Redes cognitivas de alumnos y Red de la Ciencia: similaridad.

Violeta Hidalgo Izquierdo
Tecnología de los Computadores y de las Comunicaciones, Universidad de Extremadura
Mérida, Comunidad de Extremadura, 06800, España

y

Juan Arias Masa
Ingeniería de Sistemas Informáticos y Telemáticos, Universidad de Extremadura
Mérida, Comunidad de Extremadura, 06800, España

y

Luis M. Casas García
Ciencias de la Educación, Universidad de Extremadura
Badajoz, 06071, España

y

Ricardo Luengo González
Didáctica de las Ciencias Experimentales y de las Matemáticas, Universidad de Extremadura
Badajoz, 06071, España

y

Antonio Castillo Martínez
Ingeniería de Sistemas Informáticos y Telemáticos, Universidad de Extremadura
Mérida, Comunidad de Extremadura, 06800, España

RESUMEN

El presente trabajo muestra cómo es posible realizar una red de definiciones conceptuales sobre un determinado tema, que llamaremos Red de la Ciencia, con el objeto de poder llevar a cabo una comparación de similaridad entre dicha red y las redes cognitivas de los alumnos. Describiremos cómo, en primer lugar, es necesario determinar el tema objeto de estudio y los conceptos fundamentales que lo componen así como la relación entre ellos, para seguidamente construir, mediante la técnica de Redes Asociativas Pathfinder, una representación gráfica de los mismos. De este modo, será posible comparar de forma numérica las redes cognitivas de los alumnos con la red que acabamos de describir.

Palabras Clave: Red cognitiva de alumnos, estructura de textos, similaridad, Redes Asociativas Pathfinder, aprendizaje.

1. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

Nuestro trabajo está relacionado con dos campos de investigación, que trataremos de describir brevemente: por un lado el conocimiento de la estructura cognitiva de los alumnos, y por otro lado, la determinación de la estructura latente en la información textual que se les transmite durante el proceso de instrucción. Nuestro interés se centra en estudiar la forma en que ambas estructuras interaccionan.

1.1.Conocimiento de la estructura cognitiva de los alumnos: Muchos estudios relacionados con la educación han tratado de representar el conocimiento en base a relaciones conceptuales entre distintos elementos, haciendo así mismo una representación gráfica de los mismos y la relación que entre

ellos pueda tener lugar. Básicamente, existen cuatro grandes categorías de técnicas para obtener datos acerca de la estructura cognitiva. Dichas categorías las mostramos en la Figura 1.

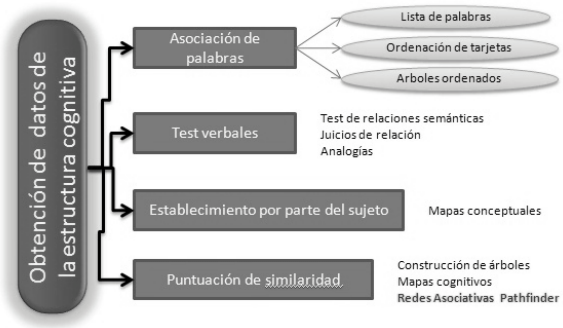

Figura 1. Herramientas de obtención de datos de la estructura cognitiva.

Podemos clasificar estas herramientas en dos grandes grupos, a saber:

a) Las que usan representaciones gráficas para mostrar los resultados
b) Las que no las usan.

Si nos centramos en las primeras podemos indicar que se trata de obtener una representación gráfica a partir de unos datos numéricos. Al construir dicha representación gráfica, estamos admitiendo que:

a) El conocimiento se puede organizar sobre la base de un conjunto de dimensiones que representan las características estructurales de un tema, y
b) Dichas dimensiones se pueden representar en un espacio geométrico.

