

ESTUDIO 2

Obtención de datos y representación de conocimiento: Aproximación a las técnicas más frecuentes empleadas en la investigación educativa

Luis M. Casas García, M. Mendoza García y Ricardo Luengo González

Facultad de Educación. Universidad de Extremadura.

Resumen

En Investigación educativa tiene enorme importancia la obtención de datos acerca de lo que aprenden nuestros alumnos y la representación de los conceptos y su estructura. En este artículo trataremos un conjunto de técnicas orientadas a la obtención de datos acerca del conocimiento, su estructura y su representación gráfica de manera que pueda ser transmitida y estudiada por los investigadores.

Summary

In Educational Investigation has huge importance the data obtaining about what learn our pupils and its representation and structure. It is this article we will deal with a set of techniques guided to the data obtaining about the knowledge, his struture and graph representation so that could be transmitted and studied by the researchers.

1.- Introducción

En Investigación educativa tiene enorme importancia la obtención de datos acerca de lo que aprenden nuestros alumnos. Durante su aprendizaje los alumnos tienen experiencias y obtienen resultados que son interpretados a partir de las Teorías Científicas. En cada Disciplina Científica existen conceptos que están estructurados según una lógica propia de la misma. La adquisición de los conceptos científicos provoca en la mente del alumno la aparición de "objetos mentales" que se corresponden con dichos conceptos. De esta manera mientras los conceptos están en la propia Ciencia, los objetos mentales están en las personas (Puig, 1997). Pero lo normal es que nos refiramos al "objeto mental línea" diciendo "el concepto de línea" que tiene tal alumno, o que usemos los términos "concepción" (o concepciones) para referirnos a los objetos mentales que residen en las mentes de los alumnos. En este artículo cuando nos referimos a la representación del conocimiento nos estamos refi-

riendo a la representación de los "objetos mentales", en el sentido de Freudenthal (1983) antes mencionado. Trataremos un conjunto de técnicas orientadas a la obtención de datos acerca del conocimiento, su estructura en la mente de las personas y a su representación gráfica de manera que pueda ser transmitida y estudiada por los investigadores.

El creciente número de investigaciones que se están realizando y los prometedores resultados obtenidos, que tienen sus aplicaciones más inmediatas en campos que van desde la Inteligencia Artificial hasta el diseño de software, en nuestra opinión, avalan su gran actualidad e interés científico. Pero si resulta interesante en campos tales como los que mencionamos, y en otros relacionados con la investigación básica en Psicología, debemos señalar que, en nuestra opinión, se abre además una prometedora vía de trabajo para la investigación y la práctica educativa. Las técnicas propias de la representación del conocimiento tienen unas grandes posibilidades, que, creemos, aún no han sido suficientemente aplicadas en el campo educativo en general, y en el de la Didáctica de las Matemáticas en particular.

En efecto, baste considerar que, si admitimos que el conocimiento de lo que un alumno previamente sabe es la base para todo el desarrollo posterior de su aprendizaje, disponer de métodos que permitan conocer la estructura cognitiva del alumno puede resultar de una innegable utilidad.

Nuestro interés investigador se ha centrado a lo largo de varios años en el proceso de enseñanza - aprendizaje de las Matemáticas y hemos utilizado algunas de las técnicas descritas que nos han sido de mucha utilidad (Casas, y Luengo, 2.000) , pues suponen una aportación a la investigación de una parte de este proceso, precisamente del momento en que en que el alumno relaciona los conceptos que va aprendiendo y de la forma en que estos conceptos se van organizando y estructurando en su mente, formando su estructura cognitiva.

La estructura es inherente al conocimiento. No hay verdadero conocimiento hasta que los conceptos no están puestos unos en relación con otros. Conocer la estructura del conocimiento de los alumnos puede ayudarnos a comprender mejor algunos de estos procesos de aprendizaje. La estructura cognitiva de los alumnos tiene relevancia, en primer lugar, en cuanto a la calidad de la comprensión. Es un hecho científicamente admitido que se comprende mejor aquello que tiene una estructura conocida para el que aprende. Hay suficientes estudios que demuestran esta afirmación, desde los clásicos de la Psicología experimental hasta otros más actuales en campos como el de la lectura comprensiva y en los que se demuestra que la comprensión es mejor cuando el alumno tiene esquemas adecuados donde va encajando los nuevos conocimientos que adquiere.

La estructura cognitiva tiene también importancia en cuanto a los procesos de memoria. Se aprenden mejor

aquellos conocimientos que están organizados de alguna manera, preferentemente aquellos que están organizados en una forma que se aproxime a lo que previamente conoce el alumno. Como en el caso de la comprensión, existe una gran evidencia empírica que ha demostrado que las ideas aprendidas con algún tipo de estructura se recuerdan mejor que las que se estudian como listas no estructuradas.

El conocimiento de la estructura cognitiva puede, además, ser interesante por el propio análisis metacognitivo que puede hacer el alumno, que de esta forma puede mejorar su propio conocimiento. Si construimos representaciones del conocimiento de los alumnos, podemos conocer los puntos fuertes, los errores conceptuales y las zonas con alguna incongruencia. El hecho mismo de construirlas, ya puede servir para hacer reflexionar al alumno sobre su propio conocimiento.

También puede servirnos para hacer la evaluación de cómo se va adquiriendo el conocimiento. Obtener una representación gráfica de la estructura cognitiva de un alumno sobre un tema, puede ser un buen principio para, discutiéndolo con la clase, llegar a un buen conocimiento de ese tema, y transmitirlo a otros alumnos.

Estas representaciones se pueden utilizar para identificar áreas en que se necesita una instrucción más detallada, por ejemplo viendo la coherencia de la estructura o viendo su similitud con la del profesor o un experto, destacando cuáles son las diferencias,

y dónde hace falta insistir más en la enseñanza.

Por último, y refiriéndonos particularmente en el campo de las Matemáticas, conocer la forma en que los alumnos interrelacionan los conceptos implicados puede ser muy útil en el proceso de resolución de problemas. Se ha demostrado a través de un buen número de investigaciones que la estructura del conocimiento de los buenos resolutores de problemas difiere de la de los noveles, pues mientras los primeros aplican principios generales en la resolución, los noveles se centran en aspectos literales. Además de esto, una de las principales diferencias entre expertos y noveles es que el conocimiento de los expertos incluye un rico conjunto de esquemas ordenados, que les guía en la interpretación y resolución de problemas, y que constituyen su conocimiento. Estos esquemas representan el conocimiento estructural.

2.- El conocimiento y su representación

2.1.- La organización del conocimiento.

En psicología del conocimiento es común distinguir dos tipos de conocimiento: declarativo y procedimental. Pasaremos a describirlos brevemente.

