

El papel de los diagramas en la organización del conocimiento: Evidencia desde el pathfinder y el escalamiento multidimensional

Juan Carlos Ruiz^{*}, Salvador Algarabel, Carmen Dasí y Alfonso Pitarque

Universidad de Valencia

En este trabajo se ha estudiado el efecto que tiene la utilización o no de diagramas sobre la organización cognitiva que se alcanza en un dominio, estudiado durante la etapa declarativa del aprendizaje. Tres grupos de estudiantes que cursaban la asignatura de diseños de investigación experimental en la carrera de Psicología recibieron instrucción sobre el análisis estadístico de datos experimentales. Durante la adquisición de ese conocimiento en uno de los grupos se utilizó un diagrama completo sobre las diferentes posibilidades de análisis estadístico, en otro un diagrama más simple y en el otro grupo no se utilizó ningún diagrama. Para poner de manifiesto la estructura cognitiva adquirida durante el proceso de aprendizaje se utilizaron dos medidas directas de la organización del conocimiento, el pathfinder (Schvaneveldt, Durso y Dearholt, 1985, 1989) y el escalamiento multidimensional (EMD) (Kruskal y Wish, 1978). Los resultados mostraron diferencias entre los grupos en las representaciones mentales que alcanzaron del dominio de conocimiento que estudiaron, y fueron también diferentes en comparación con la representación mental de un experto.

Palabras clave: Diagramas, organización del conocimiento, pathfinder, escalamiento multidimensional.

Desde hace más de cuatro décadas la psicología cognitiva ha asumido que el conocimiento está configurado siguiendo una determinada organización (Collins y Quillian, 1969; Bower, 1972; Anderson, 1982, 1983; Raaijmakers y

^{*} Esta investigación ha sido financiada por la DGICYT a través del proyecto PS/94-0193. La correspondencia relacionada con este artículo debe dirigirse a Juan Carlos Ruiz (E-mail: jcrui@uv.es), Dpto. de Metodología, Psicobiología y Psicología Social. Universidad de Valencia. Avda. Blasco Ibañez, 21, 46010 - Valencia.

Shiffrin, 1981; ver también la revisión de Estes, 1991). La generación de esa estructura supone que se ha adquirido una habilidad cognitiva en la medida en que el individuo ha alcanzado la capacidad para resolver problemas basándose en sus conocimientos.

El estudio de cómo se adquiere el conocimiento sobre un determinado dominio y cómo se va estructurando ese conocimiento se inicia hacia mediados de este siglo con los estudios sobre solución de problemas. En los años sesenta se recurre a los protocolos verbales como medio para enfocar el estudio de la solución de problemas, y se incorpora el razonamiento y la toma de decisiones al estudio de la adquisición del conocimiento. En la década de los setenta el estudio de la solución de problemas se centra en la comparación entre expertos y novatos, utilizando problemas que requieren mayor cantidad de conocimiento. En los ochenta los investigadores se ocuparon del modo cómo los individuos se convierten en expertos, estudiando el papel que la práctica y el uso de ejemplos juegan en ese proceso (Chi, Glaser y Farr, 1988; Hassebrock, Johnson, Bullemer, Fox y Moller, 1993; Schraagen, 1993). En la actualidad continúan estas líneas de investigación (p.e.: Cañas, Bajo, Navarro, Padilla y Puerta, 1998. Revisiones sobre adquisición de habilidades cognitivas: Kahney, 1993; VanLehn, 1996; Voss, Wiley y Carretero, 1995).

Paralelamente al estudio de la adquisición y organización del conocimiento se han desarrollado procedimientos para poner de manifiesto cuál es su estructura. El catálogo de procedimientos que han surgido con este objetivo es amplio y su aparición ha estado guiada por teorías del desarrollo cognitivo como las de Fitts (1964) y Anderson (1982, 1983), y por conceptualizaciones teóricas sobre el aprendizaje que lo presentan como un hecho multidimensional (Gagne, 1984; Kraiger, Ford y Salas, 1993).

Para comprender cómo se adquiere y organiza el conocimiento y conocer cómo puede ponerse de manifiesto esa estructura conviene tener como referente las teorías sobre el desarrollo cognitivo. En la de Anderson (1982) se distinguen tres etapas en la adquisición de habilidades cognitivas: a) una primera etapa cognitiva o declarativa, en la que el sujeto se instruye en los hechos relevantes para la ejecución de una determinada actividad, y éstos se representan en la memoria declarativa en forma de afirmaciones. b) una segunda, asociativa o de compilación del conocimiento, que sirve de transición hacia la etapa procedural en la que se compila el conocimiento, de manera que distintos pasos implicados en la solución de problemas se unifican en uno sólo, y se generan nuevas producciones que automatizan procesos que requerían información declarativa que exigía el acceso a la memoria a largo plazo. Estos procesos disminuyen la carga de memoria y ahorran tiempo en las tareas cognitivas que se estén

aprendiendo por parte del sujeto. c) una etapa final denominada de autonomía o procedural en la que se produce una aceleración en la aplicación de habilidades particulares a problemas apropiados. Se refuerzan las mejores reglas y se debilitan las peores. En esta etapa además, aumenta la relación asociativa entre estímulos concretos y producciones que se disparan ante su presencia.

Sin embargo las teorías del desarrollo cognitivo no indican cómo puede medirse éste ni proponen índices para valorar el desarrollo alcanzado en la habilidad cognitiva que se esté aprendiendo. Tradicionalmente la adquisición de habilidades cognitivas se ha evaluado mediante tests administrados al finalizar el período de aprendizaje bien de respuesta libre o de elección múltiple, independientemente de la etapa de aprendizaje en la que se encuentra el individuo, y sin tener en cuenta que el nivel de conocimiento en el que se encuentra un sujeto puede describirse atendiendo a diferentes dimensiones: organización y estructura del conocimiento; profundidad en la representación de los problemas (p.e.: percepción de elementos superficiales, percepción de principios abstractos); complejidad de los modelos mentales; eficacia de los procedimientos utilizados en la ejecución; automatización alcanzada en la ejecución; capacidad metacognitiva para aprender (Royer, Cisero y Carlo, 1993). Y sin tener tampoco en cuenta que la organización del conocimiento es algo distinto a la cantidad de conocimiento declarativo. Algunos autores señalan que las medidas de organización del conocimiento sólo están marginalmente relacionadas con las medidas de conocimiento declarativo, pero dan cuenta de mayor varianza explicada en el rendimiento que los tests de reconocimiento (Kraiger, Salas, y Cannon-Bowers, 1995; Sumfleth, 1988; Trigwell y Sleet, 1990). En este sentido, recientes concepciones sobre la evaluación del aprendizaje (Kraiger, Ford y Salas, 1993) señalan la necesidad de asumir que los resultados del aprendizaje cognitivo son multidimensionales puesto que implican adquisiciones relativas a dimensiones cognitivas, habilidades técnicas o motoras, y afectivas. Y dentro de la dimensión cognitiva distinguen a su vez entre tres constructos diferentes: conocimiento verbal; organización del conocimiento; y estrategias cognitivas. Consecuentemente, se asume que a la hora de valorar el aprendizaje alcanzado éste debería medirse mediante procedimientos específicos para cada dimensión o constructo concreto que quiera ser evaluado.