Repasando brevemente cada técnica, hemos de indicar que la técnica de **asociación de palabras** está basada en la teoría de la memoria a largo plazo, que mantiene que las palabras están almacenadas en ella según su proximidad semántica. Por ello, las palabras más fuertemente relacionadas se emparejan más fácilmente y aparecerán antes al tratar de ser recordadas. La asociación de palabras se viene usando ampliamente desde hace años en diferentes campos del conocimiento (Jonassen, 1993; Casas, 2002).

En el caso de los **tests verbales**, estos se caracterizan porque recurren a preguntas sencillas que se analizan de forma descriptiva. Están dirigidos a que el alumno describa las relaciones entre conceptos para que, de esta forma se pueda acceder a la comprensión de la relación estructural entre ellos. Tienen la ventaja de que son más simples para evaluar la estructura cognitiva, ya que no se necesita recurrir a técnicas estadísticas. También son más fáciles de aplicar porque no precisan evaluar todos los posibles pares. Como desventaja, por el contrario, no representan todas las relaciones entre todos los conceptos, sino entre dos de ellos a la vez, lo cual es una limitación (Casas, 2002).

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

Entre las técnicas que hacen uso del **establecimiento por parte del alumno**, podemos citar los Mapas Conceptuales, Mapas Semánticos, los Mapas de Interacción Casual, Notas de Patrones, los Mapas de Telaraña, etc. Existe una considerable cantidad de investigaciones sobre estas técnicas en Ciencia Cognitiva, Psicología e Inteligencia Artificial. En realidad existen pocas diferencias entre ellos, y responden todos a un mismo principio, que consiste en la organización de conceptos secundarios en torno a otros principales y en la descripción del tipo de relación que existe entre ellos.

Los métodos de representación del conocimiento que hacen uso de la **puntuación de similaridad** entre conceptos asumen que se puede utilizar una representación espacial entre los conceptos, que describirá el patrón de relaciones entre ellos en la memoria. La representación se obtiene a partir de una puntuación numérica que se adjudica a la similaridad o diferencia entre los conceptos percibida por un sujeto y que corresponde a su *distancia semántica*. La distancia semántica pasa a ser considerada como si fuera una distancia geométrica y los conceptos semánticamente más próximos se representarán más próximos en el espacio y análogamente los más distantes.

Aunque existen algunas variantes, la técnica más general de puntuación de similaridad entre conceptos, comienza primeramente por la elección de conceptos que pueden ser simples o más elaborados, y después ir presentando todos los posibles pares en orden aleatorio. Tras esto se pide al alumno que, dados dos de ellos, asigne una puntuación a la similaridad o diferencia que exista. Las puntuaciones se resumen en una matriz de distancias que describe el grado de similaridad o diferencia, y que habitualmente son transformados en coeficientes de relación entre 0 y 1, de modo que los conceptos muy relacionados se puntúan con valores próximos a 1, y los que no lo están, se puntúan próximos a 0.

Las matrices de datos de puntuación o coeficientes de relación obtenidos se tratan mediante técnicas estadísticas como la de Análisis de Componentes Principales, Análisis de Cluster, Escalamiento Multidimensional o **Redes Pathfinder**. Estos métodos estadísticos transforman los datos de interrelación entre conceptos en distancias entre puntos en un espacio de dimensiones mínimas, de tal manera que se obtiene una representación espacial o se determina la estructura subyacente de los datos. Muchos investigadores están de acuerdo en que estos procedimientos hacen posible definir operativamente la estructura cognitiva.

1.2. Conocimiento de la estructura de un texto. El segundo aspecto que consideramos interesante es la determinación de la estructura latente en los textos que se utilizan para la enseñanza.

En esta línea, autores como Deerwester , Dumais, Furnas, Landauer y Harshman, (1990), Landauer y Dumais (1997), han desarrollado planteamientos teóricos de gran alcance dentro de la psicolingüística como los de la teoría del Análisis Semántico Latente, que tienen aplicaciones actualmente en muy variadas áreas de conocimiento (Kintsch, 2002).

