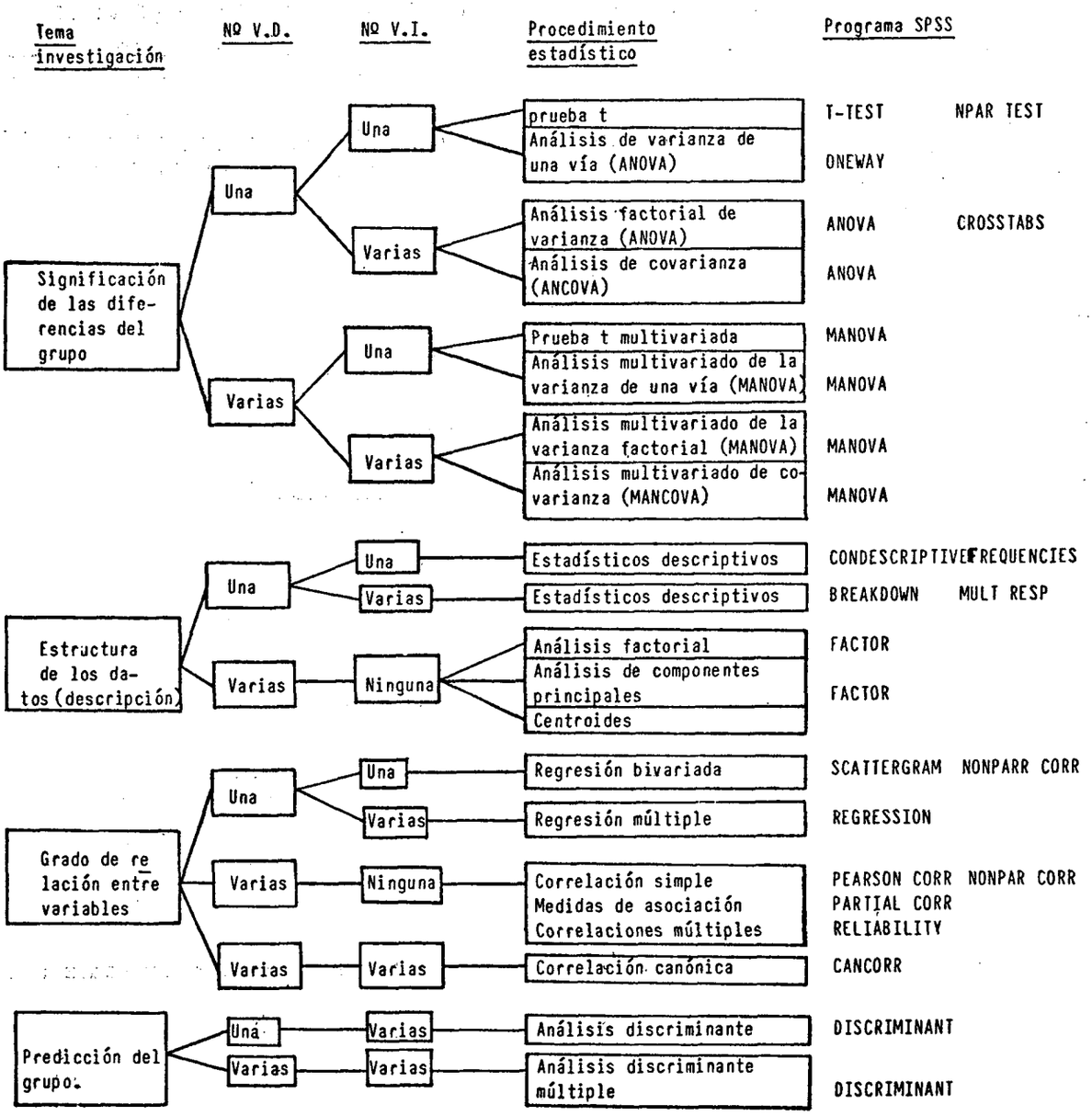
Este tipo de relaciones dan lugar a las *Estructuras procesales de prerrequisitos procesales* (figura 10).



Estructura procesal que muestra relaciones de prerrequisitos procesales entre sus construstos.

2) Relaciones de decisión «procesal», que muestran las relaciones existentes entre distintos procedimientos alternativos. Se caracterizan por describir los criterios necesarios para elegir el procedimiento adecuado en cada situación. Esos criterios explican las condiciones en las que debe utilizarse un determinado procedimiento frente a otros similares.

Este tipo de relaciones dan lugar a las *Estructuras procesales de decisión procesal* (figura 11).



ESTRUCTURA PROCESAL que muestra relaciones de DECISION PROCESAL (*)

(*) Elaborada por el Dr. Juan Camacho Rosales.

