

## USO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA ENSEÑAR LAS APLICACIONES DE LAS MATEMÁTICAS UTILIZANDO MAPAS CONCEPTUALES

ARTURO OCAMPO, RAFAEL MÁRQUEZ, JUAN GASTALDI  
ENEP ARAGÓN, UNAM  
aoa@servidor.unam.mx  
ramr@super.unam.mx  
gastaldi@servidor.unam.mx

### PROBLEMÁTICA

Actualmente las nuevas tecnologías hacen que el ser humano este inmerso en un mundo lleno de información, y de acuerdo a su interés por obtener conocimiento de algún tema en específico, comienza a navegar en la super carretera de la información y después de un buen rato, si es que no se desespera antes o se pierde, encuentra un indicio de lo que busca, en ese momento entonces, intenta escalar en sus procesos mentales para llegar al concepto de noción, y evaluar si es lo que realmente necesita.

La red mundial Internet, en conjunto con la WWW (World Wide Web), han hecho que una cantidad cada vez mayor de información esté disponible para cualquier persona en cualquier lugar, con acceso a una computadora conectada a la red. Sin embargo, la organización de esta información, y las herramientas disponibles para navegar a través de ella no proveen un ambiente adecuado para la búsqueda de información, y mucho menos para el aprendizaje. Al navegar por las páginas de la WWW, el usuario pocas veces tiene un modelo apropiado de la organización de estas páginas, y al seleccionar las ligas o enlaces, frecuentemente no tiene idea de cuál va a ser el contenido de la página destino. En general, las páginas de WWW no difieren mucho en su contenido y estructura de las páginas en papel, a pesar de ser complementadas con enlaces (sin semántica) conectándolas entre ellas. Igualmente, al utilizar páginas de WWW como base para la creación de cursos de educación a distancia, el resultado usualmente es una página de contenido o índice, con enlaces a módulos o "capítulos" que consisten de una secuencia de páginas. Esta imitación de la estructura de un libro de texto no aprovecha verdaderamente la flexibilidad que ofrecen las nuevas tecnologías.

Con este trabajo de investigación proponemos el uso de modelos de conocimiento, basados en mapas conceptuales, por medio del software de computadora **CmapTool**<sup>1</sup>, que genere un ambiente de multimedia, que pueda ser utilizado tanto por estudiantes como por profesores, para demostrar gráficamente su conocimiento sobre un tema específico y así fomentar el uso razonable de las nuevas tecnologías, con fundamentos pedagógicos que ayuden al proceso enseñanza - aprendizaje. La herramienta de software, que se usa esta basada en un enfoque constructivista del aprendizaje, permitiendo al usuario realizar sus propios mapas conceptuales, y conectarlos entre sí, mediante enlaces con semántica, complementando las proposiciones con otros medios como imágenes, video, fotos, gráficos, texto, páginas de WWW, etc.

### ANTECEDENTES

La "ciencia cognitiva", tal como se entiende hoy, nació simultáneamente con la Inteligencia Artificial (I.A.) en la Reunión del Darmouth College y el Simposio sobre Teoría de la Información del M.I.T. en 1956, aunque el

---

<sup>1</sup> Concep Map Tools. Ver 2.9, Institute for Human and Machine Cognition. The University West of Florida.

término fue acuñado solamente por Bobrow y Collins en 1975 con la publicación de su libro "Studies in Cognitive Science". Desde entonces se han obtenido muchas aportaciones, tanto en las ciencias cognitivas como en la I.A. En 1962, Douglas Engelbart (1) en el curso del desarrollo del proyecto 'Augmented Human Intellect' del Stanford Research Institute, proyectó desarrollar herramientas que aumentasen las capacidades y productividad humanas. Este fue el primer gran proyecto de desarrollo de software en áreas tales como automatización de oficinas y procesamiento de textos. Este proyecto ofreció el diseño de las siguientes técnicas e instrumentos, que hoy nos parecen comunes y simples, pero que en aquellos momentos representó la creación de nuevos entornos operativos en la informática: Edición bidimensional, El ratón o mouse, Disposición de ventanas múltiples en una misma pantalla, Procesamiento de esquemas e ideas, Sistema de ayuda integrados y Correo electrónico.