En esta misma línea, han aparecido en los últimos años aplicaciones informáticas que permiten la extracción de la información contenida en un texto. Llisterri, J. (2006) ofrece una revisión de varios de estas aplicaciones.

En el campo de la educación, Domínguez, M. C. y Varela, C. (2008), presentan un interesante trabajo en el que extraen, utilizando el programa PAFE (Programa de Análisis de Frecuencias y Entornos) los sistemas de conceptos incluidos en textos para la enseñanza de las ciencias.

Los desarrollos de la investigación en estas áreas consideramos que revisten un gran interés, y nuestra intención es aunar los conocimientos obtenidos en ambas, y particularmente, hacer uso de técnicas que permitan obtener datos en ambos campos.

Entre estas técnicas, como hemos citado anteriormente, está la técnica de Redes Asociativas Pathfinder, que detallamos a continuación

2. REDES ASOCIATIVAS PATHFINDER

Las redes Asociativas Pathfinder (Schvaneveldt, R.W. 1989) son representaciones en las cuales los conceptos aparecen como nodos y sus relaciones como segmentos que los unen, de mayor o menor longitud según su peso o fuerza de su proximidad semántica. Se obtienen a partir una matriz de datos de proximidad entre conceptos, mediante un algoritmo que los transforma en una estructura en red.

Tomando, como ejemplo datos de nuestra reciente investigación (Arias, 2008) presentamos la tabla 1, en la que se refleja la puntuación asignada por un determinado alumno a la relación que él considera existe entre una serie de conceptos.

	WWW	Hipertexto	Hipermedia	Hipervínculo	Página Web	Sitio Web	URL	HTML	Navegador Web	http
WWW										
Hipertexto	740									
Hipermedia	24	558								
Hipervínculo	747	762	746							
Página Web	755	759	677	721						
Sitio Web	666	692	505	744	750					
URL	725	742	752	729	707	584				
HTML	488	522	737	666	739	743	765			
Navegador Web	35	168	550	329	203	536	330	679		
http	94	473	627	709	176	298	299	109	389	
Alojamiento Web	464	283	742	154	646	746	694	318	31	91

Tabla 1. Ejemplo de matriz de relaciones conceptuales propiciada por un alumno.

Dado que en la matriz de datos todos los conceptos están relacionados en mayor o menor grado, se utiliza un algoritmo que busca entre los nodos para encontrar el camino indirecto más próximo entre ellos y conservar sólo los enlaces con un sendero de longitud mínima entre dos conceptos. De este modo en la red aparecen sólo las relaciones más fuertes.

El mecanismo básico para determinar qué enlaces se incorporan consiste en que un enlace sólo se incorpora a la red si no existe un camino indirecto a través de otros nodos cuya suma de pesos sea menor que la de dicho enlace directo. De este modo, en la red resultante no todos los conceptos están necesariamente relacionados a todos los demás, sino que sólo se representan aquellos enlazados por senderos de peso mínimo, de modo que viene a representar sólo las relaciones más fuertes.

El algoritmo está implementado en un programa informático llamado KNOT, Knowledge Network Organizing Tool, desarrollado por (Schvaneveldt, 1989) en la Universidad de Nuevo México. El funcionamiento detallado de este programa puede encontrarse en Casas, (2003) y Arias (2008).

En la figura 2 mostramos la red Pathfinder asociada con la matriz de datos de la tabla 1.

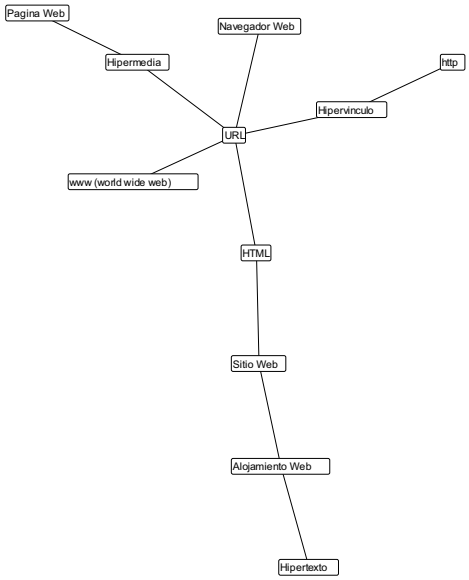

Figura 2. Red Pathfinder obtenida a partir de la tabla 1.