ESTRUCTURAS TEÓRICAS

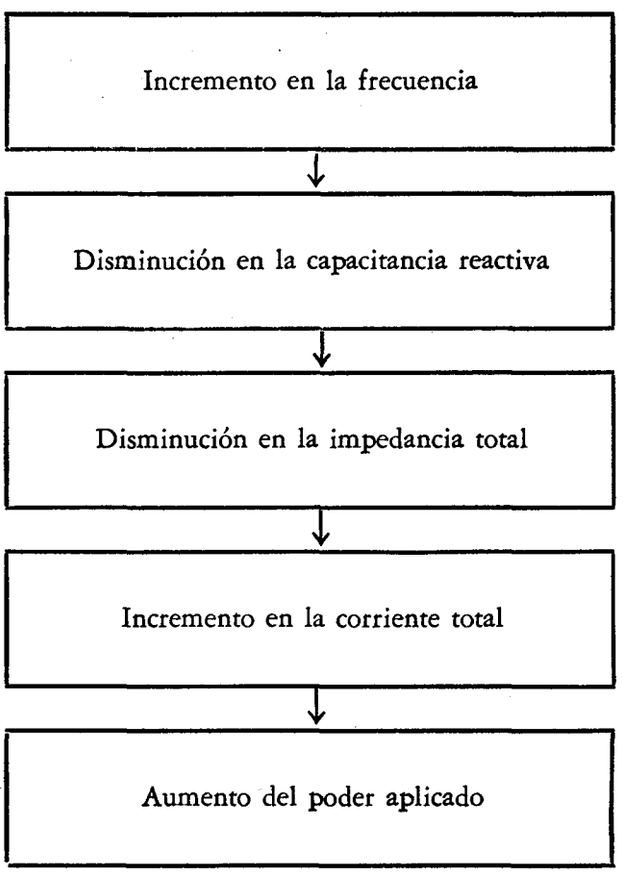
Las estructuras teóricas se caracterizan por mostrar cadenas de relaciones de cambio entre conceptos, es decir, cadenas de principios. Como ya sabemos, un principio aislado se caracteriza por un tipo de operación de cambio que relaciona los conceptos de dominio con los de rango. Cuando estos principios no se presentan aisladamente, sino relacionados entre sí a través de una única relación de cambio, se configura una *Estructura teórica.* Por tanto, el tipo exclusivo de constructos que puede contener una estructura teórica son los principios.

Sin embargo, pueden distinguirse dos tipos de relaciones de cambio:

1) Relaciones de cambio *empíricas,* las más usuales, que pueden ser de tres tipos: causa-efecto, correlación y probabilidad (Klausmeier, 1977).

Esta clase de relaciones dan lugar a las denominadas *Estructuras teórico-empíricas* (figura 12).

FIGURA 12



Ejemplo de una ESTRUCTURA TEORICA-EMPIRICA

* Clave: La flecha entre dos recuadros significa que el cambio en un recuadro produce el cambio en el otro recuadro.