*** El conocimiento declarativo.**

El conocimiento declarativo representa el conocimiento de los objetos, los sucesos o las ideas. Se puede decir que es el conocimiento de "saber que". En virtud de este tipo de conocimiento

to, una persona puede saber lo que es un polígono, lo que fue la Revolución Francesa o lo que significa el término Democracia. Así, las personas, atribuimos a tales objetos, sucesos o ideas, unas determinadas propiedades o características que los distinguen de unos y los relacionan con otros. Estas propiedades se organizan en la mente en forma de esquemas. La teoría de los esquemas (Rumelhart, 1.980) establece que el conocimiento está almacenado en paquetes de información o esquemas. Un esquema para un objeto, suceso o idea está formado por un conjunto de atributos y marcas que lo describen y nos ayudan a reconocer dicho objeto o suceso.

Tales atributos incluyen relaciones con otros esquemas y es precisamente la interrelación con ellos lo que los hace significativos. Por ejemplo, los alumnos tienen un esquema de lo que es un ángulo, que incluye atributos o marcas tales como lados, vértice, o amplitud. Este esquema es parte de otros, como por ejemplo el de triángulo, o el de polígono. Y hay esquemas específicos que diferencian el ángulo exterior, el ángulo interior, el ángulo determinado por una trayectoria o el ángulo de cruce entre dos líneas.

Cada individuo posee un único esquema para cada suceso u objeto que ha ido construyendo según sus experiencias. Mediante un proceso conocido como "acrecentamiento" (Rumelhart, 1.980), los esquemas van creciendo por adición de nuevas propiedades o por suma de nuevos esquemas que utilizan como modelo otros esquemas existen-

tes. Cuando aparecen nuevas experiencias que no pueden ser descritas mediante esquemas existentes, se reestructuran.

* El conocimiento procedimental.

Las personas, pues, almacenamos esquemas más o menos complejos, de los conceptos, de tal manera que somos capaces de definirlos, describirlos y diferenciarlos de otros, pero no necesariamente quiere esto decir que sepamos utilizarlos. El conocimiento declarativo no implica necesariamente comprensión.

Frente al conocimiento declarativo, el conocimiento procedimental se refiere a cómo las personas utilizan o aplican su conocimiento declarativo. Es el conocimiento del "saber cómo". El conocimiento declarativo proporciona la base conceptual para el conocimiento procedimental. Éste supone la interrelación de esquemas en patrones que representan acciones mentales y que a su vez se representan mentalmente mediante lo que se denominan esquemas de acción.

Si tomamos por ejemplo el caso de un alumno que tiene que resolver el problema de calcular el área de un triángulo, veremos que tiene que poner en relación conceptos parciales tales como triángulo, base y altura. Debe saber además, la fórmula del área. Y debe tener conocimiento de lo que significa multiplicar, o dividir. Pero lo más importante que debe saber es en qué casos puede aplicarse, en qué orden ha de hacerse todo y

cómo han de interrelacionarse estos conocimientos. Esto es conocimiento procedimental. Resolver problemas, planear actividades o desarrollar argumentos son ejemplos típicos de actividades que suponen también el mismo tipo de conocimiento.

El uso de los esquemas se aplica en las actividades de cada día. Así, por ejemplo, leer una historia requiere que se acceda a esquemas que corresponden al texto que estamos leyendo. Sin embargo, si estos esquemas no están disponibles mientras se lee la historia, el lector debe llenar en vacío en su memoria con un conocimiento estructural preestablecido de las historias.

2.2.- La estructura cognitiva.

En el estado actual de nuestros conocimientos sobre la forma en que la mente humana trabaja, está ampliamente asumido que la información se almacena en la memoria ajustándose a una cierta organización. En esto, coinciden básicamente todos los modelos sobre la memoria a largo plazo que son aceptados en la actualidad (Ruiz, 1.992).

En todos estos modelos se acepta que la relación entre conceptos depende, al menos en parte, de su similitud semántica o proximidad.

La similitud semántica es una función del número de propiedades que los conceptos tienen en común. Mientras más propiedades tengan en común, más enlazados están mediante esas propiedades, de modo que están más próximamente relacionados.

El soporte experimental de esta idea lo proporciona una gran cantidad de investigación sobre la memoria, que ha demostrado que las ideas con algún tipo de estructura, o las listas organizadas de acuerdo con algún tipo de proximidad semántica, se recuerdan mejor que las listas no estructuradas. Mientras más significativa semánticamente sea la relación entre ideas, mejor se recuerdan. En este contexto, es de gran importancia la noción de estructura cognitiva. Por tal entendemos el patrón de relaciones entre los conceptos en la memoria. Más exactamente definido, sería el constructo hipotético que se refiere a la organización de las relaciones entre conceptos en la memoria semántica o a largo plazo (Shavelson, 1.972).

La representación de la estructura cognitiva suele hacerse en forma de redes. Estas redes son conocidas como redes semánticas. Representan estructuras que están compuestas por nodos (el equivalente de los esquemas) con distintas relaciones (por ejemplo, subordinadas, disyuntivas) o enlaces entre ellos (Norman y otros, 1.976). Los nodos son conceptos o grupos de conceptos y los enlaces describen la relación proposicional entre ellos.

La estructura cognitiva no es rígida, sino que evoluciona individualmente mediante la adscripción de nuevos atributos (subjetivos y objetivos) a los objetos del mundo, que hacen posible la diferenciación entre unos y otros y la definición de nuevas relaciones estructurales entre ellos. De tal forma,

las personas llegamos a almacenar un buen número de dimensiones significativas entre objetos en un dominio de conocimiento determinado, y de relaciones entre ellas. El aprendizaje, entendido desde este punto de vista, se puede concebir como la reorganización de las redes en la memoria semántica. Consiste en edificar nuevas estructuras de conocimiento construyendo nuevos nodos e interrelacionándolos con nodos existentes. Si los enlaces se forman entre conocimiento existente y conocimiento nuevo, el nuevo conocimiento se integra y se comprende mejor. El aprendizaje es, en suma, la reorganización de la estructura cognitiva del alumno. Esta es la idea ampliamente difundida por Ausubel (1.978).

La idea que queremos destacar es que el mayor conocimiento del estado y evolución de la estructura cognitiva de un individuo puede servir para mediar en sus procesos de aprendizaje y mejorarlos. De ahí que los intentos por conocer y representar la estructura cognitiva supongan una buena parte del esfuerzo de los investigadores del área. En esta línea han aparecido diversas técnicas que tratan de hacer explícita la estructura cognitiva de una persona, que presentaremos.

2.3.- Técnicas para hacer explícita la estructura cognitiva.

Básicamente, se han utilizado tres tipos de técnicas para hacer explícita la estructura cognitiva: las listas de palabras, la puntuación de similaridad entre conceptos y el establecimiento de la similaridad por parte del propio sujeto.

*** Listas de palabras.**

Uno de los primeros métodos que se ha utilizado para hacer explícita la estructura cognitiva de una persona es el de la asociación de listas de palabras libre o controlada. El método consiste en que se le pide que asocie libremente conceptos a cada uno de los que se le van presentando de un determinado campo de conocimiento.