El programa KNOT también nos permite calcular la similaridad que existe entre dos redes, a partir de la correspondencia de los enlaces existentes en ellas, de forma que dos redes idénticas proporcionaran una similaridad de 1, y dos redes que no comparten enlaces proporcionaran una similaridad de 0. El programa KNOT también informa de la probabilidad de que esta similaridad sea o no debida al azar.

La similaridad entre dos redes es un dato sumamente útil, pues permite comparar redes de alumnos entre si, con la correspondiente al profesor, a un grupo de expertos o respecto a una red que represente la estructura de la materia de estudio, como en nuestro caso.

3. RED DE DEFINICIONES CONCEPTUALES. RED DE LA CIENCIA

Con el objetivo de poder comparar las redes cognitivas de los alumnos con una red de referencia, y al final poder medir la similaridad de ambas, utilizaremos como referente lo que hemos denominado “Red de la Ciencia” una representación gráfica del tema que se explicará a los alumnos, la representación gráfica de las relaciones entre los conceptos claves en un tema de estudio. Estos conceptos son los que, en Casas (2002) son denominados “Conceptos Nucleares”.

La citada red de definiciones conceptuales la formaremos a partir de la definición que se realice de los términos o conceptos en cuestión. El primer paso es hacer una tabla de doble entrada con los conceptos que vamos a estudiar. A continuación, hemos de ponderar la relación o peso entre cada par de conceptos.

	C1	C2	C3	C4	C5
C1		100	66	33	0
C2	100		100	66	¿?
C3	66	100		100	¿?
C4	33	66	100		¿?
C5	0	¿?	¿’	¿?	

Tabla 2. Ejemplo de definición de conceptos

El criterio que seguiremos para elaborar esta tabla será: Los pesos a situar serán 100 en el caso de que dos conceptos aparezcan juntos en la misma definición. Es decir, si en la definición del Concepto C1, aparece el concepto C2, hemos de poner el valor 100 en la casilla que relaciona el concepto C1 y C2. En el caso de que en la definición del concepto C2 aparezca un concepto C3, pondremos el valor 66 en la casilla que relacione los conceptos C1 y C3. Además, en el caso de que en la definición del concepto C3, aparezca el concepto C4, hemos de poner el valor 33 en la casilla C1 y C4. Finalmente, en el caso en que no haya ninguna relación entre los conceptos CX y CY pondremos un 0 en dicha casilla. En la Tabla 3 mostramos cómo se deben poner los valores en las citadas casillas. Así mismo, hemos puesto ¿? en las casillas donde no tenemos información sobre la relación de estos conceptos.

4. RED DE DEFINICIONES CONCEPTUALES PARA EL TEMA WEB

La relación de conceptos del tema WEB que hemos usado en nuestra última investigación (Arias, 2008) es la que mostramos en la Tabla 3.

