

Acercamientos metodológicos al análisis y representación del conocimiento

Juan Luis Castejón Costa

*Departamento de Ciencias Sociales y de la Educación
Universidad de Alicante*

En el presente trabajo se tratan de sistematizar los diferentes instrumentos utilizados en el estudio del pensamiento, con especial incidencia en los métodos utilizados en el análisis y representación del conocimiento. A lo largo del estudio se abordan los temas principales siguientes: a) el establecimiento de una clasificación sistemática de los diferentes instrumentos, b) la presentación de los fundamentos metodológicos que subyacen a las principales técnicas de obtención y análisis de datos, y c) la consideración de las ventajas e inconvenientes de cada una de las técnicas. El trabajo se articula a su vez en tres grandes apartados de acuerdo, por una parte, con los fundamentos metodológicos de las técnicas de obtención, representación y/o análisis de datos, y por otra del tipo de conocimiento o pensamiento objeto de estudio. Estos apartados son: 1) procedimientos cualitativos de representación, 2) técnicas de análisis cuantitativo asentadas sobre matrices de distancia, y 3) técnicas de análisis cuantitativo a partir de datos cualitativos.

Palabras clave: Procedimientos de análisis cognitivo, medios de representación del conocimiento, técnicas de análisis.

The aim of this study is to try and systematize the different instruments used in the study of thought with special emphasis on the methods used in the analysis and representation of knowledge. The main themes tackled in the study are the following: a) the establishing of a systematic classification of the different instruments, b) a presentation of the methodological fundamentals underlying the main techniques for obtaining and analyzing data, and c) an examination of the advantages and disadvantages of each one of the techniques. At the same time, the study brings together three large sections which on the one hand are in accordance with the methodological fundamentals of the techniques for obtaining, presenting and/or analyzing data, and on the other hand with the type of knowledge or thought being studied. These sections are: 1) qualitative procedures of presentation, 2) techniques of quantitative analysis based on matrices of distance, and 3) techniques of quantitative analysis from qualitative data.

Key words: Procedures of cognitive analysis, means of presenting knowledge, analysis techniques.

INTRODUCCIÓN

La progresiva conceptualización de la Psicología de la Educación como una tecnología destinada a la intervención y prescripción educativa hace que el tema del análisis y representación del conocimiento y del pensamiento en general se sitúe entre los de mayor interés dentro del campo del conocimiento psicoeducativo, dado su carácter práctico.

Desde la perspectiva cognitiva (Glaser, 1976, 1991), el análisis y representación del conocimiento está unido al análisis de tareas como parte del diseño de la instrucción en general. El primer paso consiste en la descripción del estado de competencia que quiere lograrse, o en el análisis de la realización competente en términos de estados de conocimiento y habilidades.

Una vez que el análisis de tareas es un proceso que se realiza de diferentes formas, en una variedad de situaciones, sobre distintos contenidos, y con múltiples procedimientos, es necesario diferenciarlo de otros conceptos cercanos, como los de análisis de trabajos (job analysis) y análisis de contenido (content o subject-matter analysis). El concepto análisis de trabajos se circunscribe al ámbito industrial preferentemente; mientras que al ámbito educativo e instruccional pertenecen los de análisis de contenido y análisis de la tarea. La denominación análisis de contenido, en un sentido tradicional, se reserva para el análisis de una materia o contenido temático en términos lógicos o epistemológicos, tal y como éste se presenta en la disciplina, sin atender a los componentes o análisis psicológicos que exige su aprendizaje (Resnick, 1976; Merrill, 1987; Jonassen, Hannum y Tessmer, 1989). No obstante, la conceptualización del análisis de tareas actual, especialmente el que se realiza dentro de la orientación cognitiva, incorpora esta característica; describe los comportamientos, habilidades y competencia que se requieren cuando se aprende un contenido. El análisis se realiza en términos de lo que el sujeto hace o las competencias que adquiere cuando aprende la tarea.

Desde la orientación cognitiva se considera que es necesaria una descripción psicológica de los contenidos, una vez que la organización lógica de una disciplina no siempre se corresponde con la organización psicológica que tiene el sujeto que aprende. Como señalan Resnick y Ford,

"el análisis [cognitivo] de la tarea traslada la descripción del contenido (subject-matter) en descripciones psicológicas" (Resnick y Ford, 1978: 378).

Aunque en su sentido tradicional, análisis de la tarea y análisis de contenido son cosas diferentes (Coll, 1987; Coll y Rochera, 1990), el análisis de tareas actual de carácter cognitivo incorpora una descripción de los contenidos de enseñanza en términos psicológicos, atendiendo a la estructura cognitiva que tienen los sujetos en un dominio particular de contenido. Los conocimientos declarativos almacenados en la memoria se corresponden con los contenidos de una materia, tendiendo así un puente entre epistemología y psicología (Posner, 1978, 1982; Shavelson, 1983; Donald, 1987; Eysenck y Piper, 1987).

1. HACIA UNA CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS PROCEDIMIENTOS COGNITIVOS DE ANÁLISIS DEL CONOCIMIENTO.

Ante la diversidad de procedimientos de análisis del pensamiento desarrollados en la orientación cognitiva, nuestro trabajo trata de sistematizar las diferentes técnicas y procedimientos, especialmente aquellos que tienen relevancia en el estudio del pensamiento y la representación del conocimiento.

Para acercarnos a una clasificación exhaustiva de los procedimientos de análisis de los contenidos cognitivos hay que tener en cuenta que los diversos procedimientos, métodos y técnicas de análisis varían primordialmente en función de: A) la fase de análisis en que nos encontremos, la obtención de datos o la representación y/o análisis; B) el tipo de conocimiento o resultado de aprendizaje, el conocimiento declarativo-conceptual, procedimental o de estrategias generales; y C) el tipo de técnicas, cualitativas o cuantitativas empleadas para el análisis de los datos.

Las fases principales del análisis de tareas y contenidos de aprendizaje las podemos cifrar en, 1) la obtención y reducción de datos; 2) el empleo de diferentes procedimientos de representación, según los tipos de conocimiento; y 3) el análisis cualitativo o cuantitativo de los datos.

Los tipos de conocimiento a los que se aplica el análisis cognitivo son: 1) los procesos básicos que están presentes en la realización de la mayor parte de las tareas, como hace el análisis componencial de Sternberg (1977); 2) el conocimiento declarativo-conceptual a través de la representación de estructuras y esquemas cognitivos; 3) el conocimiento procedimental (Anderson, 1982); y 4) las habilidades y estrategias generales (Chi, 1987).