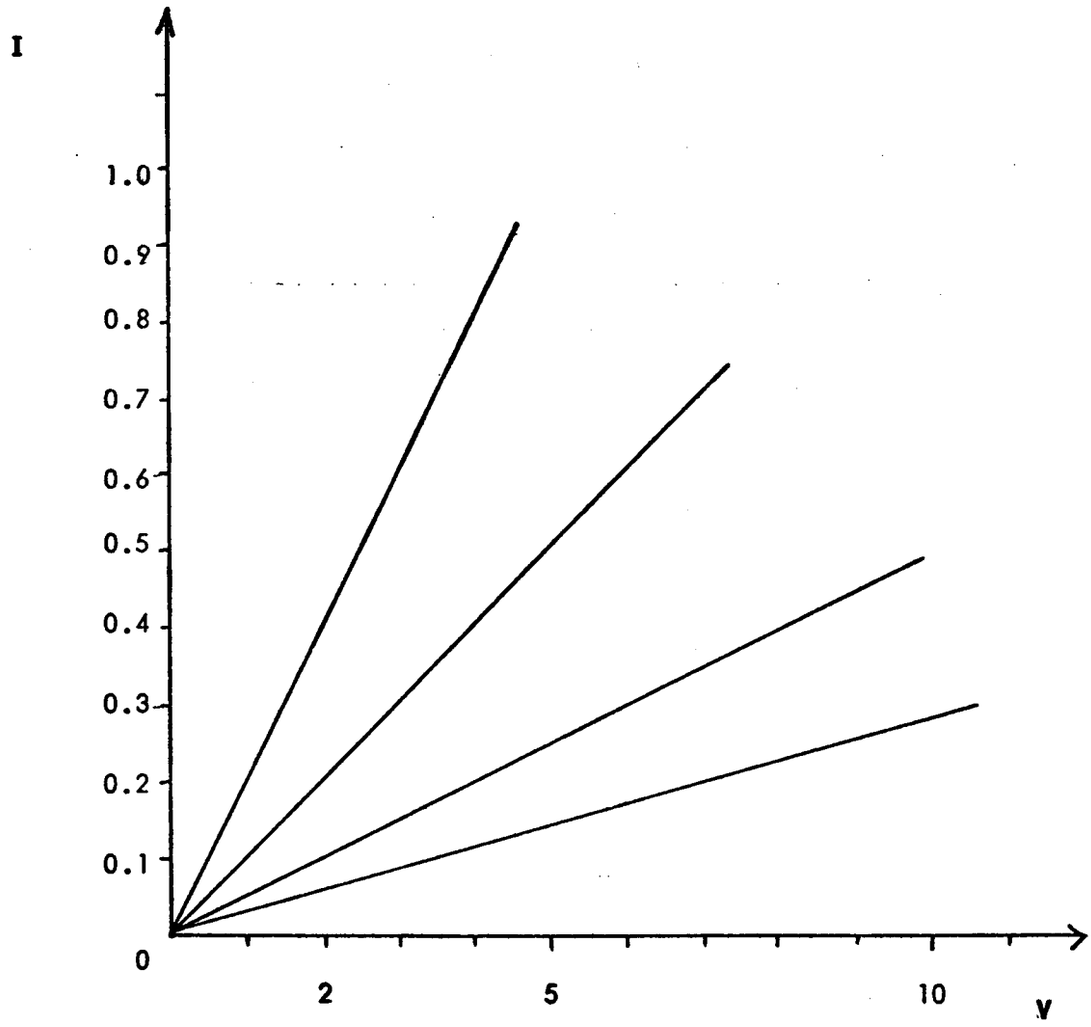
2) Relaciones de cambio *lógicas,* o axiomáticas, que son una representación isomórfica formalizada, matemática o, lógicamente, de las estructuras empíricas.

Esta clase de relaciones dan lugar a las *Estructuras teórico-lógicas* (figura 13).

FIGURA 13

$$R = \frac{V}{I}$$

* Clave: Los símbolos matemáticos muestran las relaciones teórico-lógicas entre resistencia (R), fuerza electromotriz (V) y corriente (I) en un circuito simple de series y corriente continua. Los valores determinados empíricamente pueden variar un poco respecto a los valores calculados lógicamente.



Ejemplo de dos posibles representaciones de una ESTRUCTURA TEORICA-LOGICA.

* Clave: Las líneas del gráfico muestran las relaciones entre los cambios en V e I para valores dados de R.

Listas

Por último, habría que señalar la existencia de un tipo de «cuasiestructura» que denominaremos *Listas,* porque si bien presentan los constructos relacionados entre sí, el tipo de relación que presentan no está de acuerdo con nuestra concepción. Sería el equivalente, en el terreno de las constructos, a los hechos, es decir, el grado mínimo de relación. Puede considerarse un tipo de relación lineal (de orden) entre sus constructos atendiendo a criterios arbitrarios como tamaño, lugar, tiempo, etc., por lo tanto, no se establece una verdadera relación entre constructos sino entre los atributos más relevantes de sus componentes.

En realidad, se incluye este tipo de «cuasiestructura» porque son muy utilizadas (aunque no se conoce su verdadera utilidad) en la enseñanza.

Un ejemplo podría ser la lista de los ríos de Europa ordenados según la vertiente de sus desembocaduras: Oder, Elba, Rhin, Sena, Loira, Garona, Ródano, Ebro, Tajo, Po, Danubio, Diniester, Dinieper, Don, Volga y Ural.

Resumen de las estructuras de contenido

El contenido no presenta, o no debe presentar, sus constructos de forma aislada, sino relacionados entre sí. Cuando esto ocurre y la relación afecta a todos los constructos relacionados, se dice que forman estructuras.

Por tanto, una estructura se caracteriza por presentar un conjunto de constructos relacionados entre sí a través de una única relación que los incluya a todos con igual criterio.