En suma, tanto las teorías del desarrollo cognitivo como las teorías del aprendizaje, coinciden en señalar que los cambios cognitivos que supone la instrucción conducen a un incremento en el conocimiento procedural, lo que implica el desarrollo de estructuras significativas de organización del conocimiento. El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto del uso de diagramas en la organización del conocimiento relativo al análisis de datos experimentales. La hipótesis de trabajo es que el uso de diagramas puede facilitar

la adquisición de esquemas mentales semejantes o próximos al de un experto. Por tanto la atención se centrará ahora en las medidas de la organización del conocimiento. Estas pueden agruparse siguiendo distintos criterios. Royer, Cisero y Carlo (1993) establecen dos tipos de medidas: medidas directas basadas en el supuesto carácter asociativo de la memoria; y medidas indirectas basadas en la ejecución en tareas supuestamente sensibles al grado en que el conocimiento está organizado.

Medidas directas de la organización del conocimiento. Se basan en la suposición de que el conocimiento en un determinado campo se organiza en torno a conceptos clave y que por tanto, puede acudir a la medición de asociaciones o semejanzas entre conceptos dentro de la memoria para poner de relieve cuál es esa organización en la memoria semántica. Las dos técnicas directas más utilizadas en los últimos años son el escalamiento multidimensional (EMD) (Kruskal, 1977; Kruskal y Wish, 1978; Shoben, 1983) y el pathfinder (Schvaneveldt, Durso y Dearholt, 1985, 1989; Schvaneveldt, Durso, Goldsmith, Breen, Cooke, Tucker y DeMaio, 1985).

Estos dos procedimientos siguen tres fases (Kraiger, Salas, y Cannon-Bowers, 1995): a) Se establece un conjunto de 'n' conceptos básicos clave en un determinado dominio, normalmente entre 15 y 30, b) una vez establecido el conjunto de conceptos clave se agrupan construyendo todos los pares posibles entre ellos. Estos pares se presentan a los sujetos para que indiquen de manera rápida e intuitiva la relación que existe entre los conceptos que forman cada par, y c) una vez obtenidos los juicios se establece la organización del conocimiento para cada sujeto en el dominio que se esté considerando. Para alcanzar esa representación el escalamiento multidimensional y el pathfinder acuden a algoritmos diferentes. El EMD sitúa cada concepto en un espacio de 'n' dimensiones donde se localizan los conceptos de acuerdo a su proximidad psicológica. El pathfinder, por su parte, da como resultado una representación en forma de red en la que los conceptos se sitúan en los nodos de la red y las conexiones entre ellos representan las relaciones entre conceptos. Tras estas tres fases la representación de la organización del conocimiento de un sujeto que esté aprendiendo puede compararse con la de un experto, obtenida siguiendo los mismos pasos, para valorar el grado de semejanza entre ambas representaciones y por tanto el nivel de organización estructural del conocimiento alcanzado.

Otros procedimientos que se han basado en el estudio del grado de asociación entre conceptos han sido los de mostrar a los sujetos conceptos de un determinado dominio y pedirles que escriban otros conceptos de ese dominio que "les vengan a la memoria". De esta forma se obtienen índices de asociación que

pueden compararse con los que pueden proporcionar expertos o generarse partiendo de coocurrencias en libros de texto de la materia que interese (Johnson, 1969; Geeslin y Shavelson, 1975; Shavelson, 1972). O se ha pedido a los sujetos que escribieran sobre determinadas categorías referidas a un dominio, y a partir de ahí se han generado protocolos que se han transformado en representaciones estructurales de los conceptos en la memoria. Otra técnica asociativa ha consistido en presentar a los sujetos listas de conceptos para que los agruparan en pares que tuvieran una relación intensa, moderada, débil o inexistente (Konold y Bates, 1982). En un procedimiento diferente se ha examinado el modo cómo en una prueba de recuerdo libre los sujetos recordaban las palabras agrupadas en categorías. Esa agrupación categorial se ha utilizado como índice de la organización del conocimiento (Reitman y Rueter, 1980). Algunos autores simplemente han recurrido al estudio de las proximidades entre conceptos partiendo del orden en que aparecen en tareas de recuerdo para generar la organización estructural del conocimiento (Chi y Koeske, 1983; Schvaneveldt y Durso, 1981).

Medidas indirectas de la organización del conocimiento Estos procedimientos suponen que la ejecución de un sujeto en una determinada tarea será mejor o peor en consonancia con la medida en que posea mejor o peor organización del conocimiento. El estudio de los pasos que sigue un sujeto para llegar a la solución de un problema, o la eficiencia con que un sujeto busca información relevante en un documento para una determinada tarea, se toman como reflejo del grado en que el sujeto ha adquirido y organizado el conocimiento en un dominio concreto (Guthrie, Britten y Barker, 1991). Otro procedimiento indirecto que se ha empleado ha sido la técnica de verificación de sentencias (Royer, Carlo y Cisero, 1992). Los análisis de protocolos verbales también pueden considerarse una medida indirecta cuando se pide a los sujetos que describan los conocimientos y estrategias que emplean para resolver una determinada tarea (Gordon, Schmierer y Gill, 1993).

Las medidas de la estructura del conocimiento señaladas tienen sus pros y contras. En los últimos años, especialmente por lo que respecta a los procedimientos directos de EMD y Pathfinder, ha aparecido un gran número de investigaciones dirigidas a compararlos en cuanto a la información que proporcionan, a demostrar su validez como procedimientos de medición de la estructura del conocimiento, y a conocer distintos aspectos relacionados con su funcionamiento. Así, se ha puesto de manifiesto que el recuerdo tanto serial como libre de listas de palabras presentadas durante su estudio siguiendo la organización que proporciona una red generada mediante el pathfinder es mejor

que cuando se presentan siguiendo la organización generada mediante EMD, y en ambos casos superior al obtenido en listas presentadas sin ningún tipo de organización específica (Cooke, Durso y Schvaneveldt, 1986). Kraiger, Salas y Canon-Bowers (1995) en dos estudios en los que se entrenaba a una serie de sujetos a programar con el SPSS o a tomar decisiones navales tácticas en una tarea simulada, mostraron que el pathfinder posee validez de contenido, discriminante y predictiva.