En lo referente al tipo de datos y las técnicas de análisis utilizadas tenemos las formas de representación cualitativas y las técnicas de análisis cuantitativo.

Dentro de cada una de estas categorías se incluyen diversos procedimientos tal y como quedan recogidos de forma esquemática en el cuadro 1.

CUADRO 1

Procedimientos de análisis cognitivo para la representación del conocimiento

1) <u>Técnicas de obtención y reducción de datos.</u>
1.1. Medidas de ejecución: Aciertos/Errores (Siegler); Tiempo de reacción: Precisión; Fijaciones oculares. Elicitación: Entrevista clínica retrospectiva (Pines et al 1978; Genest et al 1985); Cuestiones-tipo (Posner, 1982);

- 1.2. Protocolos verbales: Pensamiento en voz alta (Ericsson & Simon, 1993);
Recuerdo estimulado (Shavelson, Webb and Burstein, 1986).
Entrevistas sobre ejemplos-tipo (Gilbert, Watts and Osborne, 1985).
Técnica "Delphi" (Jonassen, Hannum and Tessmer, 1989).
Análisis de documentos personales (Yinger and Clark, 1988).
- 1.3. Datos cuantitativos: a) Asociación de palabras (Deese, 1962) b) Paradigmas de clasificación (Mandler, 1967);
c) Comparación de conceptos (Fillenbaun y Rapoport, 1971);
d) Construcciones gráficas (Shavelson y Stanton, 1975).

2) Procedimientos de representación y análisis.

2.1. Procedimientos cualitativos de representación

2.1.1. Conocimiento declarativo. Estructuras cognitivas.

1. Redes semánticas y esquemas (Woods, 1975; Frederiksen y Breuleux, 1990).
2. Redes conceptuales (Novak y Gowin, 1984; Novak, 1990).

2.1.2. Conocimiento procedimental. Solución de problemas.

1. Diagramas de flujo (Newel y Simon, 1972; Klahr y Wallace, 1976)
2. Argumentos de Toulmin (Toulmin 1979; Voss, Tyler y Yengo, 1983).

2.1.3. Habilidades y estrategias generales.

1. Redes de planeamiento (planning net), (Sacerdotti, 1977; Van Lehn y Brown, 1980).

2.2. Técnicas de análisis cuantitativo (Puff, 1982; Friendly, 1979)

Shavelson y Stanton (1975); Shavelson (1983).

2.2.1. Métodos indirectos. Técnicas de análisis sobre matrices de distancia.

1. Análisis jerárquico de cluster (De Jong y Ferguson-Hessler, 1986; Castejón y Pascual, 1989).
2. Escalamiento multidimensional (MDS) (Shoben y Ross, 1987).
3. Técnica de la rejilla (grid) (Kelly; Fransella y Bannister, 1977).

2.2.2. Métodos directos. Procedimientos de análisis cuantitativo sobre datos cualitativos.

1. Arbol ordenado (Reitman y Rueter, 1980; Naved-Benjamin 1986; Castejón y Pascual, 1989)

1.1. Técnicas de obtención y reducción de datos

Estas técnicas se pueden clasificar en dos grandes grupos, que denominamos *medidas directas de la ejecución y técnicas de elicitación de protocolos verbales*. Entre las principales medidas directas de la ejecución tenemos los *aciertos y errores* (Siegler, 1980), a partir de los cuales pueden inferirse con bastante objetividad las reglas y procedimientos que siguen los sujetos en tareas en las que se requieren algoritmos fijos. El *tiempo de reacción* (Sternberg, 1977), medida criticada por Siegler (1989) para quien la "cronometría mental" no describe adecuadamente los procesos y sobre todo las estrategias que siguen los sujetos al realizar una tarea. La *precisión en responder* y las *fijaciones oculares* se encuentran también entre los datos utilizados en el análisis de tareas por la psicología cognitiva (Larkin y Rainard, 1984; Anderson, 1987).

Desde la publicación de los primeros trabajos de Ericsson y Simon (1980), los datos verbales se utilizan cada vez más para estudiar los procesos cognitivos en muchas áreas de la psicología. Los informes verbales son aceptados como fuentes importantes de datos. En una revisión reciente de sus publicaciones de 1980 y 1984, Ericsson y Simon (1993) presentan los principales avances acerca de los informes verbales, incluyendo nueva evidencia sobre su validez. Las dos cuestiones más importantes que tiene planteadas el estudio de los informes verbales son los procedimientos de elicitación y validación.

El protocolo se interpreta como una serie de operaciones mentales que se infiere utiliza el sujeto para realizar un juicio, tomar una decisión o resolver un problema (Ericsson y Simon, 1993). Puede servir de base para la caracterización de los pensamientos de un individuo, como dato para un análisis de contenido cognitivo, o para el desarrollo de un programa de ordenador.

Las *técnicas de elicitación de protocolos verbales* varían notablemente, tanto en lo relativo a los procedimientos que se utilizan como al grado de validez de los informes que generan (Shavelson, Webb y Burstein, 1986; Ericsson y Simon, 1993).

La *entrevista clínica retrospectiva* (Pines et al, 1978; Genest y Turk, 1981) es uno de los procedimientos de obtención de protocolos verbales más utilizados en el análisis de tareas, si bien los datos pueden estar sujetos a algún tipo de distorsión debido a su carácter retrospectivo, de acuerdo con el modelo de Ericsson & Simon.

Las *cuestiones-tipo* constituyen otro procedimiento de obtención de protocolos; sin embargo presentan el problema de las inferencias. Es necesario conocer los requerimientos cognitivos de la respuesta a cuestiones, tarea que es vista como resolución de un problema. Greeno (1980) y Posner (1978) ofrecen algunas sugerencias para la formulación de cuestiones como técnica de obtención de datos, indicando la conveniencia de formular cuestiones concretas para evitar los problemas de interpretación de las respuestas.

Las instrucciones de "*pensamiento en voz alta*" concurrente a la realización de la tarea (Ericsson y Simon, 1980, 1984, 1993), según el modelo de producción de informes verbales establecido por estos autores, constituye el procedimiento que menos distorsiona la información sobre los procesos cognitivos internos. La teoría de Ericsson & Simon (1984, 1993) predice que la información concurrente en la memoria a corto plazo, así como la información atendida no inferida, puede ser la

más válida. Las críticas de Nisbet y Wilson (1977) a los datos introspectivos pierden vigencia cuando los informes verbales se realizan durante la realización de la tarea. Estos informes verbales ofrecen la única fuente de datos para identificar muchos de los contenidos, procesos y estrategias que se utilizan en la realización de diversas tareas.