La generación de listas de palabras asociadas está basada en la teoría de la memoria a largo plazo, que mantiene que las palabras están almacenadas en ella según su proximidad semántica. Por ello, las palabras más fuertemente relacionadas se emparejan más fácilmente. Por ejemplo, en tests de proximidad de colores, se ha obtenido que efectivamente, mediante esta técnica se obtiene cómo están efectivamente organizados los colores, lo que presta validez al constructo.

Cuando se trabaja con alumnos, se les pide que, para un concepto dado en un campo de conocimiento, generen una lista de palabras asociadas que inmediatamente le vengan a la mente cuando se le presenta cada concepto de un campo como estímulo.

Existen dos modalidades: asociación libre de palabras y asociación controlada. En la primera modalidad, se le pide al alumno que, ante una palabra estímulo dada genere tantas palabras relacionadas como pueda en un tiempo dado. En la segunda se le pide al alumno no sólo que genere las palabras, sino que las ordene. También se le puede limitar las palabras a relacionar a sólo aquellas en un campo específico.

En el caso de la asociación libre de palabras, tal como se describe en Jonassen y otros (1.993), primero se seleccionan cuáles son los principales conceptos del dominio de que se quiera tratar, lo cual se puede lograr mediante consenso de un grupo de expertos. A continuación, se escribe cada palabra en la parte superior de la página, y se repite por lo menos diez veces. Para terminar, se pide al alumno que, al lado de cada palabra de las repetidas, escriba una relacionada, por ejemplo en un minuto o minuto y medio por página.

En el caso de la asociación controlada, se comienza del mismo modo que anteriormente. A continuación, se escribe cada palabra de las seleccionadas arriba de la página y se escriben, por ejemplo, los números 1 a 5 debajo de ella, de manera que el alumno escriba, también en un tiempo dado como antes, palabras de más a menos relacionadas con la de arriba.

Después, las listas de palabras se comparan para evaluar la relación entre cada concepto. Si los conceptos se presentan en otras listas asociadas, están relacionados. La fuerza de la asociación está en función de su orden de aparición en la lista de asociadas. Mientras más altos aparezcan en la lista, más fuertemente relacionados están los conceptos. Mientras más palabras en común existan entre dos listas de palabras, más fuertemente relacionadas estarán las dos palabras. A partir de los datos obtenidos, se calcula un coeficiente que cuantifica el grado de relación entre dos conceptos.

El procedimiento para calcular este coeficiente consiste básicamente en lo siguiente:

Primero se puntúan las palabras asociadas a una dada de más a menos según su orden de aparición en la lista.

Se toman dos palabras - concepto, y se ve en las listas de palabras asociadas a ellas, cuántas coinciden. Se multiplica la puntuación que tienen las coincidentes en cada lista. Se suman todos los productos obtenidos de las palabras coincidentes. Después se divide este resultado entre el máximo que se pudiera haber obtenido, y que depende del número de conceptos relacionados que se han pedido al alumno que escriba. El cociente obtenido es el coeficiente de relación.

Esto se hace con todos los posibles pares de palabras - concepto y se obtiene una matriz de coeficientes de relación. La estructura que se obtiene a partir de estos coeficientes, usualmente se representa mediante la técnica de Escalamiento Multidimensional (en adelante MDS), que proporciona una representación gráfica, y de la que hablaremos con algún detalle en el apartado dedicado a la técnica de Mapas Cognitivos.

Existen otras técnicas, como la de Arboles Ordenados, que también veremos más adelante, y que utiliza en un modo diferente la asociación de palabras, pues tiene en cuenta no sólo su orden de aparición, sino también cuáles son los grupos de ellas que usualmente aparecen juntas.

* Puntuación de la similaridad entre conceptos.

El método, a semejanza del anterior, asume que se puede utilizar una representación espacial entre los conceptos, que describe el patrón de relaciones entre ellos en la memoria. Si los conceptos están unos más próximamente relacionados que otros, esta distancia semántica se puede considerar como si fuera una distancia geométrica: los conceptos semánticamente más próximos se representarán más próximos en el espacio. En este método, la puntuación de la similaridad es más simple y más directa para identificar proximidades entre conceptos.

Únicamente se pide al alumno que, dados dos conceptos, asigne una puntuación a la similaridad o diferencia entre ellos. No sólo se pueden elegir conceptos simples, sino algunos más elaborados. Después se presentan todos los posibles pares en orden aleatorio. Las puntuaciones se resumen en una matriz de distancias que describe el grado de similaridad o diferencia.

En ambos casos, las matrices de datos de puntuación o coeficientes de relación obtenidos se tratan mediante técnicas estadísticas como la de análisis de componentes principales, análisis de cluster, Escalamiento Multidimensional o redes Pathfinder, de los que hablaremos más adelante

Estos métodos estadísticos transforman los datos de interrelación entre conceptos en distancias entre puntos en un espacio de dimensiones mínimas, de tal manera que se obtiene

una representación espacial o se determina la estructura subyacente de los datos. Muchos investigadores están de acuerdo en que estos procedimientos hacen posible definir operativamente la estructura cognitiva (Fenker, 1.975; Jonasen, 1.987; Preece, 1.976; Shavelson, 1.972; 1.985; Wainer y Kaye, 1.974)

Como en la técnica anterior, a pesar de parecer ambas muy simples, las dificultades se centran básicamente en el comienzo, precisamente en la fase en que hay que seleccionar los conceptos que hemos de comparar. Decisiones tales como cuáles son los contenidos relevantes para el tema objeto de estudio que han de seleccionarse o quien debe hacer la selección requieren un estudio detallado antes de empezar.

Otro de los aspectos de no menor importancia es el de poner en situación mental a los alumnos. Se les deben proporcionar instrucciones claras que le lleven a hacerse idea de la relación que, en general, existe entre los conceptos se les debe dar algún ejemplo de cómo ha de realizarse la tarea.

Las dos técnicas, listas de palabras y puntuación de similaridad, han sido utilizadas en una amplia variedad de contenidos y con distintos alumnos. Los resultados de una y otra son similares, aunque la técnica de puntuación de la similaridad presenta la ventaja de que es un método más simple. Ambas presentan una limitación, y es que son procedimientos largos, que pueden resultar aburridos, y por tanto se limita el número de conceptos a comparar

o asociar. Este mismo inconveniente de la fatiga, hace que la similaridad, al tenerse que establecer normalmente entre un elevado número de pares, pueda ser variable, incluso para un mismo sujeto en diferentes ocasiones, pero para los mismos conceptos.

El principal problema sigue siendo, sin embargo, la vaga definición de lo que se entiende por similaridad, y la variabilidad que presente entre los mismos conceptos pero dispuestos en distintos contextos.

* Establecimiento por el sujeto.