Pathfinder y EMD se han mostrado en definitiva como instrumentos capaces de reflejar la organización del conocimiento, aunque con ciertas diferencias. Mientras que el EMD proporciona una representación global de los conceptos con los que se esté trabajando, el pathfinder refleja mejor relaciones puntuales entre conceptos (Cooke, Durso y Svaneveldt, 1986). En suma, puede considerarse que son dos procedimientos válidos para poner de manifiesto cuál es la organización del conocimiento que posee un individuo sobre un determinado dominio. Consecuentemente, pueden utilizarse para mostrar cuáles serán los efectos del uso de diagramas más o menos estructurados o su no utilización sobre la organización cognitiva del conocimiento en estudiantes de Diseño Experimental que estén aprendiendo cómo se debe proceder para analizar datos obtenidos en investigaciones experimentales. Este es el objetivo de esta investigación.

En la fase inicial o declarativa de adquisición de habilidades cognitivas el uso de diagramas puede jugar un papel importante a la hora de estructurar el conocimiento que se está adquiriendo. Los diagramas, como organizadores simplificados del conocimiento pueden, por una parte ayudar a integrar e interconectar los conocimientos aprendidos linealmente, y por otra, pueden facilitar la solución de problemas en la medida en que marquen la estrategia a seguir para llegar a la respuesta buscada.

En este trabajo el interés ha estado en estudiar el efecto del uso de diagramas en un contexto real de aprendizaje como es un curso de metodología experimental en el 2º curso de la licenciatura de Psicología, en el momento en el que los estudiantes se enfrentan a la parte práctica de la asignatura y ya se les ha presentado el contenido teórico de la materia. En ese momento del aprendizaje se ha repasado el contenido empleando un diagrama que incluía todos los conceptos fundamentales a los que hacía referencia el tema (diagrama completo), o bien un diagrama simplificado (diagrama incompleto), o bien no se empleaba diagrama alguno (sin diagrama). Tras esa fase se mostraron problemas como ejemplo con su solución y finalmente los sujetos se enfrentaron a problemas equivalentes en contenido y dificultad a los de los ejemplos.

Para conocer los efectos del uso de diagramas se pidió a los estudiantes que agrupasen los conceptos clave del tema en grupos que contuvieran, según su opinión, conceptos relacionados entre sí. Estas agrupaciones conceptuales se utilizaron como punto de partida para conocer la estructura del conocimiento de los estudiantes mediante pathfinder y mediante escalamiento multidimensional. De esta manera se comparó la estructura que proporcionan estas dos medidas directas de la organización del conocimiento en función del tipo de diagrama.

MÉTODO

Participantes Participaron 119 estudiantes de segundo curso de Psicología, repartidos en seis grupos, tres de los cuales recibían clase en horario de mañana y tres en horario de tarde. Cada uno de estos grupos se asignó aleatoriamente a una de las tres condiciones experimentales, de modo que 20 sujetos participaron en la condición experimental 'diagrama completo', 58 en la condición 'diagrama incompleto' y 41 en la condición 'sin diagrama'.

Materiales. El contenido con el que se estudió el efecto del tipo de diagrama se refería al 'procedimiento de análisis de datos experimentales' en el contexto de un curso de diseño experimental. Tomando como referencia ese dominio se elaboró un diagrama completo (ver apéndice nº 1) en el que aparecen detalladas las posibilidades de análisis de datos experimentales, las opciones en función de los intereses del investigador, de los resultados que se van obteniendo, o de la necesidad de controlar la probabilidad de cometer errores tipo I. Este diagrama completo correspondía a la primera condición experimental. En la segunda condición el diagrama no era tan detallado, diagrama incompleto o global (ver apéndice nº 1), indicando tan sólo los pasos generales en el proceso de análisis de los datos, sin presentar explícitamente los problemas relacionados con el control de α , ni las pruebas estadísticas concretas (p.e.: Tukey). Para la tercera condición experimental, sin diagrama, no se construyó ningún diagrama, de modo que el contenido que se quería que aprendieran los alumnos se presentaba verbalmente y de una manera lineal, sin hacer hincapié en los pasos que pueden darse en el análisis y las opciones a que conlleva cada paso.

Además de los diagramas, que se presentaban mediante transparencias a los alumnos durante el horario de clase, también se preparó una hoja con los 12 conceptos clave del dominio de estudio en la parte superior de la hoja y suficiente espacio para que los alumnos hicieran agrupaciones de esos conceptos después de haber contestado el examen.

Diseño Se ha manipulado una sola variable independiente, el ‘tipo de diagrama’ con el que se presentaba el contenido que debían aprender los estudiantes. La asignación de los grupos a las condiciones experimentales se realizó aleatoriamente de manera que tanto los grupos con horario de mañana como los grupos con horario de tarde recibían las tres condiciones. Los grupos estaban contruidos previamente a partir de criterios de matriculación del centro.

Procedimiento El modo como se presentaba el contenido que debían adquirir los estudiantes y el modo como se evaluaba la adquisición de ese conocimiento se realizaba en dos sesiones de clases prácticas. En la primera inicialmente se presentaba el contenido que debían aprender los sujetos. Este contenido suponía la presentación de un diagrama completo (primera condición experimental) donde de manera estructurada se presentaban todos los conceptos relativos al contenido y sus relaciones. O de un diagrama incompleto (segunda condición experimental) en el que únicamente se presentaban los conceptos clave y las relaciones entre ellos. O simplemente el profesor repasaba oralmente los conceptos relativos al contenido objeto de estudio (tercera condición experimental). En segundo lugar el profesor presentaba un problema con diferentes situaciones para cuya solución se requería el contenido que acababa de repasar, y respondía a todas ellas. En tercer lugar presentaba a los alumnos un problema equivalente al que había resuelto para que ellos lo solucionaran.

En la segunda sesión la clase comenzaba tal como se hizo en la primera sesión, presentando el diagrama correspondiente o los conceptos simplemente, dependiendo de la condición experimental. A continuación se daba a los alumnos un examen con 16 preguntas relativas al contenido objeto de estudio para que las contestaran. Una vez terminado el examen los sujetos recibían una hoja con un listado de 12 conceptos clave que se habían trabajado en las dos sesiones y en el examen para que los agrupara en conjuntos de conceptos. En las instrucciones se les indicaba que hicieran agrupaciones de conceptos relacionados entre sí, y que construyeran tantas agrupaciones como quisieran, pudiendo repetir conceptos en grupos distintos y sin limitación en el número de conceptos que debía tener cada grupo. Esta tarea de clasificación es uno de los procedimientos que pueden emplearse para obtener los datos de proximidad o grado de relación que existe entre dos conceptos para una determinada persona (Cañas et al., 1998; Gillan, Breeding y Cooke, 1992). Con las agrupaciones de conceptos se construyó una matriz por sujeto donde se indicaba el número de veces que cada concepto aparecía en el mismo grupo con cada uno de los restantes conceptos. Además, se construyó una lista con los 66 pares de conceptos que pueden generarse partiendo

de la lista de 12 conceptos que los estudiantes utilizaban para realizar sus agrupaciones, con el objetivo de que un experto en el análisis estadístico de datos experimentales, profesor de la asignatura de Diseños de investigación experimental, estableciera la similitud entre todos los conceptos utilizando una escala de 9 puntos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los grupos de conceptos construidos por los sujetos se transformaron en una matriz de coocurrencias para cada sujeto en la que se recogía el número de veces que cada concepto aparecía junto a otro en algún grupo. Una vez se dispuso de la matriz de coocurrencias para cada sujeto se sumaron las de los sujetos pertenecientes a cada condición. De esta manera se obtuvieron tres matrices de coocurrencias, cada una correspondiente a un grupo. A continuación éstas se convirtieron en matrices de desemejanzas restando al número total de sujetos más uno cada valor de coocurrencia. Las puntuaciones en similitud del experto también se transformaron en una matriz de desemejanzas. Las cuatro matrices que resultaron se analizaron mediante pathfinder y mediante escalación multidimensional.