El *recuerdo estimulado* mediante grabaciones audio o video constituye una alternativa a las entrevistas retrospectivas y una alternativa necesaria a los métodos de pensamiento en voz alta en situaciones de enseñanza interactiva por el profesor, en las que los mismos sujetos no pueden generar ni registrar los protocolos verbales, de forma simultánea a la realización de la tarea. Es una técnica para recoger informes retrospectivos de procesos verbales y no verbales bajo condiciones de claves explícitas de recuerdo. Entre las condiciones para la utilización de esta técnica se citan el que los datos deben recogerse después de un corto tiempo desde el evento; y que no se debe preguntar por procesos generales, sino por acciones específicas (Shavelson, Webb y Burstein, 1986).

Otro procedimiento son las *entrevistas sobre ejemplos o problemas-tipo*, en las que se provocan discusiones en profundidad con un estudiante, utilizando normalmente un conjunto de tarjetas donde se presentan ejemplos, correctos e incorrectos, de la aplicación de un principio general (Gilbert, Watts y Osborne, 1985).

Por último, entre los procedimientos de obtención de datos tenemos la "técnica Delphi" (Jonassen, Hannum y Tessmer, 1989), que consiste básicamente en una entrevista estructurada para ver el consenso existente entre un grupo de expertos sobre contenidos y procesos de interés en la realización de una tarea.

Así mismo se han empleado documentos personales tales como diarios, biografías e informes (Yinger y Clark, 1988). Para estos autores los diarios escritos de los profesores se pueden usar como fuente válida y fiable de datos sobre sus procesos de pensamiento y planificación de la enseñanza.

Cuando se comparan los distintos procedimientos de obtención de datos (Ericsson y Simon, 1980, 1984; Shavelson, Webb y Burstein, 1986) el método de pensamiento en voz alta aparece como el más válido de todos ellos; el recuerdo estimulado y las cuestiones específicas pueden ofrecer datos no-distorsionados siempre y cuando la información que se busca sea fácilmente accesible y no requiera inferencias.

En cuanto a la validación de los informes verbales, los resultados de Shavelson, Webb y Burstein (1986), Ericsson & Simon (1993) dan cuenta de la replicabilidad de los datos entre observadores y ocasiones; mientras que Ericsson (1987), Ericsson y Polson (1988), Ericsson y Oliver (1989) abogan por el empleo de un procedimiento de validación convergente, consistente en diseñar experimentos en los que se creen diversas condiciones experimentales, a través de las que puedan examinarse y evaluarse hipótesis alternativas acerca de los procesos cognitivos de los sujetos, de igual forma que ya expusimos anteriormente.

Otros procedimientos de obtención de datos, utilizados cuando se emplean técnicas cuantitativas de análisis, son aquellos que tratan de elicitar relaciones entre conceptos. Entre los más utilizados están: a) la asociación de palabras (Deese, 1962); b) los paradigmas de clasificación (Mandler, 1967); c) las tareas de compara-

ción de conceptos (Fillenbaun y Rapoport, 1971); y d) las construcciones gráficas (Shavelson y Stanton, 1975).

1.2. Procedimientos de representación y análisis

Estos procedimientos varían según el tipo de conocimiento y el tipo de análisis, cualitativo o cuantitativo, que se realice.

1.2.1. Procedimientos cualitativos de representación

Son los más utilizados en el análisis de tareas y competencias cognitivas, existiendo varios procedimientos según el tipo de conocimiento que se trate, declarativo–conceptual, procedimental o estratégico.

A. *Conocimientos declarativos.* Técnicas de representación de las estructuras cognitivas

De acuerdo con la distinción de Anderson (1982) entre conocimiento declarativo y procedimental, el conjunto de conocimientos sobre hechos, conceptos y principios que tenemos en nuestra memoria constituye el conocimiento declarativo.

Entre las técnicas de representación de los contenidos cognitivos de tipo declarativo se encuentran las redes semánticas y los mapas conceptuales. Shuell (1985) ha revisado la aplicación y relevancia de estas técnicas en el campo de la enseñanza, destacando su utilidad para diseñar, organizar y secuenciar la instrucción de contenidos declarativo–conceptuales, establecer la estructura de los conocimientos a través de los diferentes grados de competencia, o examinar las concepciones y conocimientos previos de los estudiantes cuando llegan a la situación de enseñanza/aprendizaje.

a. Redes semánticas y esquemas.

Las redes semánticas y los esquemas constituyen procedimientos de representación de las unidades cognitivas almacenadas en la memoria que conforman el conjunto de conocimientos declarativo–conceptuales. Son muchos los trabajos donde se han representado las estructuras de conocimiento que tienen los sujetos en distintos dominios de conocimiento, en forma de redes semánticas (Woods, 1975; Posner, 1978; Leinhardt y Smith, 1985; Shuell, 1985; Driver, 1986; Donald, 1987; Driver, Guesne y Tiberghien (1989); Dijkstra, 1988, 1990).

Todas las teorías de la memoria semántica consideran algún tipo de representación de los contenidos cognitivos almacenados en la memoria. Donald, (1987), Anderson (1987) y Frederiksen y Breuleux, (1990) han establecido algunas normas y procedimientos para llevar a cabo estas representaciones.

Las unidades de representación del conocimiento son, generalmente, las *proposiciones*; lenguaje formal de carácter abstracto y universal (Frege). Son unidades de significado sujetas a valores de verdad, abstractas y semánticas, y se representan mediante nodos conceptuales y relaciones. Las proposiciones no son lo mismo que el lenguaje, como lo demuestra el que representen la invarianza del significado en las paráfrasis y el carácter inferencial del lenguaje.

Prácticamente cualquier tipo de información puede reducirse a un formato proposicional, existiendo además la posibilidad de organizar las proposiciones en redes semánticas. Anderson (1980, 1987) ofrece una serie de recomendaciones para la conversión de las expresiones lingüísticas en redes proposicionales; mientras que Frederiksen y Breuleux (1990) han construido un programa de ordenador que genera representaciones proposicionales a partir de protocolos verbales.

Las redes semánticas se elaboran a partir de los datos obtenidos con distintas técnicas, el análisis de protocolos verbales (Leinhardt y Smith, 1985), las entrevistas clínicas en profundidad (Posner, 1982), la clasificación de tarjetas (Shavelson y Stanton, 1975; Leinhardt y Smith, 1985), la asociación de palabras (Shavelson y Stanton, 1975) o las gráficas dirigidas (Shavelson y Stanton, 1975; Donald, 1987). Todas estas técnicas requieren la transcripción, reducción, codificación y representación de los datos originales, por lo que se hace necesario asegurar la fiabilidad y validez de estas construcciones (White, 1985; Ericsson y Simon, 1993).