Palabra clave	*Claves relacionadas*	*Otros conceptos*
WWW (Word Wide Web)	Navegador Web Hipertexto HTML URL HTTP Hipermedia Hipervínc	Red Telaraña mundial Internet Contenidos Host
Definición: Es un servicio de Internet. Un sistema de información basado en **hipertexto** e **hipermedia** que utiliza una aplicación llamada **navegador web** para acceder a los recursos disponibles (pudiendo estar enlazados entre sí mediante **hipervínculos**) a través de los servidores web. Su funcionalidad se basa en tres estándares: 1) una manera de identificar de forma unívoca a cada recurso mediante el Localizador Uniforme de Recursos (**URL**); 2) un conjunto de normas para el diálogo entre el cliente y servidor web denominado Protocolo de Transferencia de Hipertexto (**HTTP**) y un lenguaje para codificar el hipertexto denominado Lenguaje de Marcas de Hipertexto (**HTML**).		
WWW (Word Wide Web)	Navegador Web Hipertexto HTML URL HTTP Hipermedia Hipervínc	Red Telaraña mundial Internet Contenidos Host
Definición: Es un servicio de Internet. Un sistema de información basado en **hipertexto** e **hipermedia** que utiliza una aplicación llamada **navegador web** para acceder a los recursos disponibles (pudiendo estar enlazados entre sí mediante **hipervínculos**) a través de los servidores web. Su funcionalidad se basa en tres estándares: 1) una manera de identificar de forma unívoca a cada recurso mediante el Localizador Uniforme de Recursos (**URL**); 2) un conjunto de normas para el diálogo entre el cliente y servidor web denominado Protocolo de Transferencia de Hipertexto (**HTTP**) y un lenguaje para codificar el hipertexto denominado Lenguaje de Marcas de Hipertexto (**HTML**).		
Hipertexto	Hipervínculo	Organizar información Localización Referencias automáticas
Definición: El Hipertexto es una forma de organizar la información textual, de manera que algunas partes de la misma que denominamos enlaces (**Hipervínculos**) se muestran destacados y sirven como referencias automá-ticas para ampliar conocimientos sobre un tema en concreto.		
Hipermedia	Hipervínculo	Recursos multimedia Datos no textuales
Definición: Técnica para establecer **hipervínculos** con o-tros tipos de datos no textuales y recursos multimedia co-mo vídeo o audio.		
Hipervínculo	Hipertexto	Enlaces Hiperenlaces Mapas activos Saltos Texto destacado Vínculos
Definición: Un hipervínculo (también llamado vínculo, enlace o hiperenlace) es una referencia automática en un documento de **hipertexto** a otra parte del mismo docu-mento, a otro documento o recurso independientemente de su localización.		
Página Web	Hipervínculo Hipertexto HTML	Lectura secuencial Contenidos Saltos
Definición: Una página web es un documento de **hipertexto** normalmente en formato **HTML** y diseñado originalmente para ser leído de manera secuencial. La lectura secuencial sólo se altera cuando se encuentran **hipervínculos** que permiten avanzar varios párrafos en la misma página o saltar a otro recurso diferente.		

Tabla 3. Definición de los conceptos básicos del tema Web.

Usando explicado en el apartado anterior, obtendremos la tabla 4. Como podemos ver, en la primera fila, para el concepto de “www” pondremos un 100 en las celdas de “hipertexto”, “hipermedia”, “hipervínculo”, “Url”, “Html”, “Navegador web” y “http” según la definición que de “www” hemos realizado.

Además, el concepto "Alojamiento web" se define en base al concepto "www", en consecuencia pondremos también 100 en la casilla de "www" y "Alojamiento web". Por otro lado, el concepto "Pagina web" usa los conceptos "hipervínculo", "hipertexto" y "html" para su definición, al tener estos últimos una relación de 100 con el de "www", el concepto "Pagina web" tendrá una relación de 66 con el de "www". E igual ocurre con "Sitio web" que tiene relación de 66 por que en la definición de "sitio web" aparece el concepto de "html". En el caso del concepto "Alojamiento web" y "Sito Web" la relación es de 33 dado que aquel aparece en la definición de "www", en la de este último el concepto de "Navegador web" en el cual aparece el de "Sitio web" con lo cual es una relación de tercera. El resto de valores se calcula según la misma técnica.