Análisis mediante pathfinder. Para aplicar el pathfinder se eligieron los parámetros $r = \text{infinito}$ y $q = n - 1$ por ser los que proporcionan las redes más simples (Schvaneveldt, Durso y Dearholt, 1985). El pathfinder generó una red para cada una de las cuatro matrices. Para compararlas se utilizaron el índice de similaridad y el índice C (Closeness). El primero muestra la correspondencia entre dos redes y es la proporción de conexiones comunes a ambas redes. Dos redes idénticas mostrarán una similaridad de 1 y dos que no compartan ninguna conexión una similaridad de 0. El segundo índice permite cuantificar la semejanza que existe entre dos redes o estructuras conceptuales que comparten un conjunto común de conceptos. C compara los conceptos vecinos de un determinado concepto en dos redes. El rango de valores que puede tomar C va de 0 a 1, indicando cada extremo que las redes son complementarias o idénticas, respectivamente. Goldsmith, Johnson, y Acton (1991) han mostrado que la semejanza entre redes de estudiantes y expertos, obtenidas mediante pathfinder, medida a través de C son mejores predictores del rendimiento de los estudiantes que las redes estructurales derivadas a partir de escalamiento multidimensional. En la tabla 1 aparecen los valores de similaridad y C obtenidos en nuestros datos.

En la tabla puede observarse que las correlaciones menores aparecen entre el experto y los alumnos, independientemente de la condición experimental,

indicando que la discrepancia entre la organización de la materia que muestra el experto y la que muestran los alumnos es manifiesta. Al mismo tiempo las correlaciones mayores se dan entre los grupos de estudiantes, siendo los grupos de diagrama completo y de diagrama incompleto los que muestran las redes más semejantes. Parece entonces que los grupos a los que se presentó algún tipo de diagrama poseen una organización del contenido de la materia estudiada relativamente parecida y que esa estructura es distinta a la que muestra el grupo al que no se presentó ningún diagrama.

Tabla 1. Semejanza entre las redes obtenidas por el pathfinder de cada condición, medida mediante los índices de similitud y C (en negrita).

	Experto	Diagrama Completo	Diagrama Incompleto	Sin Diagrama
Experto	-	0.062	0.065	0.114
Diagrama Completo	-	0.061	0.055	0.090
Diagrama Incompleto	-	-	0.533	0.160
Sin Diagrama	-	-	0.486	0.144
			-	0.217
			-	0.189
				-
				-

En el apéndice nº 2 se recogen las redes generadas por el pathfinder para cada uno de los grupos y para el experto. Como puede apreciarse las redes son relativamente sencillas, en el caso de los grupos con diagrama completo y con diagrama incompleto, con 12 y 11 conexiones respectivamente. Las redes correspondientes al grupo sin diagrama y al experto son más complejas, 17 y 22 conexiones respectivamente, y muestran una disposición menos lineal de los conceptos. Además de ser más complejas las redes del grupo sin diagrama y del experto, el número de conexiones comunes en ambas redes es 4, mientras que el número de conexiones comunes entre el grupo de diagrama completo y el experto es 2, como ocurre entre el grupo con diagrama incompleto y el experto. Por su parte los dos grupos con diagrama comparten 8 conexiones comunes.

Al margen de los anteriores elementos de comparación entre las redes derivadas por el pathfinder, hay que señalar que las redes muestran en los tres grupos de estudiantes una organización del conocimiento en cierta medida errónea puesto que la disposición relativamente lineal de las redes refleja que no se ha estructurado el conocimiento en torno a conceptos centrales clave, sino que

por el contrario sólo se ha conseguido una simple concatenación de conceptos, que en muchas ocasiones no es correcta en la medida en que no refleja los pasos lógicos que debe guiar el análisis de datos experimentales tal y como se explicaba en clase. Esta última circunstancia es más clara en los grupos en los que se mostraron diagramas. Por lo que parece que los diagramas han llevado a una estructura menos parecida a la del experto que la alcanzada por el grupo al que no se presentó diagrama, como si el diagrama impuesto entorpeciera la organización estructural del contenido objeto de estudio. Esta hipótesis explicaría además el hecho de que las redes del experto y del grupo sin diagrama presenten un índice de similitud y C mayor que el que muestra el experto con los otros grupos.

Análisis mediante escalamiento multidimensional. Las matrices de desemejanzas se analizaron también mediante escalamiento multidimensional. Con este análisis y siguiendo el modelo Euclidiano cada uno de los conceptos con los que se trabajaba se sitúa en un espacio multidimensional. Los conceptos se ordenan en ese espacio de tal forma que conceptos relacionados se representan próximos entre sí y conceptos no relacionados alejados en el espacio bi o tridimensional. El número de dimensiones con el que se trabajó fue 2, obteniendo una configuración bidimensional para cada uno de los grupos de estudiantes y para el experto. El apéndice nº 3 recoge las dimensiones obtenidas con el análisis de escalamiento multidimensional para cada uno de los grupos y para el experto. Los conceptos en cada tabla aparecen ordenados de mayor a menor valor en cada dimensión.

En el caso del grupo al que se presentaba el diagrama completo la solución bidimensional de análisis EMD explicaba el 37% de la varianza de las desemejanzas. La primera dimensión sitúa los conceptos atendiendo al orden temporal que debe seguir el análisis de datos, partiendo del “análisis global” y procedimientos de análisis a priori hasta llegar a procedimientos a posteriori de análisis y a las soluciones para el tratamiento del “error por experimento”. La segunda dimensión podría denominarse de “tratamiento del error” yendo de los procedimientos en los que no hay que controlar la tasa de error por contraste para controlar la tasa de error por experimento a los procedimientos en los que sí que hay que controlarla.

En el caso del grupo con diagrama incompleto la solución bidimensional aplicaba el 34% de la varianza de las desemejanzas. En la primera dimensión la mayoría de los conceptos aparecen formando prácticamente un único bloque del que se diferencian dos pruebas de comparaciones de medias. La segunda dimensión organiza los conceptos de acuerdo con el orden temporal que debe seguir el análisis de los datos como ocurre con una de las dimensiones que

presenta el grupo con diagrama completo. El grupo con diagrama incompleto no distingue entre comparaciones a priori y a posteriori aunque sí sitúa el problema del error por experimento en relación con los análisis que implican comparaciones de medias, ya sean a priori o a posteriori.