Existen, no obstante, diversos *formalismos representacionales* dependientes de las teorías proposicionales que les sirven de base, (Quillian, 1968; Norman, Rumelhart y otros, 1975; Anderson, 1982; Frederiksen y Breuleux, 1990). No habiéndose desarrollado hasta ahora un formalismo común adoptado generalmente. Las categorías de relaciones conceptuales más frecuentes han sido recogidas por Wood (1975), Posner (1978), y Pines (1985).

Una red semántica de carácter general es un mapa de relaciones que consiste en una estructura formada básicamente por dos nodos y una relación (triplo) en la que los conceptos se representan como nodos conceptuales que están unidos por eslabones (links), de acuerdo con un conjunto definido de denominaciones. Cada línea de unión es bidireccional pero no simétrica.

b. Redes conceptuales (Novak y Gowin, 1984; Novak, 1990).

Los mapas o redes conceptuales constituyen una representación del significado esquemático o ideacional específico a un dominio de contenido, para un contexto de significado (Novak y Gowin, 1984; Novak, 1990). Este sistema tiene la ventaja de utilizar un código representacional simple; la red conceptual consiste en un conjunto de conceptos (nodos designados por una palabra) unidos por palabras (vínculo relacional o predicado) de enlace entre los conceptos, para formar proposiciones (unidades de significado psicológico), que se pueden aplicar a cualquier dominio de contenido. Entre las características básicas que debe tener un mapa conceptual (Novak, 1990) están las de jerarquía y diferenciación progresiva entre conceptos, establecimiento de relaciones subordinadas y supraordenadas a través de los distintos niveles, y existencia de conexiones cruzadas.

Los mapas conceptuales se elaboran a partir de entrevistas clínicas y protocolos verbales o mediante un entrenamiento directo a los sujetos para que construyan ellos mismos la red conceptual.

Los mapas conceptuales también se han utilizado como un instrumento para la enseñanza y la evaluación, cuando se enseña directamente el contenido de la red de conceptos (Alvarez y Risco, 1987), y cuando se evalúan los resultados del aprendizaje empleando la red conceptual como criterio de evaluación (Novak y Gowin, 1984; Novak, 1990).

B. *Conocimiento procedimental.*

a. Diagramas de flujo (Newel y Simon, 1972).

Los diagramas de flujo constituyen representaciones gráficas de los sistemas de producción condición-acción y tienen su origen en los programas de ordenador (Newel y Simon, 1972). Los datos que sirven de base a la representación se obtienen sobre todo a partir de los protocolos verbales concurrentes a la realización de la tarea. Un sistema de producción es un conjunto ordenado de producciones, en donde cada producción tiene dos componentes, una condición que si se satisface da lugar a que se produzca la acción y que si no se satisface da lugar a otra acción. Un diagrama de flujo (flowchart) se construye mediante una serie de gráficas en las que los rectángulos representan las operaciones, los rombos representan las condiciones y decisiones, y las flechas indican la secuencia de operaciones.

Newel (1973) y Newel y Simon, (1972) ofrecen una serie de recomendaciones para diseñar un buen diagrama de flujo: 1. Tratar de identificar todos los pasos fundamentales del proceso; 2. Identificar las cuestiones clave o decisiones que determinan la secuencia; 3. Ordenar los pasos correctamente; 4. Rodear las subrutinas con un círculo si se han de repetir una serie de pasos; 5. Emplear los símbolos convencionales (rectángulos, rombos, etc) en la representación; 6. Comprobar la representación para ver si refleja todos los detalles de la actividad bajo estudio.

Los diagramas de flujo se establecen inicialmente como modelos racionales que se someten posteriormente a comprobación empírica a través de un proceso de validación convergente.

b. Sistema de argumentos de Toulmin (Toulmin, 1958; Toulmin, Rieke y Janik, 1979; Voss, Tyler y Yengo, 1983).

El sistema representacional de Voss, Tyler y Yengo, (1983) basado en los argumentos de Toulmin se utiliza para representar problemas abiertos de las ciencias sociales. En este procedimiento se considera el argumento como la unidad básica de representación, distinguiéndose a su vez diferentes componentes básicos presentes en cada argumento, los datos (D), los juicios (C), las justificaciones (W), otros datos de información (B), los contraargumentos (R) y las condiciones que restringen los juicios (Q). A partir de los protocolos verbales, primeramente se reducen los argumentos a los componentes básicos, de acuerdo con la clasificación de Toulmin, después se lleva a cabo la conexión entre los componentes de los argumentos, y finalmente se representan de forma gráfica.

Este sistema parece adecuado para capturar las diferentes estrategias que siguen sujetos más o menos expertos en problemas abiertos. Con este procedimiento, Voss, Tyler y Yengo (1983) logran establecer diferencias en las estrategias seguidas por expertos cualificados con diferentes grados de conocimiento y experiencia sobre temas de alimentación y hambre en el mundo.

C. *Habilidades generales y estrategias.*

Existe cierta dificultad para representar en forma de algoritmos o pasos fijos los problemas complejos, y los problemas del área social "mal estructurados", donde se requiere la aplicación de estrategias y reglas generales. Para representar este tipo de conocimientos y habilidades se ha desarrollado el análisis de planeamientos y estrategias.

A partir de la crítica a los modelos procesuales (Greeno, 1978, 1980; Rivière, 1980), Van Lehn y Brown (1980), Leinhardt y Smith (1985) y Chi (1987) elaboran un sistema representacional, las redes de planeamiento, en donde se combinan diferentes aspectos del conocimiento declarativo y procedimental, en una secuencia organizada de acciones. Estas redes de planeamiento difieren del análisis de tareas convencional, una vez que incorporan una descripción tanto de las acciones como de los objetivos, subobjetivos y estrategias dispuestos para el logro de la realización de la tarea.

a. Redes de planeamiento (planning net) (Sacerdotti, 1977; Van Lehn y Brown, 1980; Leinhardt y Smith, 1985).

Este procedimiento se utiliza para representar tanto la realización ("performance") como la competencia ("competence") o conjunto de conocimientos sobre principios, planes y estrategias que justifican las acciones y toma de decisiones durante la realización de una tarea. Las redes de planeamiento son una representación abstracta de un procedimiento que requiere el establecimiento de objetivos, condiciones y acciones. El término planeamiento procede del campo de la inteligencia artificial en el que se denomina así al proceso de crear un procedimiento a partir de un conjunto de condiciones (Hayes-Roth y Hayes-Roth, 1979; Van Lehn y Brown, 1980).