Hay cuatro tipos importantes de relaciones para el diseño de la enseñanza que dan lugar a otras tantas estructuras:

Tipo de relación	Tipo de estructura
1. Prerrequisitos de aprendizaje	Aprendizaje
2. Sub-ordenación/ Co-ordenación/ Super-ordenación	Conceptuales o Taxonómicas
3. «Procesal»	«Procesales»
4. Cambio	Teóricas
5. Lineales	Listas

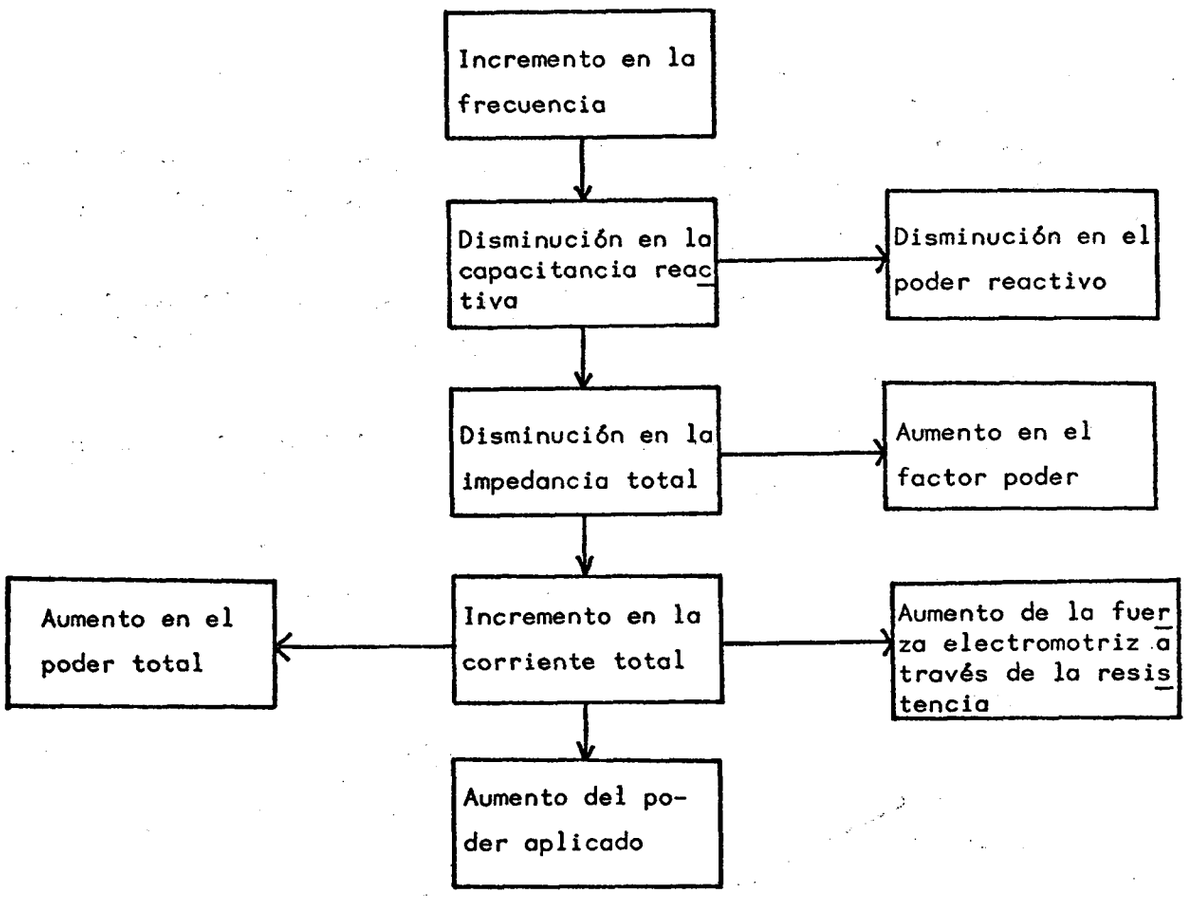
MULTIESTRUCTURAS

Como última y más elaborada posibilidad de estructuración de los contenidos se presentan las multiestructuras. Del mismo modo que los constructos no se presentan aislados en una asignatura, sino relacionados en estructuras, las estructuras tampoco aparecen independientemente. Cuando las estructuras se presentan relacionadas entre sí podemos hablar de multiestructuras.

Sin embargo, las estructuras pueden relacionarse básicamente de dos formas que dan lugar a otros tantos tipos de multiestructuras: 1) anidadas, y 2) en paralelo.

1) Las multiestructuras *anidadas* se caracterizan porque tienen algún constructo en común (figura 14).