Existe también un tercer tipo de técnicas como las que presentaremos más adelante al hablar de los Tests verbales o los Mapas Conceptuales, que exigen un alto grado de introspección y en algunos casos, un periodo de aprendizaje, para llegar a obtener resultados útiles.

El método en apariencia más simple para evaluar la comprensión del alumno de la naturaleza de las relaciones entre conceptos en un campo de conocimiento dado es pedirle que describa o clasifique la naturaleza conceptual de las relaciones entre conceptos importantes, que han sido presentados y trabajados durante el aprendizaje.

Básicamente todas las técnicas encuadradas en este tipo consisten en que sea el sujeto el que establezca directamente las relaciones entre los conceptos, y a la vez, explique qué tipo de relaciones son: de causa - efecto, de subordinación, de ejemplificación, y otras varias. Incluso se le puede pedir

que sea él quien seleccione cuáles son los conceptos principales de un campo de conocimiento, como ocurre en el caso de los Mapas Conceptuales.

Aunque se pueden utilizar muchos tipos de enlaces entre conceptos, lo más frecuente es relacionarlos utilizando alguno de alguno de los siguientes: forma parte de, es un tipo de, causa, precede a, representa, es un ejemplo de, justifica, es característico de, es lo contrario de, es un modelo de, ..etc. Adviértase que estas categorías describen relaciones en dos direcciones. Son asimétricas. Esto quiere decir que la relación en una dirección entre conceptos puede ser diferente que en otra. Por ejemplo "los mamíferos son un tipo de animales vertebrados" es cierta, pero no lo es "los animales vertebrados son un tipo de mamíferos".

Dado que son técnicas difíciles, en algunos casos se recurre incluso para ayudar al alumno a programas informáticos del tipo de SemNet (Fisher, 1.994), NET (Eckert, 1.997) o Inspiration (Inspiration Software Inc., 1.998).

2.4.- Técnicas para representar la estructura cognitiva.

Existen básicamente dos categorías de técnicas empleadas para representar la estructura cognitiva. En la primera de ellas no se utiliza ninguna representación gráfica, sino que los resultados obtenidos se dejan en forma de datos numéricos, que pueden ser analizados y comparados con otros, pero no recurren a la transformación de dichos

datos para representar la estructura cognitiva en forma gráfica. Tal es el caso de los Tests de Relaciones Semánticas, la técnica de Juicios de relación o la técnica de Analogías, de las que más adelante hablaremos.

En una segunda categoría podemos englobar métodos que emplean representaciones gráficas obtenidas a partir de los datos numéricos.

Su construcción supone según Fenker (1.975) admitir básicamente dos propiedades de la información en un determinado campo de conocimiento: que el conocimiento se puede organizar sobre la base de un conjunto de dimensiones que representan las características estructurales de un tema y que dichas dimensiones se pueden representar en un espacio geométrico n-dimensional.

Dentro de esta categoría podemos incluir y describiremos los Mapas Cognitivos, los Mapas Conceptuales o las Redes Asociativas Pathfinder.

2.4.1 Tests Verbales

Estos tests se caracterizan porque recurren a simples preguntas que se analizan de forma descriptiva. Están dirigidos a que el alumno describa las relaciones entre conceptos para que, de esta forma se pueda acceder a la comprensión de la relación estructural entre ellos. Describiremos brevemente tres tipos de Tests Verbales: Tests de relaciones semánticas, Juicios de Relación y Analogías.

*** Tests de Relaciones Semánticas.**

La forma habitual de llevar a la práctica esta técnica es ofrecer una serie de elecciones múltiples para que el alumno escoja. Por ejemplo:

— mamífero animal vertebrado

a.- es una característica de

b.- representa a

c.- es un tipo de

d.- es lo mismo que

También se puede llevar a la práctica mediante la presentación de una pregunta corta para completar:

mamífero animal vertebrado

Para evaluar los resultados, se procede a puntuar el número de respuestas correctas y se compara con las de un experto.

*** Juicios de Relación.**

En esta técnica no se presentan al alumno todos los posibles pares de conceptos, sino sólo algunos. Como en el caso de los Tests de Relaciones Semánticas se comparan las respuestas con las de los expertos, pero sin hacer ninguna transformación de la estructura de los datos para presentarlos.

La comparación entre pares de conceptos puede hacerse asignando una puntuación a su fuerza de relación, o bien contestando verdadero o falso según si tienen o no relación fuerte. La puntuación se puede hacer preguntando a varios expertos sobre la puntuación de similaridad que ellos asignan, estable-

ciendo una puntuación media y comparándola con la del alumno o bien calculando la correlación entre las puntuaciones de los expertos y las de los alumnos.

En el caso de que se opte por respuestas del tipo verdadero o falso, la comparación se hace de forma similar.

* Analogías.

El procedimiento consiste en que se presentan al alumno dos conceptos relacionados, de modo que tiene que averiguar cuál es su tipo de relación. A continuación se le presenta un tercer concepto. Entonces tiene que elegir de entre una lista que se le ofrece, uno que tenga con el tercero la misma relación que los dos primeros. Veamos un ejemplo

gallinácea: ave :: _____ : insecto

- a.- pez
- b.- lepidóptero
- c.- mosca
- d.- procariótico

Esta técnica se basa en la teoría de los esquemas (Rumelhart, 1.980). Cuando un alumno encuentra nueva información, intenta interpretarla en términos de esquemas existentes. El razonamiento analógico es un proceso de buscar esquemas existentes para integrar la nueva información (Rumelhart y Norman, 1.981). La esencia de las analogías es la transferencia de conocimiento de una situación a otra encontrando aspectos de correspondencia entre un conjunto de conceptos y otro (Gick y Holyoak, 1.983).

Con respecto a los tres procedimientos que hemos descrito, tienen en común la ventaja de que son más simples para evaluar la estructura cognitiva, ya que no se necesita recurrir a técnicas estadísticas. (Diekhoff, 1.983) También son más fáciles de aplicar porque no precisan evaluar todos los posibles pares. Como desventaja, por el contrario, no representan todas las relaciones entre todos los conceptos, sino entre dos de ellos a la vez, lo cual es una limitación.

2.4.2.- Técnica de Árboles Ordenados.

La técnica de árboles ordenados (Reitman y Rueter, 1.980) fue desarrollada para identificar la estructura subyacente de la información en la memoria a partir del análisis del orden en que van apareciendo las palabras cuando se realizan tareas de recuerdo libre.

Parte de la premisa de que los conceptos están organizados en la mente en grupos y que los individuos recuerdan todos los conceptos de un mismo grupo antes de comenzar a buscar en los de otro. Estos grupos están organizados mentalmente en forma de un árbol cuyos nodos son los conceptos.