La solución del análisis multidimensional para el grupo sin diagrama explicó el 30% de la varianza. Para este grupo una de las dimensiones coincide con la dimensión de orden temporal que debe seguirse en el análisis de los datos que también aparece en los otros dos grupos. La otra dimensión sería de tratamiento del error, equivalente a la dimensión 2ª que aparece en el grupo con diagrama completo.

Finalmente, para el caso del experto la solución bidimensional explicó el 55% de la varianza. Una de las dimensiones coincide con la que presentan el grupo de diagrama completo y sin diagrama, es la de “tratamiento del error”. La otra no aparece en ninguno de los grupos de estudiantes, esta dimensión podría denominarse “nivel de análisis”, que diferencia entre aspectos del proceso de análisis de datos que tienen que ver con los objetivos del investigador (genéricamente comparar condiciones experimentales), y aspectos del proceso de análisis relacionados con la problemática estadística de los análisis (la necesidad de controlar las distintas tasas de error y los procedimientos concretos para conseguirlo).

En resumen, las distintas condiciones de presentación de los contenidos que debían aprender los estudiantes no ha llevado a representaciones multidimensionales de los conceptos claramente diferenciadas, por el contrario, los tres grupos reflejan la necesaria secuencialidad que debe seguir el análisis, comenzando por la comprobación de resultados globales significativos, referidos tanto a factores principales como a interacciones, y continuando por los análisis posteriores de efectos que hayan resultado significativos. Por otra parte, a excepción del grupo con diagrama incompleto, la segunda dimensión en la que coinciden a la hora de organizar los conceptos es el problema del control de la probabilidad de error por experimento y las técnicas empleadas para conseguir ese objetivo. En cualquier caso todos los grupos presentan conceptos que se “sitúan equivocadamente” en las dimensiones señaladas, posiblemente por incompreensión o por un insuficiente aprendizaje del contenido objeto de estudio.

Realizando comparaciones con el experto puede comprobarse que la dimensión de “tratamiento del error” aparece tanto en los grupos de diagrama completo, sin diagrama, y en el experto. Sin embargo ninguno de los grupos muestra la dimensión de “nivel de análisis” que aparece exclusivamente en el experto. Parece por tanto que los estudiantes han sido capaces de comprender cuál es la secuencia de pasos a seguir en el análisis de los datos y las

precauciones que hay que tomar cuando se realizan comparaciones de medias en relación con las probabilidades de cometer errores tipo I.

El hecho de haberles presentado los contenidos siguiendo diferentes diagramas no ha llevado a crear diferencias claras ente los grupos, ni a construir alguno de ellos una estructura del contenido estudiado más próxima a la mostrada por el experto, independientemente de la medida de la organización del conocimiento que se haya empleado para poner de manifiesto esa organización, puesto que las redes generadas por el pathfinder y las representaciones bidimensionales del EMD muestran genéricamente una estructuración lineal del contenido aprendido.

Según los niveles de aprendizaje propuestos por Anderson (1982) los estudiantes se encuentran en el nivel declarativo. A la vista de los resultados obtenidos, en ese nivel, en el que el sujeto se instruye en los hechos clave para realizar una determinada tarea, que en nuestro caso serían los pasos a seguir en el análisis de datos experimentales y precauciones necesarias para controlar los errores tipo I, no parece que el uso de diagramas más o menos complejos o su no utilización juegue un papel determinante en esta etapa de aprendizaje. En cualquier caso no deberían excluirse otras razones que hayan llevado a no obtener diferencias y que deberían descartarse en estudios posteriores. Entre estas hay que señalar la posibilidad de que no se haya trabajado suficientemente en cada grupo con el tipo de diagrama correspondiente, o la posibilidad de que las clases de teoría hayan proporcionado una organización del conocimiento que no ha sufrido correcciones o modificaciones en las clases en las que se presentaron los distintos tipos de diagramas y se realizaron ejercicios prácticos concretos.

Finalmente puede destacarse otro de los resultados obtenidos que también debería estudiarse más detenidamente en investigaciones posteriores. Es la aparente interferencia producida por la presencia de diagramas, reflejada en el hecho de que la semejanza entre las redes del pathfinder del experto y del grupo sin diagrama es mayor que la existente ente la del experto y los otros grupos. Este hecho podría interpretarse como resultado de una posible incompatibilidad entre la estructura o esquema cognitivo que está construyendo el sujeto, que en principio tiende a ser semejante a la del experto, y el diagrama que se le presenta durante el aprendizaje. Tal vez los diagramas serían de mayor ayuda durante el aprendizaje si éstos fueran una copia de la estructura cognitiva del experto, que se supone que es la que debe alcanzar el estudiante.

ABSTRACT

The effect of diagrams in knowledge organization: Evidence from pathfinder and multidimensional scaling The content of the article has been to study the effect of diagrams in the organization of knowledge when presented during the declarative phase of learning (Anderson, 1982). Three groups of Psychology students in a course of experimental design were instructed about how to analyze statistically experimental data. During domain acquisition one group received a complete diagram about the different statistical analysis possibilities, in other group the diagram was simpler and the last group did not receive any diagram during learning. Two direct measures of cognitive structures have been used to assess the knowledge organization acquired during learning: pathfinder (Schvaneveldt, Durso y Dearholt, 1985, 1989) and multidimensional scaling (MDS) (Kruskal y Wish, 1978). Results showed differences among groups in their mental representations.

Keywords Diagrams, knowledge organization, pathfinder, multidimensional scaling.