FIGURA 14



Ejemplo de una MULTIESTRUCTURA TEORICO-EMPIRICA ANIDADA

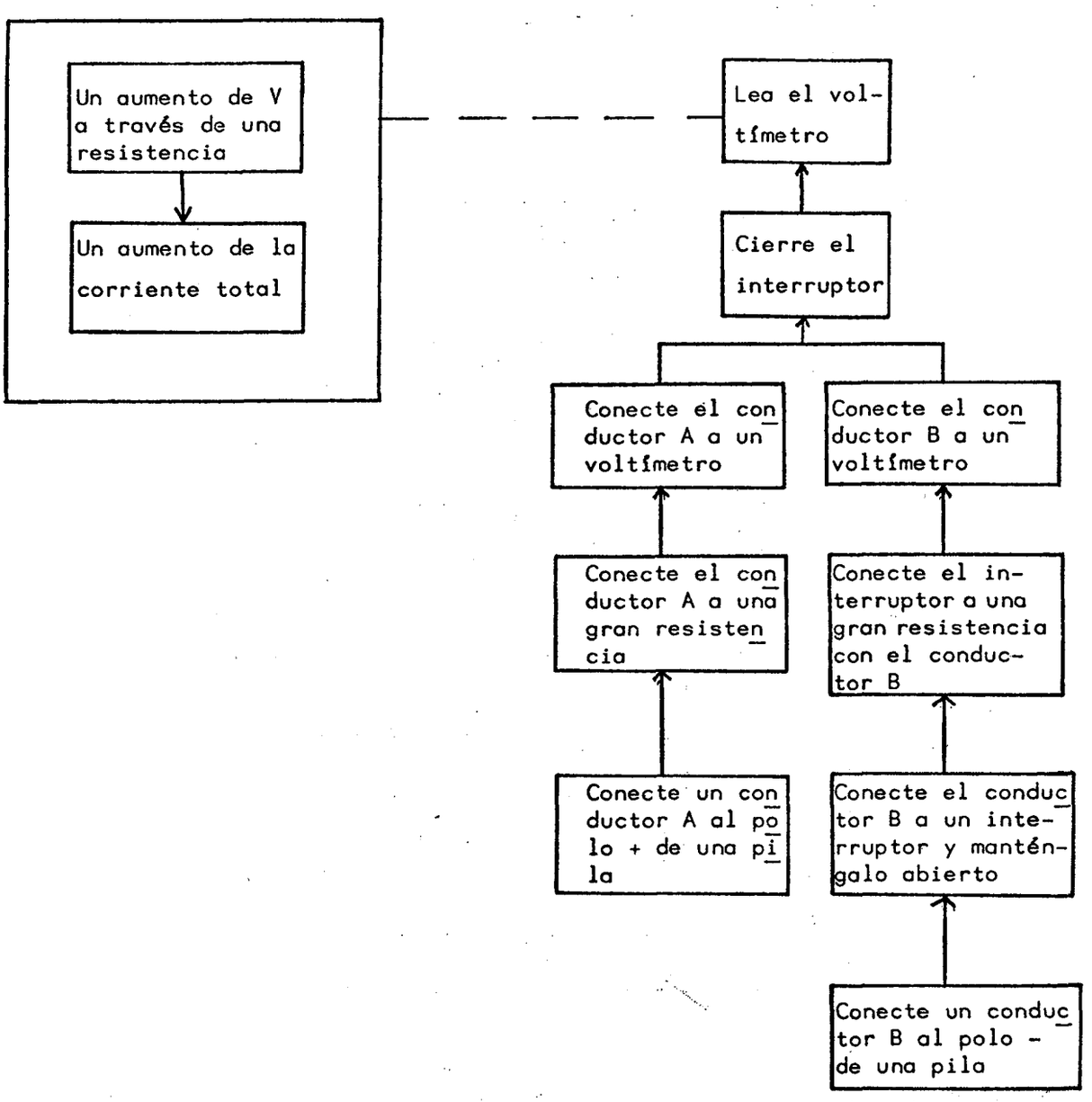
* Clave: La flecha entre dos recuadros significa que el cambio en un recuadro produce el cambio en el otro recuadro.

2) Las multiestructuras en *paralelo* se caracterizan porque constan de dos o más estructuras que, aunque no tienen constructos en común, mantienen relaciones consistentes entre sus respectivos constructos (figura 15).