La premisa fundamental de la Técnica de Árboles Ordenados es que la información está organizada en la memoria de forma jerárquica. Es decir, que las personas organizamos la información en unidades que están subordinadas a conceptos más generales, que a su vez están agrupados en otros más generales aún, y así sucesivamente. La organización de las ideas

en grupos en la memoria facilita el almacenamiento y la recuperación de la información. Durante las tareas de recuerdo, esta jerarquía organiza la recuperación de las ideas y de este modo determina la secuencia y el orden de recuperación de las palabras, de tal modo que hay tendencia a que las mismas palabras aparezcan juntas en las tareas de recuerdo libre. Esto es, que la información se recupera de manera ordenada.

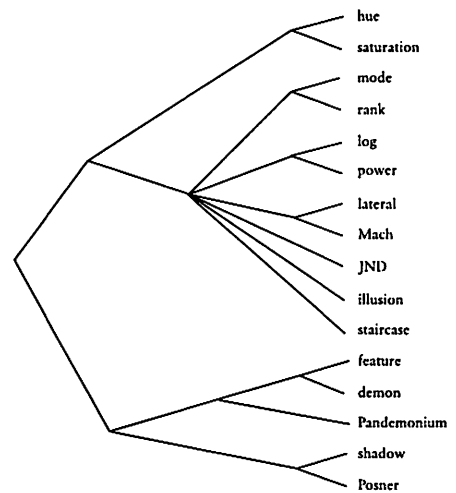
El método para elaborar los árboles ordenados, tal como aparece explicado en Jonassen (1.993) consiste en lo siguiente:

En primer lugar se selecciona un máximo de 25 - 30 palabras que representen conceptos importantes de un campo de conocimiento. A continuación se reparten las palabras en una matriz (por ejemplo de 4 por 5 si son 20 palabras) y se repite la misma matriz cuatro veces en respectivas hojas. Después, se pide a los alumnos que ordenen las palabras verticalmente según lo similares que, en su opinión, sean. Se hace lo mismo con las otras tres hojas, pero empezando ahora por una palabra determinada que se indica al alumno. No se le permite que vea la hoja anterior y entre una y otra hoja se hace una tarea distractora.

El árbol ordenado se genera utilizando un algoritmo desarrollado por Reitman y Rueter (1.980) para analizar cada uno de los órdenes de recuperación. El algoritmo examina de forma recursiva las cadenas de conceptos de arriba abajo para determinar los grupos. Identifica los grupos más largos de

conceptos que no se superpongan, es decir, grupos en que los conceptos están siempre juntos, aunque no sea en el mismo orden.

Después, el conjunto de grupos encontrado se organiza en forma de árbol, del modo del que presentamos a continuación, tomado de Jonassen, (1.993) y que hace referencia a términos clave en psicología.



Aunque no existe mucha investigación sobre su uso, se admite que la Técnica de Árboles Ordenados proporciona representaciones de la estructura de conocimiento del sujeto que son fáciles de interpretar (Navhe-Benjamin y otros, 1.986). Su análisis se hace teniendo en cuenta el nivel de agrupamiento de ideas, la profundidad de la jerarquía y la similitud entre las estructuras cognitivas de distintos individuos.

2.4.3.- Mapas cognitivos.

Los mapas cognitivos se construyen a partir de un conjunto de similitudes semánticas, que se obtienen por los procedimientos anteriormente descritos. Estos datos, primitivamente en forma de matriz, se representan en una disposición espacial, colocando cada concepto en un punto de coordenadas, de modo que se obtiene una representación espacial de la estructura cognitiva.

Habitualmente, los datos de proximidad se presentan transformados en una matriz de coeficientes de correlación, como la que mostramos seguidamente, obtenida de trabajos con nuestros propios alumnos:

	agua	s. vivos	animales	plantas	moléculas	movto.	calor	e. del agua	solido	líquido	gas
agua	1										
seres vivos	0.7567	1									
animales	0.6833	0.7833	1								
plantas	0.8767	0.7733	0.6900	1							
moléculas	0.2500	0.3333	0.2433	0.3167	1						
movimientos	0.3433	0.5733	0.3633	0.3167	0.4000	1					
calor	0.2800	0.2000	0.4067	0.3033	0.5967	0.7767	1				
estados del agua	0.7833	0.3300	0.1700	0.2700	0.6633	0.7100	0.7933	1			
solido	0.2667	0.2467	0.2833	0.2667	0.3467	0.2267	0.3333	0.7100	1		
líquido	0.8767	0.2500	0.3033	0.3200	0.1867	0.3267	0.3100	0.7833	0.6200	1	
gas	0.3167	0.1967	0.1767	0.1467	0.3267	0.3067	0.2633	0.7833	0.3800	0.6033	1

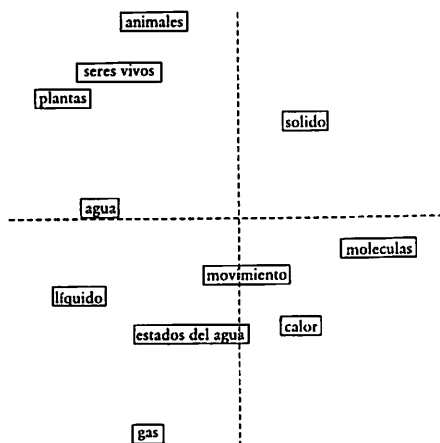
datos de la matriz. La solución óptima puede ser bidimensional, tridimensional, cuatridimensional o multidimensional. La mayor parte de los procedimientos de Escalamiento Multidimensional ofrecen representaciones bidimensionales, de modo que para generar una solución entre tres dimensiones A, B y C, deben generar 3 mapas bidimensionales (AB, AC y BC). Se identifican las relaciones bidimensionales en cada uno de estos mapas y se comparan las agrupaciones de conceptos en cada dimensión. Todo este proceso requiere el uso de programas estadísticos, pues su construcción "a mano" puede resultar sumamente difícil.

El procedimiento más usual de tratar los datos es mediante el Escalamiento Multidimensional (Kruskal, 1.964 y Shepard, 1.962), aunque también se puede utilizar análisis de cluster o análisis de componentes principales.

El objetivo en cualquier caso es similar: transformar los datos de la matriz de relación entre objetos en puntos que representan las distancias entre estos objetos en un número mínimo de dimensiones. Utilizando un criterio de tensión mínima se determinan cuántas dimensiones se adecuan mejor a los

En este mapa que presentamos a continuación, correspondiente a una representación según la técnica de Escalamiento Multidimensional obtenida a partir de los datos de la tabla anterior, podemos observar cómo los conceptos están agrupados en varias zonas, que corresponden, según nuestro análisis a las relaciones del agua con los seres vivos, a los estados en que se presenta el agua en la naturaleza y a las relaciones entre estos estados, el calor y el movimiento de las moléculas. Un análisis más detallado nos permiti-

ría estudiar cómo hay conceptos que participan de varias zonas y cómo unos están más próximos que otros.