	WWW	Hipertexto	Hipermedia	Hipervínculo	Página Web	Sitio Web	URL	HTML	Navegador Web	http	Alojamiento Web
WWW		100	100	100	66	66	100	100	100	100	100
Hipertexto	100		66	100	100	66	66	100	66	66	66
Hipermedia	100	66		100	0	0	0	0	0	0	66
Hipervínculo	100	100	100		100	66	66	66	66	66	66
Página Web	66	100	0	100		100	66	100	100	66	33
Sitio Web	66	66	0	66	100		100	100	100	66	33
URL	100	66	0	66	66	100		66	100	66	66
HTML	100	100	0	66	100	100	66		100	66	66
Navegador Web	100	66	0	66	100	100	100	100		100	66
http	100	66	0	66	66	66	66	66	100		66
Alojamiento Web	100	66	66	66	33	33	66	66	66	66	

Tabla 4. Red de definiciones conceptuales para el tema WEB.

Con los resultados de la matriz de la Tabla 4, proporcionando estos datos como entrada al programa KNOT, formaremos una Red Asociativa Pahtfinder que representará la Red de la Ciencia para este tema de estudio.

Como podemos ver en la Figura 3 es una red con muchas conexiones entre los conceptos, tantas como indica la matriz de relación. En la citada red podemos ver cómo una gran mayoría de conceptos tienen hasta ocho enlaces como le ocurre al concepto "www", si nos fijamos atentamente es una relación directa de lo expresado en la matriz, la cual refleja las definiciones de la tabla 3. Podemos indicar que en todos casos donde hemos puesto un 100 en una celda, la red Pathfinder tiene un enlace que une los conceptos que direccionan la celda considerada.

Si nos fijamos por ejemplo en el concepto "html", éste tiene cuatro enlaces con los conceptos "Sitio web", "Pagina web", "hipertexto", "www" y "Navegador web", que son los mismos conceptos para los cuales existe un 100 en las casillas correspondientes de la matriz de la red de definiciones conceptuales de la tabla 4.

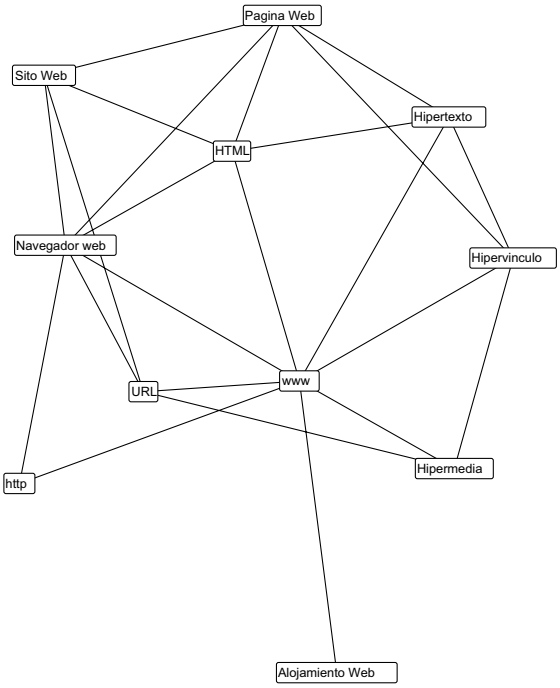

Figura 3. Red Pathfinder de la red de definiciones conceptuales de la tabla 4.

Utilizando de nuevo el programa KNOT, tal como describimos en nuestra investigación antes referenciada (Arias, 2008), obtendremos un valor numérico de 0 a 1 para la similaridad entre las redes de los alumnos que han estudiado el tema y la Red de la Ciencia.

Estos datos los hemos utilizado para comparar la similaridad de la estructura cognitiva de los alumnos antes y después de impartir la materia en clase. En la Figura 4 mostramos las tablas resultantes de la investigación realizada en (Arias, 2008).