FIGURA 15

V: diferencia de potencial
I: cantidad de corriente

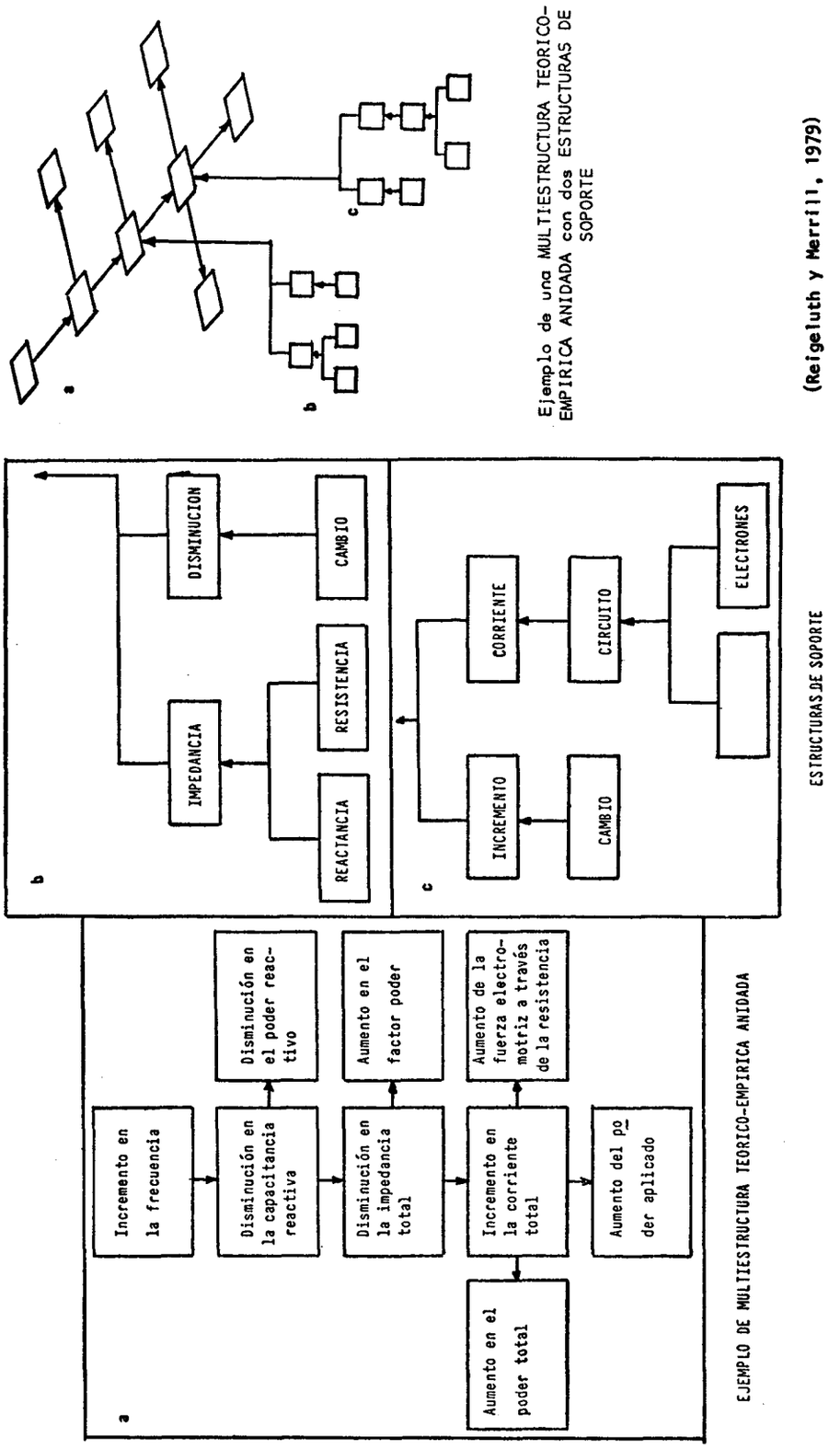
$$\Delta V = \frac{\Delta E_p}{q} \qquad I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$



MULTIESTRUCTURA EN PARALELO

Además, las multiestructuras, en una representación rigurosa del contenido de una asignatura, mostrarían las distintas estructuras de soporte relacionadas con cada una de las estructuras que la componen (figura 16).

FIGURA 16



En resumen, disponemos de un modelo que nos permite el análisis y representación tanto de los constructos aislados que componen el contenido curricular organizado, como de las estructuras a que dan lugar el establecimiento de relaciones entre ellos.

Sólo el aprendizaje de ambos elementos producirá una asimilación significativa del contenido, de tal forma, que su codificación, almacenamiento y recuperación se vea facilitada.

Pero ese es un problema que escapa al alcance de nuestro trabajo ya que entra de lleno en la consideración de los componentes estratégicos adecuados para facilitar dicho aprendizaje, es decir, el otro requirimiento necesario para la construcción de un modelo capaz de abordar con suficientes garantías el problema de la organización didáctica del contenido curricular.

Dr. AMADOR GUARRO PALLÁS
Departamento de Metodología Educ.
Facultad de F.ª y Ciencias de la Educ.
Universidad de La Laguna

BIBLIOGRAFIA

AUSUBEL, D. P. (1963): *The psychology of meaningful verbal learning,* New York: Grune and Stratton.

— (1968): *Educational Psychology: A Cognitive View,* New York: Holt, Rinehart and Winston.

BIGLAN, A. (1973): "The characteristics of Subject matter in different academic areas", *Journal of Applied Psychology,* 58: 195-203, 1973.

BRUNER, J. S. (1966): *Towart a Theory of Instruction,* New York: Norton.

CALFEE, R. C., FILFY, N. y DRUM, P. A. (1974): "A System of Structural Analysis for Research on prose Memory". Paper presented at the Meetings of the American Educational Research Association, in Chicago, April 1974.