REFERENCIAS

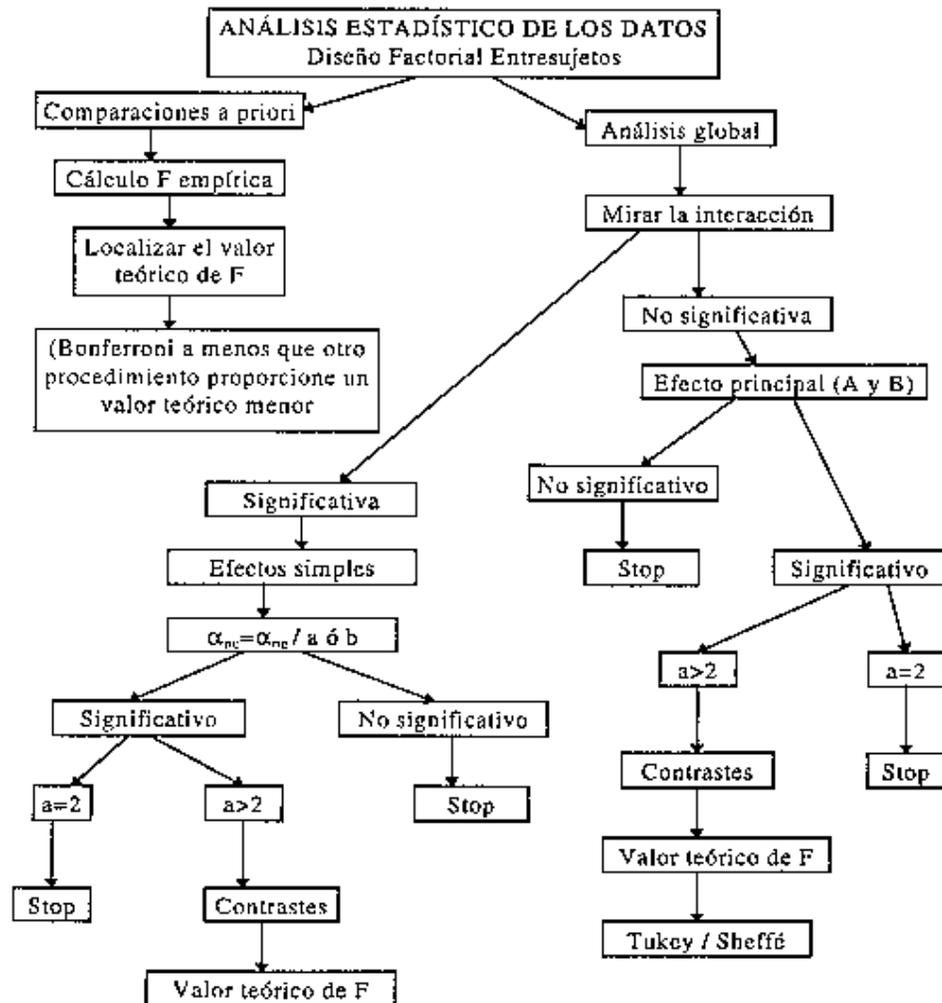
- Anderson, J.R. (1982). Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review*, 89, 369-406.
- Anderson, J.R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, MA: Harvard Univ. Press.
- Bower, G.H. (1972). A selective review of organizational factors in memory. En E. Tulving y W. Donaldson (Eds.), *Organization of memory* (pags: 93-137). New York: Academic Press.
- Cañas, J.J., Bajo, M.T., Navarro, R., Padilla, F. y Puerta, M.C. (1998). Representación mental y programación de ordenadores. *Cognitiva*, 10, 239-255.
- Chi, M.T.H., y Koeske, R.D. (1983). Network representation of a child's dinosaur knowledge. *Developmental Psychology*, 19, 29-39.
- Chi, M.T.H., Glaser, R., y Farr, M.J. (Eds.). (1988). *The nature of expertise*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Collins, A.M., y Quillian, M.R. (1969). Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8, 240-247.
- Cooke, N.M., Durso, F.T., y Schvaneveldt, R.W. (1986). Recall and measures of memory organization. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 12, 538-549.
- Estes, W.K. (1991). Cognitive architectures from the standpoint of an experimental psychologist. *Annual Review of Psychology*, 42, 1-28.
- Fitts, P.M. (1964). Perceptual-motor skill learning. En *Categories of Human Learning*. AW Melton, pags.: 243-285. New York: Academic.

- Gagne, R.M. (1984). Learning outcomes and their effects: Useful categories of human performance. *American Psychologist*, 39, 377-385.
- Geeslin, W.E. y Shavelson, R.J. (1975). An exploratory analysis of the representation of a mathematical structure in student's cognitive structure. *American Educational Research Journal*, 12, 21-39.
- Gillan, D.J., Breedin, S.D., y Cooke, N.J. (1992). Network and multidimensional representations of the declarative knowledge of human-computer interface design experts. *International Journal of Man-Machine studies*, 36, 587-615.
- Goldsmith, T.E., Johnson, P.J., y Acton, W.H. (1991). Assessing structural knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 83, 88-96.
- Gordon, S.E., Schmierer, K.A., y Gill, R.T. (1993). Conceptual graph analysis: Knowledge acquisition for instructional system design. *Human Factors*, 35, 459-481.
- Guthrie, J.T., Britten, T., y Barker, K.G. (1991). Roles of document structure, cognitive strategy, and awareness in searching for information. *Reading Research Quarterly*, 26, 300-324.
- Hassebrock, F., Johnson, P.E., Bullemer, P., Fox, P.W., y Moller, J.H. (1993). When less is more: Representation and selective memory in expert problem solving. *American Journal of Psychology*, 106, 155-189.
- Johnson, P.E. (1969). On the communication of concepts in science. *Journal of Educational Psychology*, 60, 32-40.
- Kahney, H. (1993). *Problem solving: Current issues*. Buckingham: Open Univ. Press. (2ªEd.)
- Konold, C.E., y Bates, J.A. (1982). The episodic/semantic memory distinction as a heuristic in the study of instructional effects on cognitive structure. *Contemporary Educational Psychology*, 7, 124-138.
- Kraiger, K., Ford, J.K., y Salas, E. (1993). Application of cognitive, skill-based, and affective theories of learning outcomes to new methods of training evaluation. *Journal of Applied Psychology*, 78, 311-328.
- Kraiger, K., Salas, E., y Cannon-Bowers, J.A. (1995). Measuring knowledge organization as a method for assessing learning during training. *Human Factors*, 37, 804-816.
- Kruskal, J.B. (1977). Multidimensional scaling and other methods for discovering structure. En K. Enslein, A.R. Ralston, y H.S. Wilf (Eds.), *Statistical methods for digital computers* (pags.: 296-339). New York: Wiley.
- Kruskal, J.B., y Wish, M. (1978). *Multidimensional scaling*. Beverly Hills, CA: Sage.
- Raaijmakers, J.G.W., y Shiffrin, R.M. (1981). Search of associative memory. *Psychological Review*, 88, 93-134.
- Reitman, J.S. y Rueter, H.H. (1980). Organization revealed by recall orders and confirmed by pauses. *Cognitive Psychology*, 12, 554-581.
- Royer, J.M., Carlo, M.S., y Cisero, C.A. (1992). School-based uses for the Sentence Verification Technique for measuring listening and reading comprehension. *Psychological Test Bulletin*, 5, 5-19.
- Royer, J.M., Cisero, C.A., y Carlo, M.S. (1993). Techniques and procedures for assessing cognitive skills. *Review of Educational Research*, 63, 201-243.
- Schraagen, J.M. (1993). How experts solve a novel problem in experimental design. *Cognitive Science*, 17, 285-309.