Existe una serie de investigaciones que muestran cómo los mapas cognitivos indican diferencias entre los alumnos más o menos aventajados. Stanners y Brown (1.982) mostraron que las estructuras de unos eran más agrupadas, mientras que las de los otros son más difusas y menos estructuradas. También muestran, como hizo Shavelson (1.972) que a lo largo de un periodo de aprendizaje, la correspondencia entre la estructura cognitiva del alumno se va aproximando cada vez más a la del profesor.

Existe también (Fenker, 1.975) una correlación entre las notas obtenidas en exámenes y la similaridad entre los mapas cognitivos del alumno y los del profesor.

Estos resultados indican que los mapas cognitivos se pueden utilizar para evaluar en qué medida los alumnos

han integrado los conocimientos adquiridos, por ejemplo comparando sus mapas con los de un experto. También pueden utilizarse para identificar áreas en las que se precisa una enseñanza posterior o áreas en que la estructura cognitiva del alumno es lo suficientemente parecida a la del profesor, en cuyo caso no se necesita más aprendizaje.

Según Jonassen (1.993) los mapas cognitivos proporcionan tres tipos de información: espacial, dimensional y métrica. Espacial porque indican las distancias entre conceptos, dimensional porque indica las relaciones de unos objetos con otros en distintas dimensiones del espacio, y métrica pues ofrecen datos que permiten comparar unos mapas con otros. Proporcionan, en suma, un instrumento de medida fiable para estudiar la estructura cognitiva (Shavelson, 1.972; Geeslin y Shavelson, 1.975; Jonassen, 1.987).

2.4.4.- Mapas conceptuales.

Los mapas conceptuales, desarrollados por Novak y sus colaboradores en la Universidad de Cornell a partir de la década de los 70, son diagramas bidimensionales que representan las relaciones entre conceptos en un campo de conocimiento. Están organizados de forma jerárquica, de modo que los conceptos más amplios e inclusivos se sitúan en la parte superior y los más subordinados y detallados se representan en la parte inferior. Los conceptos aparecen enlazados con etiquetas que explican la relación que existe entre ellos. Son una consecuencia, utilizada para la descripción y comunicación de las relaciones entre conceptos, de la teoría de

la asimilación (Ausubel, Novak y Hanesian, 1.978).

Muy brevemente descrito, el procedimiento para elaborar mapas conceptuales consiste en seleccionar cuáles son las palabras que describen los conceptos más importantes, ordenarlas de arriba abajo por orden y establecer relaciones entre ellas incluyendo en la relación algunas breves palabras que indiquen de qué tipo es la relación.

Desde la época en que fueron propuestos por Novak y sus colaboradores, y hasta el momento actual, los mapas conceptuales han sido utilizados en muy diversas experiencias educativas, y en todas las áreas y niveles de la enseñanza, aunque mayoritariamente, quizá por ser donde trabajaron más directamente sus creadores, han sido utilizados en las áreas de Ciencias Experimentales.

Los mapas conceptuales, en resumen, y en palabras de Coll y Rochera en la obra de Coll, Palacios y Marchesi (1.995), tienen diversas utilidades:

"Por sus características, los mapas conceptuales pueden servir para poner de relieve los conceptos clave del contenido y las relaciones más importantes entre los mismos; para evaluar el conocimiento que tienen los alumnos del contenido de la enseñanza - al inicio, al final o en cualquier momento del proceso de aprendizaje- ; para extraer las ideas esenciales de un texto escrito; para sistematizar el aprendizaje realizado en un trabajo práctico; para preparar trabajos escritos o expo-

siciones orales; y, por supuesto, para establecer secuencias de aprendizaje."

La utilidad última de los mapas conceptuales es enseñar a los alumnos cómo "aprender a aprender" sacando a la superficie sus estructuras cognitivas y su conocimiento autoconstruido. Son un instrumento que favorece el proceso metacognitivo.

Los mapas conceptuales y su utilización en la enseñanza son, hoy en día, un tema bien conocido y representado en la literatura educativa, por lo que no consideramos necesario profundizar más en este aspecto. Pero precisamente por lo extendido que está su uso, sí queremos profundizar en algunas de las críticas que pueden hacerseles. Como todas las técnicas, los mapas conceptuales presentan algunas limitaciones que pasaremos a considerar. Pretenden reflejar la estructura del conocimiento del alumno, pero debemos plantearnos la duda de si en realidad lo que reflejen muchas veces no será, simplemente la estructura de la materia de estudio. Bajo y Cañas (1.994) expresan claramente esta misma idea:

"Un problema de base en las primeras teorías de representación y su utilización en la creación de sistemas inteligentes artificiales es que los formalismos empleados eran de naturaleza lógica. De forma que la organización entre los conceptos de un determinado dominio de conocimiento se realizaba de forma intuitiva basándose en los conocimientos que la

persona que realizaba el sistema tenía sobre esa área de conocimiento. Sin embargo, existe gran cantidad de evidencia empírica que muestra que la organización del conocimiento no siempre es lógica y la utilización del mismo no siempre es lineal."

Aunque esta cita se refiere al ámbito de la Inteligencia Artificial, creemos que se puede transponer perfectamente a nuestro objeto de estudio.

Ocurre a veces que el alumno, ayudado por el profesor, que le enseña a elaborar mapas conceptuales, o utilizando los mapas conceptuales del tema que se le ofrecen en el libro de texto, refleja y aprende la estructura lógica de la materia, pero no refleja la estructura de su propio pensamiento, y es esa estructura (la suya) la que luego utiliza en otras situaciones, como por ejemplo, a la hora de resolver problemas relacionados. El resultado es que en el ámbito de la resolución de problemas es donde resultan más deficientes los mapas conceptuales, tal como reflejan las investigaciones sobre la enseñanza - aprendizaje de la física (López, 1.991), y sobre la resolución de problemas de química (Palacios y López, 1.992). Estos autores, cuyos resultados coinciden con otros en la misma línea, consideran que si bien los mapas conceptuales mejoran la organización del conocimiento conceptual, esta utilidad no queda confirmada para la solución de problemas, y quizá una de las causas esté en lo que apuntamos anteriormente.

Otra de las limitaciones de los mapas conceptuales, común a otras

técnicas que asumen como premisa la organización jerárquica del conocimiento, es que esta organización no es, siempre, jerárquica. Bajo y Cañas (1.994) inciden en esta línea, con la que estamos de acuerdo:

"Este tipo de estructura jerárquica fue muy utilizada en las primeras teorías de representación (Miller, 1.969; Quillian, 1.969), y aunque un gran número de experimentos han mostrado las debilidades de estos modelos (Rosch, 1.975), algunas de las técnicas de análisis de los datos de proximidad todavía ofrecen este tipo de representación. Es importante señalar, sin embargo, que aunque la mayoría de las teorías de este tipo son estrictamente jerárquicas, ya que un concepto determinado sólo puede estar conectado a un solo concepto de un nivel más alto de la jerarquía, existen modelos y técnicas asociados a los mismos que, aunque mantienen relaciones jerárquicas, no lo hacen en sentido estricto ya que permiten solapamiento entre las distintas clases o categorías de forma que un concepto puede estar conectado a más de un concepto representado a un nivel más alto de la jerarquía. Esta modificación de las teorías jerárquicas permite una mayor flexibilidad (Kintsch, 1.970)".