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	Similaridad_Antes_Ciencia	,17727	81	,063269	,007030
	Similaridad_Despues_Ciencia	,32514	81	,112006	,012445

		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Similaridad_Antes_Ciencia - Similaridad_Despues_Ciencia	-,147864	,128903	,014323	-,176367	-,119361	-10,324	80	,000

Figura 4 – . Tablas con la media de la similaridad de la red de los alumnos frente a la red de la ciencia

En las tablas vemos qué la media de la similaridad aumenta de 0,17 a 0,32 para la muestra completa de todos los alumnos (tanto virtuales como presenciales), concreto 81 alumnos. Así mismo, este dato es válido pues en la segunda tabla de esta ilustración podemos ver que el valor de sig (bilateral) es de 0,000 que es el mejor valor que se puede obtener. Recordamos que con que sea inferior a 0,05 estaríamos en un intervalo de confianza del 95%. Por tanto, en general se puede indicar que los alumnos al pasar del pre-test al post-test aumenta la similaridad de sus redes con la red de la ciencia, y en

consecuencia la diferencia es significativa. En la figura 5 mostramos el aumento de similiridad gráficamente.

Figura 5 – . Similaridad antes y después para todos los alumnos respecto de la ciencia.

5. CONCLUSIONES

Como hemos mostrado en este documento, es posible, utilizando técnicas como las Redes Asociativas Pathfinder, establecer un referente mediante el cual comparar, de forma objetiva y con datos numéricos la estructura cognitiva de alumnos con la estructura conceptual de una materia, que hemos denominado Red de la Ciencia.

Esta línea de investigación, que iniciamos en anteriores trabajos Casas y Luengo (2002, 2003) y Arias (2008), ofrece interesantes posibilidades en el campo de la evaluación del aprendizaje de los alumnos, orientada sobre todo a la mejora de los procesos de enseñanza – aprendizaje, pues permite no sólo determinar los cambios en la estructura de los alumnos producidos por el aprendizaje, sino también las posibles mejoras a introducir en la estructura conceptual de la materia de enseñanza.

6. BIBLIOGRAFIA

[1] Arias, J (2008). Evaluación de la calidad de Cursos Virtuales: Indicadores de Calidad y construcción de un cuestionario de medida. Aplicación al ámbito de asignaturas de Ingeniería Telemática. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura. Centro Universitario de Mérida. 2008.

[2] Casas, L.(2002). El estudio de la estructura cognitiva de alumnos a través de Redes Asociativas Pathfinder. Aplicaciones y posibilidades en Geometría. Tesis doctoral. Instituto de Ciencias de la Educación. Universidad de Extremadura. 2002.

[3] Casas, L. y Luengo, R. (2003). Redes Asociativas Pathfinder y Teoría de los Conceptos Nucleares. Aportaciones a la Investigación en Didáctica de las Matemáticas VII Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática. Granada. Septiembre 2003.

[4] Deerwester, S., Dumais, S. T., Furnas, G. W., Landauer, T. K., y Harshman, R. (1990). Indexing by Latent Semantic Analysis. Journal of the American Society For Information Science, 41, 391-407.

[5] Domínguez, M. C. y Varela, C. (2008) Aplicación de una técnica de análisis textual a textos escolares sobre el Sistema Solar Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 7 Nº1

[6] Jonassen, D., Beissner, K. & Yacci, M. (1993) Structural Knowledge: Techniques for Representing, Conveying and Acquiring Structural Knowledge. Hillsdale, NJ. 1993. Laurence Erlbaum Associates.

[7] Kintsch, W. (2002) On the notions of theme and topic in psychological process models of text comprehension. En Louwerse, M. y van Peer, W. (Eds.) Thematics, Interdisciplinary Studies. 157-170. Amsterdam: Benjamins.

[8] Landauer, Th., y Dumais, S. (1997) A solution to Platos problem: the latent semantic analysis theory of acquisition, induction, and representation of knowledge. Psychological Review, 104, 211-240.

[9] Llisterri, J. (2006). [En línea] Herramientas para el análisis textual. [Consulta: 02-03-2008] http://liceu.uab.es/~joaquim/language_resources/lang_res/Herram_TecnTex.html.

[10] Schvaneveldt, R.W. (1989). Pathfinder Associative Networks. Studies in Knowledge Organization. Norwood, NJ. 1989. Ablex