- Schvaneveldt, R.W., y Durso, F.T. (1981). *Generalized semantic networks*. Paper presented at the meeting of the Psychonomic Society, Philadelphia, PA.
- Schvaneveldt, R.W., Durso, F.T., Goldsmith, T.E., Breen T.J., Cooke, N.M., Tucker, R.G., y DeMaio, J.C. (1985). Measuring the structure of expertise. *International Journal of Man-Machine Studies*, 23, 699-728.
- Schvaneveldt, R.W., Durso, F.T., y Dearholt, D.W. (1985). *Pathfinder: Scaling with network structures* (Technical Report N°: M CCS-85-9). Las Cruces: New Mexico State University, Computer Research Laboratory.
- Schvaneveldt, R.W., Durso, F.T., y Dearholt, D.W. (1989). Network structures in proximity data. En G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 24, pags: 249-284). New York: Academic.
- Shavelson, R.J. (1972). Some aspects of the correspondence between content structure and cognitive structure in physics instruction. *Journal of Educational Psychology*, 63, 225-234.
- Shoben, E.J. (1983). The verification of semantic relations in a same-different paradigm: An asymmetry in semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 15, 365-379.
- Sumfleth, E. (1988). Knowledge of terms and problem-solving in chemistry. *International Journal of Science Education*, 10, 5-60.
- Trigwell, K., y Sleet, R. (1990). Improving the relationship between assessment results and student understanding. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 15, 190-197.
- VanLehn, K. (1996). Cognitive skill acquisition. *Annual Review of Psychology*, 47, 513-539.
- Voss, J.F., Wiley, J. y Carretero, M. (1995). Acquiring intellectual skills. *Annual Review of Psychology*, 46, 155-181.

APENDICE 1. Esquema completo, incompleto y conceptos clave utilizados.

Esquema completo:



APENDICE 1 (continuación). Esquema completo, incompleto y clave utilizados.

Esquema incompleto:



Conceptos clave:

ERROR POR EXPERIMENTO; ANÁLISIS GLOBAL; TUKEY

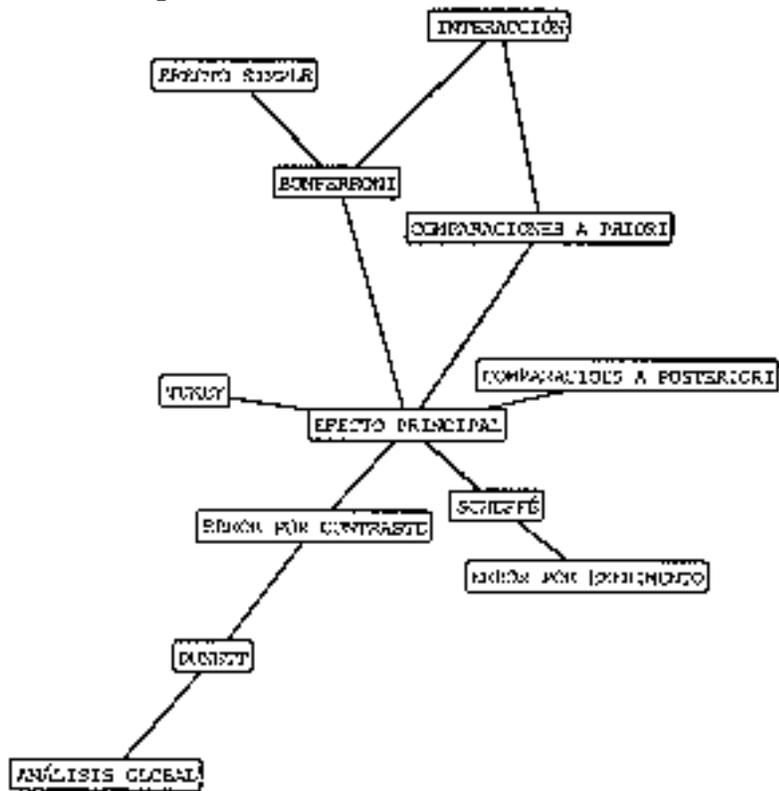
COMPARACIONES A PRIORI; EFECTO SIMPLE; DUNETT;

ERROR POR CONTRASTE; COMPARACIONES A POSTERIORI;

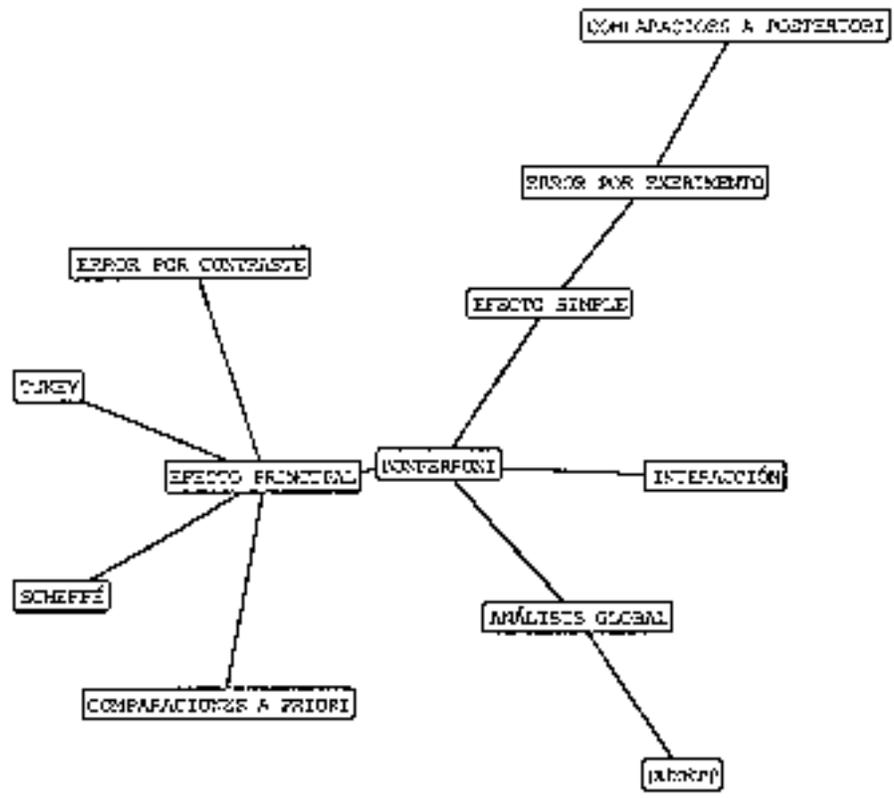
BONFERRONI; INTERACCIÓN; SCHEFFÉ; EFECTO PRINCIPAL.

APENDICE 2 Redes generadas por el pathfinder para cada una de las condiciones, así como para el experto.