Los mapas conceptuales se han utilizado para representar la estructura cognitiva de un alumno, pero si efectivamente y tal como planteamos, reflejan la estructura de algo externo (la estructura de la materia), no de lo interno, no servirían para este propósito. Nos encontramos aquí con un posi-

ble campo de investigación a desarrollar que consideramos de gran interés.

Por último queremos reseñar algunas otras dificultades no menos importantes que los Mapas Conceptuales presentan como instrumento de investigación (que no como instrumento de autoaprendizaje para los alumnos): dificultad para su elaboración, que consume un elevado esfuerzo y tiempo, dificultad para tipificar y clasificar distintos mapas y dificultad para evaluar su calidad y por tanto comparar con los de otros alumnos o los del profesor.

2.4.5.- Redes Asociativas Pathfinder.

Las redes Asociativas Pathfinder son representaciones en las cuales los conceptos se representan como nodos y sus relaciones como enlaces que conectan los nodos (Schvaneveldt, Durso y Goldsmith, 1.985).

Las Redes Asociativas Pathfinder se obtienen a partir una matriz de datos de proximidad, mediante un algoritmo que la transforma en una estructura en red en la cual cada concepto de la matriz se representa como un nodo y las proximidades se representan con enlaces más o menos largos entre ellos. El algoritmo está implementado en un programa informático llamado KNOT, Knowledge Network Organizing Tool, desarrollado por Schvaneveldt y cols. (1.989) en la Universidad de Nuevo México.

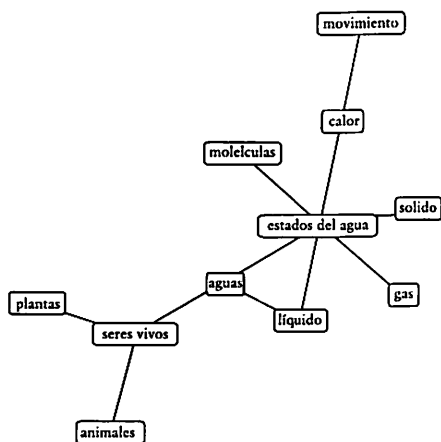
La representación que mostramos a continuación es un ejemplo en el que se relacionan conceptos referidos a la relación entre el agua y los seres vivos.

El funcionamiento del algoritmo consiste en buscar entre los nodos para encontrar el camino indirecto más próximo entre ellos y conservar sólo los enlaces con un sendero de longitud mínima entre dos conceptos. El mecanismo básico para determinar qué enlaces se incorporan es: Un enlace sólo se incorpora a la red si no existe un camino indirecto a través de otros nodos cuya suma de pesos sea menor que la de dicho enlace directo. De este modo, en la red resultante no todos los conceptos están necesariamente relacionados a todos los demás, sino que sólo se representan aquellos enlazados por senderos de peso mínimo, de modo que viene a representar sólo las relaciones más fuertes.

Brevemente el proceso lo que hace es comenzar con una matriz de puntuaciones de similitudes semánticas, que el programa KNOT transforma en una matriz de coeficientes de correlación y analiza utilizando el algoritmo Pathfinder. Tomando como entradas los resultados del programa, y utilizando el algoritmo de Kamada y Kawai (1.989) se crea un diseño espacial con las condiciones que en el párrafo anterior hemos explicado.

El programa permite también hacer una red promedio entre todas las obtenidas de los alumnos. De esta manera permite combinar el conocimiento de varios alumnos y también el de varios expertos. Permite además comparar de forma objetiva la similitud entre dos redes, mediante una función denominada precisamente Similitud. También incorpora otra

función llamada Coherencia que nos da indicaciones de en qué medida los datos de una red han sido cumplimentados con atención y conocimiento.



Las Redes Asociativas Pathfinder extraen la estructura latente en los datos en lugar de transformarlos como hace el Escalamiento Multidimensional (MDS) al desarrollar representaciones dimensionales. Así pues, es mejor para representar las comparaciones locales de parejas entre conceptos en un campo de conocimiento, pero no proporciona la información global (dimensional) que da el MDS. Pero identifican los enlaces significativos entre conceptos requiriendo menos fuerza de relación entre ellos. Suponen una nueva modalidad de representación de la estructura cognitiva, pues si bien tienen en común con otras técnicas el uso de la forma de red, se diferencian de ellas en varios aspectos:

En primer lugar, a los enlaces se les asigna un valor o peso que, haciendo mayores o menores las distancias en los

senderos que unen unos nodos con otros, representan de este modo la fuerza de la relación entre ellos.

En otros tipos de representaciones, o bien no se indica nada de cuál es la fuerza de la relación, como en el caso de los Mapas Cognitivos, o bien parece que la relación es la misma entre todos los conceptos, como en los Mapas Conceptuales o en los Árboles Ordenados.

En segundo lugar, los enlaces pueden ser simétricos (no dirigidos) o asimétricos (dirigidos), a diferencia de otras representaciones que asumen que la relación es siempre simétrica, algo que no en todas ocasiones ocurre en la realidad, y tal como hicimos notar al hablar de las técnicas que establecen por parte del sujeto la relación entre conceptos.

Por último las Redes Asociativas Pathfinder ofrecen representaciones de conceptos que no son jerárquicas. Como hemos indicado en párrafos anteriores, estamos de acuerdo con Bajo y Cañas (1.994), quienes señalan las limitaciones de este modelo.

3.- Conclusiones

En este trabajo hemos tratado de presentar al lector una selección de las técnicas de adquisición y representación del conocimiento que actualmente están al uso. Insistimos en el aspecto básico de este artículo, y en el hecho de que, aunque las técnicas están descritas brevemente, mostramos una síntesis de varios procedimientos que son herramientas muy poderosas, en la Psicología Cognitiva actual.

Nuestra intención ha sido remarcar el interés que estas técnicas pueden tener en la investigación educativa. Sus aplicaciones podemos verlas en campos muy diversos, pero quizá, y esto es lo que más nos puede interesar, están apareciendo últimamente bastantes estudios en que se aplican al análisis de aspectos educativos y a campos concretos de distintas Didácticas.

La investigación educativa precisa de instrumentos que permitan acceder a la estructura cognitiva de los alumnos para tratar, en un paso posterior, de mejorar la interacción alumno-profesor a la hora de transmitir conceptos. En última instancia, esto incidirá en mejorar la eficacia de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje. Los procedimientos aquí descritos servirán, sin duda, para ello.