En una red de planeamiento están presentes los objetivos, subobjetivos, condiciones (pre-requisitos, co-requisitos, post-requisitos) y acciones o heurísticos de planeamiento (Sacerdotti, 1977; Van Lehn y Brown, 1980). En cada esquema de acción se incluyen condiciones, consecuencias y efectos. El planeamiento comienza con la representación del objetivo principal; a partir de ahí se buscan en un conjunto de esquemas de acción, aquel o aquellos cuya consecuencia satisfaga el objetivo. Cuando se encuentra uno, éste se introduce en un plan y se examinan sus condiciones de requisito; los pre-requisitos han de estar satisfechos antes que se realice una acción; los co-requisitos se satisfacen a través de la realización de la acción, estados que deben mantenerse verdaderos a través de la realización de la acción, como por ejemplo mantener la atención del estudiante durante la clase; los post-requisitos son objetivos que se convierten en estados actuales al completar una acción, pero que no son ellos mismos el propósito de esa acción. Los eslabones consecuencia muestran acciones que cuando se completan deben lograr un objetivo necesario. Las condiciones constituyen el conocimiento dependiente de un dominio, mientras que los heurísticos de planeamiento son un conocimiento independiente del dominio.

Este procedimiento puede considerarse una representación completa del diseño de un procedimiento. Un ejemplo de tarea que requiere combinar conocimientos sobre principios, objetivos y estrategias es el diseño de la enseñanza, en el que deben establecerse explícitamente las causas (principios) y consecuencias de cada una de las decisiones y acciones que se toman en un diseño instruccional por parte del diseñador o del profesor. Un análisis procedimental de este tipo incorpora un conocimiento de carácter propositivo, uno de los componentes de la conducta experta, que debe enseñarse explícitamente.

Los datos básicos sobre los que se construye la representación gráfica se obtienen fundamentalmente a partir de grabaciones en video, recuerdo estimulado y

entrevistas retrospectivas. El formalismo para representar estos procedimientos se denomina red de planeamiento (Sacerdotti, 1977; Van Lehn y Brown, 1980), y está formado por gráficas dirigidas, donde los objetivos de planeamiento se representan como hexágonos y las acciones como rectángulos; los eslabones de unión son las reglas de planeamiento. Dos nodos están unidos si la aplicación de alguna condición o heurístico a un plan resulta en otro plan.

Leinhardt & Greeno (1986), Leinhardt (1989) ofrecen ejemplos de utilización de esta técnica, a partir de las observaciones y entrevistas realizadas a un profesor que explica un tema relativo a la reducción de fracciones.

1.2.2. Técnicas de análisis cuantitativo sobre datos cualitativos

Estas técnicas tienen su origen en los trabajos que tratan de establecer definiciones operativas de las estructuras de la memoria semántica (Friendly, 1979; Puff, 1982). Su aplicación al campo de la enseñanza se lleva a cabo inicialmente por Shavelson y Stanton (1975) en una serie de trabajos que tratan de validar un sistema de representación de las estructuras cognitivo-conceptuales de profesores y alumnos en diversos campos del conocimiento. Los resultados de la comparación de distintas técnicas de obtención de datos (Preece, 1975) muestran una fiabilidad adecuada.

Dentro de estos procedimientos podemos diferenciar dos grupos, los denominados métodos indirectos y los métodos directos.

A. Métodos indirectos.

Denominados así porque requieren que los datos originales, normalmente la evaluación del grado de relación entre conceptos, sean transformados o reducidos a matrices de proximidad o distancia. Los métodos indirectos se asientan sobre el supuesto de la "simetría de los juicios de distancia", aunque esto no siempre se cumple (Tversky y Gati, 1978).

Las principales técnicas de análisis de datos utilizadas por estos métodos indirectos son el análisis jerárquico de *cluster* y el *escalamiento multidimensional*.

No obstante, aunque los procedimientos anteriores son los más utilizados, existe otra técnica que si bien descansa sobre supuestos ligeramente distintos a los métodos indirectos que acabamos de mencionar, ha mostrado su utilidad para representar las estructuras cognitivas de profesores y alumnos en el ámbito de la enseñanza; nos referimos a la técnica de la rejilla o "grid" de Kelly, desarrollada posteriormente por Fransella y Bannister (1977). Se trata de establecer constructos a partir de diversas técnicas de asociación de elementos como las que hemos visto dentro del apartado de obtención de datos y análisis cuantitativo. A partir de los datos acerca de la relación entre constructos y elementos se aplican, bien procedimientos de análisis de cluster, bien procedimientos de análisis factorial de componentes principales (Beail, 1985) o análisis factorial de correspondencias (Rivas, Martínez y Latorre, 1990).

Los estudios cognitivistas y constructivistas han usado muy frecuentemente la técnica de Kelly, repertory grid technique, para estudiar teorías implícitas y descubrir los constructos personales que guían a los profesores. Pope & Denicolo (1993) dentro de una visión constructivista ofrecen un ejemplo de aplicación de las técnicas de Grid.

a. Análisis jerárquico de *cluster* (agrupamientos).

Es un modelo discreto, reticular y jerárquico (Johnson, 1976; Friendly, 1979) para representar los contenidos cognitivos, que permite además la comparación de las representaciones, dendogramas, resultantes (Sokal y Rohlf, 1962; Garskoff y Houston, 1963).

De Jong y Ferguson-Hessler (1986) utilizan esta técnica con el objetivo de establecer la estructura conceptual de sujetos con distinto grado de competencia en la solución de problemas de física en un curso de la enseñanza secundaria. Nuestros resultados (Castejón y Pascual 1989; Castejón y Pascual, 1990) obtenidos en el campo de las matemáticas, indican que es un procedimiento adecuado para representar la estructura cognitivo-conceptual de profesores y alumnos con diferente grado de conocimiento sobre tópicos tales como la reducción de fracciones.

b. Escalamiento multidimensional (MDS).

Constituye un modelo más apropiado para representar conceptos que pueden situarse en varias dimensiones, antes que en categorías discretas y excluyentes. Presenta por tanto un ajuste pobre a los datos categoriales y reticulares, los cuales quedan mejor representados por la técnica de análisis de cluster.