Esquema completo:

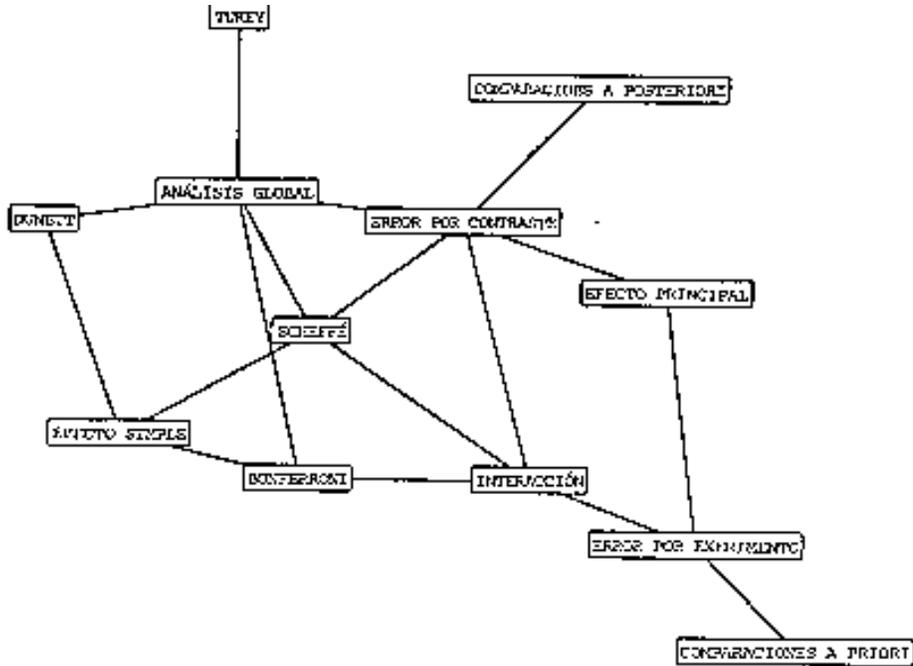


Esquema incompleto:

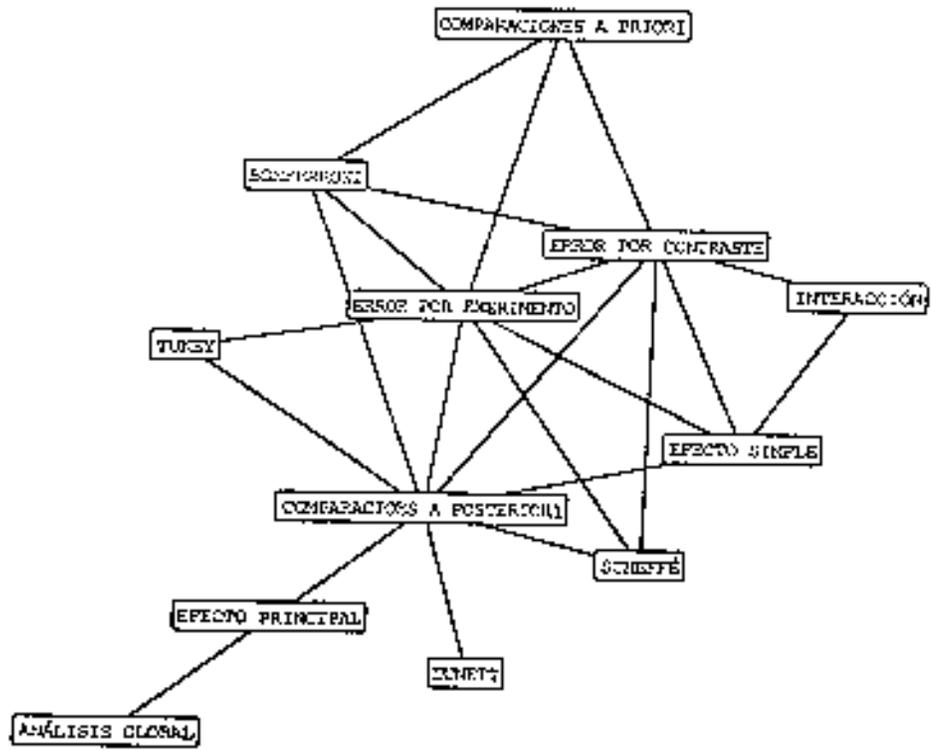


APENDICE 2 (cont.). Redes generadas por el pathfinder para cada una de las condiciones, así como para el experto.

Sin esquema:



Esquema del experto:



APENDICE3: Solución bidimensional generada por el EMD para cada condición.

ESQUEMA COMPLETO

Dimensión 1		Dimensión 2	
Análisis global	1,4495	Comparaciones a priori	1,5599
Efectos simples	1,2822	Error por contraste	1,3098
Bonferroni	1,2215	Interacción	1,2984
Dunett	1,1491	tukey	0,7463
Error por contraste	0,2309	Dunett	0,1887
Comparaciones a priori	0,1153	Efecto principal	-0,1368
Interacción	-0,1066	Scheffé	-0,5070
Comparaciones a posteriori	-0,5196	Bonferroni	-0,5134
Efecto principal	-0,9921	Efectos simples	-0,6715
Error por experimento	-1,2237	Análisis global	-0,8440
Tukey	-1,2367	Error por experimento	-0,9659
Scheffé	-1,3698	Comparaciones a posteriori	-1,4644

ESQUEMA INCOMPLET

Dimensión 1		Dimensión 2	
Scheffé	2,3985	Análisis global	1,1178
Efecto principal	0,5654	Error por contraste	1,1059
Comparaciones a priori	0,4503	Interacción	1,0901
Efectos simples	0,3102	Bonferroni	0,9241
Error por contraste	0,2538	Efecto principal	0,5189
Error por experimento	0,2323	Dunett	0,1295
Bonferroni	0,1442	Scheffé	-0,0047
Interacción	0,0309	Tukey	-0,2694
Análisis global	-0,2497	Comparaciones a priori	-1,0967
Comparaciones a posteriori	-0,3838	Efectos simples	-1,1001
Dunett	-1,7626	Comparaciones a posteriori	-1,1344
Tukey	-1,9895	Error por experimento	-1,2809

SIN ESQUEMA

Dimensión 1		Dimensión 2	
Tukey	1,8806	Error por experimento	1,4583
Error por contraste	1,2415	Comparaciones a priori	1,142
Comparaciones a posteriori	1,1449	Efecto principal	1,0659
Análisis global	0,8025	Tukey	1,0542
Comparaciones a priori	0,2824	Interacción	0,9183
Efecto principal	-0,1227	Comparaciones a posteriori	-0,2228
Interacción	-0,3789	Análisis global	-0,6581
Efectos simples	-0,5843	Scheffé	-0,6924

Dunett	-0,9191	Bonferroni	-0,8758
Error por experimento	-0,9233	Efectos simples	-0,9189
Bonferroni	-1,0386	Dunett	-1,0364
Scheffé	-1,3851	Error por contraste	-1,2344
EXPERTO			
Dimensión 1		Dimensión 2	
Error por experimento	1,9563	Comparaciones a priori	1,5507
Comparaciones a posteriori	1,7878	Comparaciones a posteriori	1,0078
Interacción	0,8196	Scheffé	0,7256
Análisis global	0,6414	Interacción	0,5519
Error por contraste	0,3237	Efectos simples	0,5026
Efecto principal	-0,2592	Análisis global	0,4475
Comparaciones a priori	-0,4204	Bonferroni	-0,2063
Tukey	-0,6441	Dunett	-0,3119
Dunett	-0,7950	Error por experimento	-0,4208
Scheffé	-0,9066	Efecto principal	-0,8442
Bonferroni	-1,1536	Tukey	-1,1265
Efectos simples	-1,3499	Error por contraste	-1,8763

(Revisión aceptada: 4/12/98)