Fecha de recepción 03/05/2001
Fecha de aceptación 21/06/2001

Referencias:

- Ausubel, D.P., Novak, J.D. y Hanesian, H. (1.978) Educational Psychology: A Cognitive View. Holt, Rinehart & Winston. New York.
- Bajo, M.T. y Cañas, J.J. (1.994). Métodos indirectos de adquisición del conocimiento. En Adarraga, P. y Zaccagnini, J.L. (eds.), Psicología e Inteligencia Artificial. Trotta. Madrid
- Casas L. y Luengo, R. (1.999) La exploración de la estructura conceptual en los alumnos. Un método empírico: las Redes Asociativas Pathfinder. En "Campo Abierto", nº 16. Pags. 13 a 33. Revista de la Facultad de Educación de la Universidad de Extremadura. Badajoz.
- Casas, L. y Luengo, R. (2.000) Aproximación al concepto de ángulo a través de redes asociativas Pathfinder en alumnos de educación primaria y secundaria obligatoria. En "Campo Abierto", nº 17. Pags. 39 a 60. Revista de la Facultad de Educación de la Universidad de Extremadura. Badajoz.
- Coll, C. y Rochera, M.J. (1995). Estructuración y organización de la enseñanza: las secuencias de aprendizaje. En Coll, C, Palacios, J. y Marchesi, A. (Comp.) Desarrollo psicológico y educación, II. Alianza Editorial. Madrid.
- Diekhoff, G. (1983) Relationship judgements in the evaluation of structural understanding. Journal of Educational Psychology, 71, 64-73.
- Eckert, A. (1997) The network elaboration technique -a computer-based tool for knowledge elicitation. University of Mannheim, Germany. Se puede consultar en <http://www.uni-mannheim.de/fakul/erzieh/ls2/mitarbei/eckert/andreas.htm>
- Fenker, R. (1975) The organization of conceptual materials: A methodology for measuring ideal and actual cognitive structures. Instructional Science 4, 33-57.
- Fisher, K. y Faletti, J. (1994). SemNet Software. SemNet Research Group. Suite 215 1043 University Ave. San Diego, CA 92103-3392.

- Freudenthal (1983): Didactical Phenomenology of mathematical Structures. Dordrecht: Reidel Publishing Company.
- Geeslin, W. y Shavelson, R. (1975) An exploratory analysis of the representation of a mathematic structure in students' cognitive structure. American Educational Research Journal, 12, 21-39.
- Glick, M. y Holyoak, K. (1983). Schema induction and analogical transfer. Cognitive Psychology, 15, 1-38.
- Inspiration (1.998) Inspiration Software, Inc. 7412 SW Beaverton Hillsdale Hwy, Suite 102 Portland, OR 97225-2167 USA
- Jonassen, D. (1987) Verifying a method for assessing cognitive structure using pattern notes. Journal of Research and Development in Education, 20(3), 1-14.
- Jonassen, D. y otros (1993) Structural Knowledge: Techniques for Representing, Conveying and Acquiring Structural Knowledge. Hillsdale, NJ: Laurence Erlbaum Associates.
- Kamada, T. y Kawai, S. (1989). An algorithm for drawing general undirected graphs. Information Processing letters, 31, 7-15.
- Kintsch, W. (1.970). Models for free recall and recognition. En Norman, D.A. (ed.), Models of human memory. Wiley. New York.
- Kruskal, J. (1964) Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a non-metric hypothesis. Psychometrica, 29, 1-27.
- López Rupérez, F. (1991). Los mapas conceptuales y la enseñanza-aprendizaje de la física. Revista de Educación, 295, 381-409.
- Miller, G.A. (1.969). A Psychological method to investigate verbal concepts. Journal of Mathematical Psychology, 6, 169-191.
- Navhe-Benjamin, M. y otros (1986) Inferring students' cognitive structures and their development using the ordered tree technique. Journal of Educational Psychology, 78, 130-140.
- Norman, D.A. y otros (1976). Coments on learning schemata and memory representation. En Klahr, D. (Ed.) Cognition and instrucion. Hillsdale, NJ: Laurence Erlbaum Associates.
- Novak, J y Gowin, D. (1.988). Aprendiendo a aprender. Martínez Roca. Barcelona.
- Palacios, C. y López Rupérez, F. (1992). Resolución de problemas de química, mapas conceptuales y estilo cognitivo. Revista de Educación, 297, 293-314
- Preece, P. (1.976). Mapping cognitive structure: A comparison of methods. Journal of Educational Psychology, 68, 1-8.
- Puig, L. (1997) : Análisis fenomenológico. En "La Educación Matemática

- en la Enseñanza Secundaria". Ed. Luis Rico (coord) y otros. Ed. ICE U. Barcelona y Ed. Horsori. Barcelona.
- Quillian, M.R. (1.969). The teachable language comprehender. *Communications for Computing Machinery*, 12, 459-475.
- Reitman, J. y Rueter, H. (1980). Organización revelada por recal orders and confirmed by pauses. *Cognitive Psychology*, 12, 554-581.
- Rosch, E. (1.975). Cognitive representations of semantic categories. *Journal of Experimental Psychology: General*, 104, 192-233.
- Ruiz, J.M. 1.992. "El estudio de la memoria". En Fernández Trespalacios, J.L. *Psicología General II*. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid. Pags. 7-23.
- Rumelhart, D.E. (1980) Schemata: The building blocks of cognition. En Spiro, R., Bruce, B. y Brewer, W. (Eds.): *Theoretical issues in reading comprehension: Perspectives from cognitive psychology, linguistics, artificial intelligence, and education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Rumelhart, D. y NBOorman, D. (1981). Aalogical processes in learning. En Anderson, J. (E.), *Cognitive skills and their acquisition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schvaneveldt, R.W., Durso, F.T., y Dearholt, D.W. (1.985) Pathfinder: Scaling with network structures (Memorandum in Copmputer and Cognitive Science, MCCS-85-9). Las Cruces, NM: Computing Resarch Laboratory, New Mexico State University.
- Schvaneveldt, R.W.(Ed.) (1.989). *Pathfinder Associative Networks. Studies in Knowledge Organization*. Ablex. Norwood, N.J.
- Shavelson, R. (1972). Some aspects of the correspondence between content structure and cognitive structure in physics instruction. *Journal of Educational Psychology*, 63, 225-234.
- Shavelson, R. (1985). The measurement of cognitive structure. Paper presented at the annual convention of the American Educational Research Association, Chicago, April 3, 1985.
- Shepard, R. (1.962) The analysis of proximities: Multidimensional scaling with an unknown distance function. *Psychometrika*, 27, 125-140, 219-246.
- Stanners, R. y Brown, L. (1982). Conceptual interrelationship on learning in introductory psychology. *Teaching of Psychology*, 9 (2), 74-77.
- Wainer, H y Kaye, K. (1974) Multidimensional scaling of concept learning in an introductory course. *Journal of Educational Psychology*, 66, 591-598