Permite la representación en el espacio multidimensional tanto de estímulos (método MDSCAL) como de individuos en relación a estímulos (INDSCAL), lo que supone atender a las diferencias individuales. Ofreciendo además un índice de ajuste (stress) de la solución a los datos –matriz de distancia– originales.

Shoben y Ross, (1987) ofrecen una excelente revisión de las aplicaciones de esta técnica al análisis de tareas cognitivo.

B. Métodos directos.

Estos métodos se denominan directos porque no requieren la transformación de los datos originales a matrices de distancia.

a. Tarea de ordenación de conceptos (Reitman y Rueter, 1980; Rueter, 1985).

La tarea de ordenación de conceptos consiste básicamente en una serie de ensayos en los que se agrupa un material según su afinidad conceptual. Estos ordenamientos cualitativos se analizan posteriormente siguiendo uno de los dos algoritmos básicos: a) la regla de agrupamiento jerárquico de Monk, (1987); o, b) el procedimiento del "árbol ordenado" (Reitman y Rueter, 1980; Rueter, 1985).

El procedimiento más utilizado es la técnica del árbol, en donde, a partir de varias secuencias de ordenamiento, se representa un árbol en el que se pueden observar tanto las relaciones jerárquicas entre los nodos conceptuales como su direccionalidad. Los trabajos sobre la validación de este procedimiento incluyen el examen de las pausas de recuerdo (Reitman y Rueter, 1980; Hirtle y Jonides, 1985), la similitud con otros procedimientos como el análisis de cluster (Castejón y Pascual, 1989), y manipulaciones instruccionales con sujetos expertos y noveles (Naved-Benjamin, McKeachie, Linn y Tucker, 1986; Castejón y Pascual, 1989; Castejón y Pascual, 1990). En general, los resultados obtenidos apoyan la validez del procedimiento para representar las estructuras cognitivo-conceptuales.

Naved-Benjamin y otros, (1986) utilizan la técnica del *árbol ordenado* para

inferir estructuras cognitivas y analizar su desarrollo, en el contexto de la enseñanza universitaria. El procedimiento genera una estructura que abarca las relaciones más importantes acerca de los conceptos extraídos de un campo específico del conocimiento. Los resultados muestran además que la técnica es útil para diferenciar las estructuras cognitivo-conceptuales de estudiantes con diferentes niveles de logro académico; las cuatro medidas derivadas por el método -organización, jerarquía de la estructura, direccionalidad de la estructura, y similitud de la estructura del estudiante con la del profesor-, se desarrollaron durante el curso, estando relacionadas al final con el rendimiento, de acuerdo a lo esperado.

Nuestros propios resultados (Castejón y Pascual, 1989) ponen de manifiesto que esta técnica es útil para representar los cambios en la estructura conceptual como resultado de la instrucción, y para definir las diferencias en la organización conceptual de profesores expertos y noveles (Castejón y Pascual, 1990).

2. COMENTARIO FINAL

El análisis de tareas cognitivo y las técnicas de representación son uno de los instrumentos básicos en las investigaciones actuales sobre la enseñanza de los contenidos formales de instrucción, y constituye un campo de confluencia y unión entre la corriente principal de la psicología cognitiva de carácter teórico-experimental, el estudio del pensamiento del profesor y la práctica de la enseñanza. Este análisis abarca desde el estudio de los procedimientos simples, la solución de problemas y las estructuras cognitivas, hasta las formas de representación del conocimiento estratégico y propositivo. El análisis cognitivo de tareas se extiende además al estudio de los segmentos de la actividad de profesores y alumnos en el contexto natural donde se desarrolla, una de las preocupaciones principales de la psicología en su intento por ganar validez ecológica.

Las investigaciones desarrolladas en el campo de la enseñanza de las matemáticas, las ciencias, la geografía, la historia, etc, encuentran una de sus herramientas fundamentales en estos procedimientos de representación y análisis cognitivo. Temas como las representaciones cognitivas de expertos y noveles, el análisis de los conocimientos previos, la identificación de errores conceptuales, y la comprensión de conceptos y procedimientos, abarcando incluso la representación del conocimiento estratégico y propositivo ligado a las habilidades intelectuales generales o el análisis del pensamiento de los profesores, se encuentran dentro de esta línea de investigación.

Dentro del análisis de tareas cognitivo se han desarrollado un conjunto de técnicas y procedimientos de indudable valor para la práctica educativa e instruccional. Aunque quedan en el aire cuestiones metodológicas, la validez y relevancia de las técnicas parece muy prometedora. Por otra parte, si bien es necesario llevar a cabo análisis empíricos, el análisis de tareas ha de permanecer estrechamente unido al campo teórico, para no convertirse en una mera técnica divorciada del núcleo teórico-tecnológico que le sirve de base. Cualquier instrumento debe asentarse en un marco conceptual coherente con el objeto de la investigación.

REFERENCIAS

- Alvarez, M.C. y Risco, V.J. (1987). Concept maps and Vee diagrams: a visual representation of children's thinking. Washington, DC: *Comunicación presentada en la reunión anual de la AERA*.
- Anderson, J.R. (1980). On the merits of ACT and information processing psychology. *Cognition*, 8, 73–88.
- Anderson, J.R. (1982). Acquisition of cognitive skills. *Psychological Review*, 89, 4, 369–406.
- Anderson, J.R. (1987). Methodologies for studying human Knowledge. *Behavioral Brain Science*, 10, 3, 467–477.
- Beail, (1985). *Repertory grid technique and personal constructs. Applications in clinical and educational settings*. Londres: Croon Helm.
- Calderhead, J. (1988). Conceptualización e investigación del conocimiento profesional de los profesores. En L.M. Villar (Ed.), *Conocimiento, creencias y teorías de los profesores* (pp. 21–38). Alcoy: Marfil.
- Castejón, J.L. y Pascual, J. (1988). Procesos cognitivos en la adquisición de conocimientos: lectura y solución de problemas. *Revista de Psicología Universitas Tarraconensis*, X (2), 43–53.
- Castejón, J.L. y Pascual, J. (1989). Evaluación de la estructura cognitiva y del cambio conceptual producido por la instrucción. *Revista de Psicología Universitas Tarraconensis*, XI (1), 139–154.
- Castejón, J.L. y Pascual, J. (1990). Conocimiento y organización del contenido en la enseñanza de las matemáticas. Barcelona: Comunicación presentada en el *VIII Congreso Nacional de Psicología*.
- Chi, M.T.H. (1987). Representing knowledge and metaknowledge: implications for interpreting metamemory research. En F.E. Weinert and R.H. Kluwe (Eds.), *Metacognition, motivation and understanding* (pp. 239–266). Hillsdale, N.J.: LEA.
- Clark, C.M. y Petterson, P.L. (1986). Teacher's thought processes. En M.C. Wittrock (Ed.), *The handbook of research on teaching* (pp. 255–296). Nueva York: Macmillan.
- Coll, C. y Rochera, M.J. (1990). Estructuración y organización de la enseñanza: las secuencias de aprendizaje. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi (Eds.), *Desarrollo psicológico y educación II* (pp. 369–370). Madrid: Alianza.
- Deese, J. (1965). *The structure of association in language and thought*. Baltimore: The Johns Hopkins Press.
- De Jong, T. y Ferguson–Hessler, M. (1986). Cognitive structures of good and poor novice problem solvers in Physics. *Journal of Educational Psychology*, 78, 4, 279–288.