CROTHERS, E. G. (1972): "Memory Structure and the Recall of Discourse", in J. B. CARROLL y R. O. FREEDLE (Eds.): *Language Comprehension and the Acquiisition of Knowledge,* New York: Winston y Sons.

DIEKHOFF, GM., y DIEKHOFF, KB. (1982): "Cognitive maps as a tool in communicating structural knowledge", *Educational Technology,* 22 (4): 28-30, abril, 1982.

FRASE, L. T. (1969): "Paragraph Organization of Written Material: the Influence of Conceptual Clustering Upon the Level and Organization of Recall", *Journal of Educational Psychology,* 60: 394-401.

FREDERIKSEN, C. H. (1972): "Effects of Task Induced Cognitive Operations on Comprehension and Memory Processes', in J. B. CARROLL y R. D. FREEDLE (Eds.): *Language Comprehension and the Adcquisition of Knowledge,* New York: Winston y Sons.

GAGNE, R. M. (1968b): "Learning hierarchies", *Educational Psychologist,* 6 (1): 1-6, 1968.

— (1977a): *The Conditions of Learning,* 3rd Edition, New York: Holt, Rinehart and Winston.

GEESLIN, W. E. (1973): *An exploratory analysis of content structure and cognitive structure in the context of a mathematics instructionla unit,* Ph. D. Dissertation, Stanford University.

— (1974): "Comparison of Content Structure and Cognitive Structure in the learning of Probability", artículo presentado en el *Annual Meeting of the American Educational Research Association* (59th., Chicago, Illinois, April 1974)..

GEESLIN, WE. y SHAVELSON, RJ. (1975): "Comparison of Content Structure and Structure Cognitive in High School Students' Learning of Probability", *Journal for Research in Mathematics Education,* 6 (2): 109-120.

GIBBONS, A. S. (1977): "A review of content and task analysis methodology", *Technical Report Series,* n. 2, San Diego: Courseware Inc.

GREENO, J. G. (1973): "The structure of memory and the process of solving problem", en R. L. SOLSO (Ed.): *Contemporary Issues in Cognitive Psychology,* Washington D. C.: Winston.

HARARY, F., NORMAN, RZ. y CARTWRIGHL, D. (1965): *Structural Models: An Introduction to the Theory of Directed Graphs',* New York: Wiley.

JOHNSON, P. E. (1967): "Some psychological aspects of subject-matter structure", *Journal od Educational Psychology,* 58: 75-83.

KINTSCH, W. (1972): "Notes on the structure of semantic memory", en E. TILVING y W. DONALDSON (Eds.): *Organization of Memory,* New York: Academic Press.

KINTSCH, W.. y KENAN, J. (1973): "Reading rate and retention as a function of the number of propositions in the base structure sentencies", *Cognitive Psychology,* 5: 257-274.

KLAUSMEIER, H. J. (1977): "Educational experience and cognitive development", *Educational Psychologist,* 12: 176-196.

LAWSON, T. E. (1974): "Instruction and the structure of content", *Educational Technology,* 14 (5): 27-28, mayo de 1974.

MAYER, R. E. (1975): "Variables de procesamiento de información en el aprendizaje de solución de problemas, en A. I. PÉREZ GÓMEZ y ALMARAZ (com.): *Lecturas de aprendizaje y enseñanza,* Madrid: Zero.

MERRILL, M. D. (1965): "Correction and review on sucessive parts in learning hierarchical task", *Journal of Educational Psychology,* 56: 225-234.

— (1973): "Content and Instructional analysis for cognitive transfer task", *AV Communication Review,* 21 (1): 109-125.

— (1977): "Content analysis via Concept Elaboration Theory", *Journal of Instructional Development,* 1: 10-13.

MERRILL, M. D.; BARTON, K. y WOOD, L. E. (1970): "Specific review in learning a hierarchical imaginary science", *Journal of Educational Psichology,* 61: 102-109.

MERRILL, M. D. y BOUTWELL, R. C. (1973): "Instructional Development: Methodology and Research", in F. N. KERLINGER (Ed.), *Review of Research in Education,* 1. Itasca, Illinois: Peacock Publ.

MERRILL, M. D. y GIBBONS, A. S. (1974): "Heterarchies as an Alternative to Hierarchies for Sequencing Content in Instruction", en *Actas de la V Conferencia Interdisciplinar Anual sobre Aprendizaje Estructural.* Philadelfia, Univ. Pensilvania, 140-147.

MERRILL, M. D. y WOOD, N. D. (1974): "Instructional Strategies: A Preliminary Taxonomy", en *Mathematics education Report. ERIC for science, Mathematics and education,* Ohio State University.

MERRILL, P. F. (1976): "Task Analysis —on information processing approach", *NSPI Journal,* 15 (2): 7-11.

MEYER, B. J. y MCCONKIE, G. W. (1973): "What is recalled after hearing a passage", *Journal of Educational Psichology,* 64: 109-117.

PASK, G. (1974): "An outline of conversational domains and their structures", *A papel presented at the Conference of Structural Learning,* University of Pensylvania.

PREECE, P. F. W. (1976): "Mapping Cognitive Structure: A Comparison of Methods", *Journal of Educational Psichology,* 68: 1-8,

REIGELUTH, CH. M. y MERRILL, M. D. (1979): "Classes of instructional variables", *Educational Tecnology,* 19 (3): 5-24.

REIGELUTH, CH. M.: MERRILL, M. D. y BUNDERSON, C. V. (1978): "The Structure of subjet matter content and its instructional desig inplications", Practice of Curriculum Studies, London: R.K.P.

REIGELUTH, CH. M. y STEIN, F. S. (1983): "The Elaboration Theory of Instruction", in Ch. M. REIGELUTH (Ed.): *Instructional Desing Teories and models: An Dverviiew of their current status,* Hillsdale, NJ: Erlbaum, Cap. 10.
SCANDURA, J. M. (1967): "The basic unit in meaningfut learning-association of principle", *The School Review,* 75: 329-341.
— (1968): "New Directions for Theory and Research on Rule Learning", *Acta Psychological,* Amsterdam: North-Halland Publ. Co., 28: 301-321.
— (1970): "Role of Rules in Behavior: Towart and operational definition of what (rule) is learned", *Psychological Review,* 77 (6): 516-533.
— (1972): "What is a rule?", *Journal of Educational Psychology,* 63: 179-185.
— (1973a): *Structural Learning I: Theory and research,* London: Gordon and Breach Science Publ.
— (1974b): "On higher order rules", *Educational Psychologist,* 10: 159-160.
— (1977a): "Structural Approach to Instructional Problems", *American Psychologist,* January: 33-53.
SHAVELSON, R. J. (1972): "Some aspects of the correspondence betwen content structure and cognitive structure in physics instruction", *Journal of Educational Psychology,* 63 (3): 225-234, junio 1972.
— (1974a): "Some methosd for examining content structure and cognitive structure in instruction", *Educational Psychologist,* 11 (2): 110-122.
— (1974b): "Some methods for examining content structure and cognitive structure in mathematics instruction", artículo presentado en el *Annual Meeting of the American Educational Research Association,* Chicago (Illinois), abril 1974.
— (1974c): "Methods of examining representations of a subject-matter structure in a students' memory", *Journal of Research in Science Teaching,* 11: 231-249.
SHAVELSON, R. J. y STASZ, C. (1977): "Some methods for representing structure of concepts in prose materials", en *The Psychology of Written Communication,* cap. 1.3.
SHAVELSON, R. J., STASZ, C., COX, D. L. y MOORE, C. A. (1976): "Field independence and structuring of knowledge in a social studies minicourse", *Journal of Educational Psychology,* 68 (5): 550-558.
SMITH, B. O. (1964): *Education and the Structure of Knowledge,* Chicago: Randd McNally.
SPIRO R. J. y TIRRE, W. C. (1980): "Individual differences in schema utilization during discourse processing", *Journal of Educational Psychology,* 72: 204-208.
STASZ, C., SHAVELSON, R. J., COX, D. L. y MOORE, C. A. (1976): "Field independence and the structuring of knowledge in a social studies minicourse", *Journal of Experimental Psychology,* 68 (5): 550-558.
SULING, R. A. y DOOLING, D. J. (1974): "Intrusions of a thematic idea in the retention of prose", *Journal of Experimental Psychology,* 103: 255-262.
TABA, H. (1974): *Elaboración del curriculum,* Buenos Aires: Troquel (Orig.: Curriculum Development. Theory and Practice, Harecurt Brace Jovanovich, 1962).
TRHO, M. P. (1978): "Relationships Betwan Associative and Content Structure of Physics Concepts", *Journal of Educational Psychology,* 70: 971-978.
WAERN, Y. (1972): "Structure in similarity matrices", *Scandinavian Journal of Psychology,* 13: 5-16.
WARRINER, J. E. y GRIFFITH, F. (1957): *English grammar and composition: Complete course,* New York: Harcourt.
WINN, W. D. (1980): "The effect of block-word diagrams on the structuring of science concepts as a function of general ability", *Journal of Research in Science Teaching,* 17: 201-211.
— (1981)a: "The meningful organization of content: Research and Design Strategies", *Educational Technology,* agosto: 7-11.
— (1981b): "The effects of attribute highlighting and diagramatic organization on identification an clasification", *Journal of Research in Science Teaching,* 18: 23-32.