- Dijkstra, S. (1988). The development of the representation of conceptual knowledge in memory and the design of instruction. *Instructional Science*, 17, 4, 339-350.
- Dijkstra, S. (1990). The description of knowledge and skills for the purpose of instruction. En S. Dijkstra; B.H.A. Van Hout y P.C. Van Sijde (Eds.), *Research on instruction. Design and effects* (pp. 155-176). Englewood Cliffs, N.J.: Educational Technology Publ.
- Donald, J. (1987). Learning schemata: methods of representing cognitive, content and curriculum structures in higher education. *Instructional Science*, 16, 187-211.
- Driver, R; Guesne, E. y Tiberghien, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata.
- Ericsson, K.A. (1987). The theoretical implications from protocol analysis on testing and measurement. En R.R. Ronning, J.A. Glover, J.C. Conoley y J.C. Witt (Eds.), *The influence of cognitive psychology on testing* (pp. 191-228). Hillsdale, N.J.: LEA.
- Ericsson, K.A. y Polson, P.G. (1988). A cognitive analysis of exceptional memory for restaurant orders. In M.T.H. Chi, R. Glaser y M. J. Farr (Eds.), *The nature of expertise*. Hillsdale, N.J.: LEA.
- Ericsson, K.A. y Oliver, W.L. (1989). A methodology for assessing the detailed structure of memory skills. En A.M. Colley y J.R. Beech (Eds.), *Acquisition and performance of cognitive skills* (pp. 193-215). Chichester: John Wiley & Sons.
- Ericsson, K.A. y Simon, H. A. (1980). Verbal report as data. *Psychological Review*, 87, 215-251.
- Ericsson, K.A. y Simon, H.A. (1984). *Protocol analysis*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Ericsson, K.A. y Simon, H.A. (1993) *Protocol analysis. Verbal reports as data*. Edición Revisada. Cambridge, MA: MIT Press.
- Eysenck, M.W. y Piper, D.W. (1987). A word is worth a thousand pictures. En J. Richardson, M.W. Eysenck y D. Piper (Eds.), *Student learning. Research in education and cognitive psychology* (pp. 208-220). Milton Keynes: SRHE & Open University Press.
- Fillenbaum, S. y Rapoport, A. (1971). *Structures in the subjective lexicon*. Nueva York: Academic Press.
- Fransella, F. y Bannister, D. (1977). *A manual for repertory grid technique*. Londres: Academic Press.
- Frederiksen, C.H. and Breuleux, A. (1990). Monitoring cognitive processing in semantically complex domains. En N. Frederiksen, R. Glaser, A. Lesgold y M.G. Shafto (Eds.), *Diagnostic monitoring of skill and knowledge acquisition* (pp. 351-391). Hillsdale, N.J.: LEA.

- Friendly, M. (1979). Methods for finding graphic representations of associative memory structures. En C.R. Puff (Ed.), *Memory organization research and theory* (pp.85–130). Nueva York: Academic Press.
- Garskoff, B.E. y Houston, J.P. (1963). Measurement of verbal relatedness: An idiographic approach. *Psychological Review*, 70, 277–288.
- Genest, M. y Turk, D.C. (1981). Think-aloud approaches to cognitive assessment. En T.V. Merluzzi, C. R. Glass y M. Genest (Eds.), *Cognitive assessment*. Nueva York: Academic Press.
- Gentner, D. y Stevens, A. (Eds.) (1983). *Mental models*. Hillsdale, N.J.: LEA.
- Gilbert, J.K., Watts, D.M. y Osborne, R.J. (1985). Eliciting student view using an interview-about-instances technique. En L.H.T. West y A.L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 11- 28). Orlando, Fl: Academic Press.
- Greeno, J.G. (1980). Some examples of cognitive task analysis with instructional implications. En R. Snow, P. Federico y S. Montague (Eds.), *Aptitude, learning and instruction* (vol 2, pp. 1-21). Hillsdale, N.J.: LEA.
- Hayes-Roth, B. y Hayes-Roth, F. (1979). A cognitive model of planning. *Cognitive Science*, 3, 275-310.
- Hirtle, S.C. y Jonides, J. (1985). Evidence of hierarchies in cognitive maps. *Memory & Cognition*, 13, 3, 208-217.
- Johnson, S.C. (1967). Hierarchical clustering schemes. *Psychometrika*, 32 (3), 241–254.
- Jonassen, D.H.; Hannum, W.H. y Tessmer, M. (1989). *Handbook of task analysis procedures*. Nueva York: Praeger.
- Larkin, J. y Rainard, B. (1984). A research methodology for studying how people think. *Journal of Research in Science Teaching*, 21, 235-254.
- Leinhardt, G. (1989). Development of an expert explanation: An analysis of a sequence of subtraction lessons. In L.B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning and instruction: Essays in honour of Robert Glasser* (pp. 67-124). Hillsdale, N.J.: LEA.
- Leinhardt, G. y Smith, D.A. (1985). Expertise in mathematics instruction: subject matter knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 77, 3, 247-271.
- Leinhardt, G. y Greeno, J.G. (1986). The cognitive skills of teaching. *Journal of Educational Psychology*, 78, 2, 75-95.
- Mandler, G. (1967). Organization and memory. En K.W. Spence & T. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation*. Vol. 1. Nueva York: Academic Press.
- Monk, R.C. (1987). *Structures of knowing*. Lanham, Londres: University Press of America.

- Naveh-Benjamin, M., McKeachie, W.J., Lin, Y. y Tucker, D.G. (1986). Inferring students cognitive structures and their development using the "ordered tree technique". *Journal of Educational Psychology*, 78, 2, 130-140.
- Newel, A. (1973). Production systems of control process. En W.G. Chase (Ed.), *Visual information processing* (pp. 463–526). Nueva York: Academic Press.
- Newel, A. y Simon, H.A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice– Hall.
- Nisbett, R.E. y Wilson, T.D. (1977). Telling more than we can know: verbal reports on mental processes. *Psychological Review*, 84, 231-259.
- Norman, D.A.; Rumelhart, D.E. y el grupo LNR (1975). *Explorations in cognition*. San Francisco, CA: Freeman.
- Novak, J.D. (1990). Concept maps and Vee diagrams: two metacognitive tools to facilitate meaningful learning. *Instructional Science*, 19, 29-52.
- Novak, J.D. y Gowin, D.B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Pines, A.L. (1985). Toward a taxonomy of conceptual relations and the implications for the evaluation of cognitive structures. In L.H.T. West y A.L. Pines (Eds.), *Cognitive structures and conceptual change* (pp. 101–116). Orlando, FL: Academic Press.
- Pines, A.L., Novak, J.D., Posner, G.J. & Van Kirk, J. (1978). The clinical interview: A method for evaluating cognitive structure. (*Research Report n° 6*). Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education, College of Agriculture and Life Sciences.
- Pope, M. & Denicolo, P. (1993). The art and science of constructivist research in teacher thinking. *Teaching and Teacher Education*, 9(5/6), 529–544.
- Posner, G.J. (1978). Tools for curricula research and development: potential contributions from cognitive science. *Curricula Inquiry*, 8, 4, 311-340.
- Posner, G.J. (1982). A cognitive science conception of curriculum and instruction. *Journal of Curriculum Studies*, 14(4), 343-351.
- Preece, P.F.W. (1976). Mapping cognitive structure: a comparison of methods. *Journal of Educational Psychology*, 68,1, 1-8.
- Puff, R.C. (Ed), (1982). *Handbook of research methods in human memory and cognition*. Nueva York: Academic Press.
- Quillian, M.R. (1968). Semantic memory. En M. Minsky (Ed.), *Semantic information processing*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Reitman, J.S. y Rueter, H.H. (1980). Organization revealed by recall orders and confirmed by pauses. *Cognitive Psychology*, 12, 554-581.
- Rivas, F.; Martínez, V. y Latorre, A. (1990). La Situación Educativa desde la Psicología de la Instrucción. *Revista de Psicología de la Educación*, 2, 5,

1-11.

- Riviere, A. (1980). Psicología cognitiva y educación. *Infancia y Aprendizaje*, 12, 5-24.
- Rueter, H.H. (1985). The ordered tree technique as measure of cognitive structure. *Doctoral dissertation*, Universidad de Michigan.
- Rumelhart, D.E. y Ortony, A. (1977). The representation of knowledge in memory. En R.C. Anderson, R.J. Spiro y W.E. Montague (Eds.), *Schooling and the acquisition of knowledge*. Hillsdale, N.J.: LEA.
- Sacerdotti E.D. (1977). *A structure for plans and behavior*. Nueva York: Elsevier-North Holland.
- Shavelson, R.J. (1974). Methods for examining representations of a subject-matter structure in a student's memory. *Journal of Research in Science Teaching*, 11, 3, 231-249.
- Shavelson, R.J. (1983). On quagmires, philosophical and otherwise: A reply to Phillips. *Educational Psychologist*, 18,2, 81-87.
- Shavelson, R.J. y Stanton, G.C. (1975). Constructs validation methodology and application to three measures of cognitive structure. *Journal of Educational Measurement*, 12, 67-85.
- Shavelson, R.J., Webb, N.M. y Burstein, L. (1986). Measurement of teaching. En C.M. Wittrock (Ed.), *Handbook of Research on Teaching* (pp. 50-91). Nueva York: Macmillan.
- Shoben, E.J. y Ross, B.H. (1987). Structure and process in cognitive psychology using multidimensional scaling and related techniques. En R.R. Ronning, J.C. Conoley, J.A. Glover y J.C. Witts (Eds.), *The influence of Cognitive Psychology on Testing* (pp. 229-266). Hillsdale, N.J.: LEA.
- Shuell, Th. J. (1985). Knowledge representation, cognitive structure and school learning: a historical perspective. En L.H.T. West y A.L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 117-132). Orlando, Fl: Academic Press.
- Siegler, R. S. (1980). Recent trends in the study of cognitive development: variations on a task analytic theme. *Human Development*, 23, 278-285.
- Siegler, R. S. (1989). Hazards of mental chronometry: An example from children's substraction. *Journal of Educational Psychology*, 1, 497-506.
- Sokal, R.R. y Rohlf, F.J. (1962). The comparison of dendograms by objective methods. *Taxonom*, 11, 33-40.
- Sternberg, R.J. (1977). *Intelligence, information processing and analogical reasoning*. Hillsdale, NJ: LEA.
- Toulmin, S.E. (1958). *The uses of argument*. Londres: Cambridge University Press.
- Toulmin, S. Rieke, R. and Janik, A. (1979). *An introduction to reasoning*. Nueva York: Macmillan.

- Tversky, A. y Gati, I. (1978). Studies on similarity. En E. Rosch y B. Lloyd (Eds.), *Cognition and categorization* (pp. 259–303). Hillsdale, NJ: LEA.
- Vanlehn, K. y Brown, J.S. (1980). Planning nets: a representation for formalizing analogies and semantic models of procedural skills. En R.E. Snow, P. Federico y W. Montague (Eds.), *Aptitude, Learning and Instruction*, Vol. 2 (pp. 95–138). Hillsdale, NJ: LEA.
- Voss, J.F., Tyler, S.W. y Yengo, L.A. (1983). Individual differences in the solving of social science problems. En R.F. Dillon y R.R. Schmeck (Eds.), *Individual differences in cognition* (pp. 205–232). Nueva York: Academic Press.
- West, L.H.T., Fensanm, P.J. y Garrard, J. E. (1985). Describing the cognitive structures of learners following instruction in chemistry. En L.H.T. West y A.L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 29–50). Orlando, FL: Academic Press.
- White, R.T. (1985). Interview protocols and dimensions of cognitive structure. En L.H.T. West and A. L. Pines (Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 51–60). Orlando, FL: Academic Press.
- Woods, W. (1975). What's in a link? En D. C. Bobrow & J. Collins (Eds.), *Representation and understanding*. Nueva York: Academic Press.
- Yinger, R.J. y Clark, C.M. (1988). El uso de documentos personales en el estudio del pensamiento del profesor. En L.M. Villar (Ed.), *Conocimiento, creencias y teorías de los profesores* (pp. 175–196). Alcoy: Marfil.