El sistema NLS (oN-Line System), basado en las ideas originales de Vannevar Bush de trasladar el asociacionismo de la mente humana al ordenador (ideas teóricas, ya que no existía la tecnología necesaria para su implementación). NLS tenía varias características de hipertexto a pesar de que no fue desarrollado como un sistema de hipertexto. Empezó siendo un instrumento experimental cuyo objetivo era cubrir las necesidades de cualquier trabajo de investigación, almacenando diversos documentos en una especie de "revista" compartida con inclusión de referencias a otros documentos en sus propios textos, construir jerarquías de información, y colaborar con otros usuarios en el desarrollo de la documentación. NLS puede ser considerado como el primer sistema de hipertexto en funcionamiento. La estructura principal de la organización de los nodos en este sistema era la jerárquica, reflejando así la estructura de la mayor parte de la documentación técnica, pero también permitía el establecimiento de enlaces entre diferentes niveles y ficheros. Con el paso del tiempo y posteriores desarrollos, NLS se ha convertido en el sistema de hipertexto. En 1965 Theodor Nelson acuñó el término hypertext, definiéndolo de la siguiente manera:

"por hipertexto entiendo escritura no secuencial. La escritura tradicional es secuencial por dos razones. Primero, se deriva del discurso hablado, que es secuencial, y segundo, porque los libros están escritos para leerse de forma secuencial ..... sin embargo, las estructuras de las ideas no son secuenciales. Están interrelacionadas en múltiples direcciones. Y cuando escribimos siempre tratamos de relacionar cosas de forma no secuencial"

El proyecto denominado XANADU (lugar mágico de la memoria literaria, tal como aparece en el poema "Kubla Khan" de Samuel Taylor Coleridge), tenía como objetivo principal la construcción de un servidor de hipertexto que permitiera almacenar y enlazar toda la literatura mundial, siendo accesible desde cualquier terminal de usuario. Éstos podrían integrar cualquier pieza informativa recuperada en el sistema en sus propios documentos, los cuales a su vez, pasarían a formar parte de la red universal (algo muy parecido a nuestro actual World Wide Web).

Actualmente existen en el mercado muchos sistemas de hipertexto, que se caracterizan por ser aplicaciones informáticas que integran módulos muy diversos, pero con características comunes, como describe Conklin (2), destacando una en particular la cual dice:

"La base de información puede ser consultada de tres formas: Siguiendo las ligaduras y abriendo ventanas caracteres, descriptores o atributos y Navegando por el hiperdocumento utilizando la función BROWSER que visualiza gráficamente la red. El BROWSER es un componente importante de los sistemas de hipertexto, en la medida que permite un tipo de consulta especial, que ha recibido el nombre de navegación, por la cual el usuario tiene la impresión de navegar por las diversas "piezas" de información con entera libertad, saltando de una a otra a tenor de los nuevos intereses que le van surgiendo durante la consulta. El BROWSER se presenta a menudo en forma de **mapas conceptuales** o grafos, representando gráficamente los nodos por iconos o cajas rotuladas y las ligaduras que los unen por rectas continuas o líneas diversas para distinguir los diferentes tipos de ligaduras. De esta forma el usuario dispone de un panorama gráfico sintético del conjunto del hiperdocumento."

Esta característica que menciona Conklin es muy técnica, al igual que todo su trabajo, y la puntualizó para mostrar la relación que existe entre lo que él llama BROWSER, que no es más que un navegador, o mejor

conocido como “Explorer” de Microsoft y el término de mapas conceptuales. Ésto quiere decir, que los mapas conceptuales se ligan con el hipertexto para describir una forma de esquema o guía gráfica que el usuario utiliza para cambiar de un documento a otro. Es importante mencionar que ya se han hecho trabajos en la Universidad de Stanford, para demostrar que en este proceso de navegación, se puede medir la organización del conocimiento proposicional o declarativo del sujeto, para evaluar su aprovechamiento en ciencias, al plasmar en un mapa conceptual la organización de su conocimiento en un tópico específico (3).

## MAPAS CONCEPTUALES

Los mapas conceptuales, desarrollados por Novak (4), se usan como un medio para la descripción y comunicación de conceptos dentro de la teoría de asimilación, una teoría del aprendizaje que ha tenido una enorme influencia en la educación (5). La teoría está basada en un modelo constructivista de los procesos cognitivos humanos. El mapa conceptual es la principal herramienta metodológica de la teoría de asimilación para determinar lo que el estudiante ya sabe. En ambientes educativos, los mapas conceptuales han ayudado a personas de todas las edades a examinar los más variados campos de conocimiento.

El mapa conceptual es una representación gráfica de un conjunto de conceptos y sus relaciones sobre un dominio específico de conocimiento, construida de tal forma que las interrelaciones entre los conceptos son evidentes. En este esquema, los conceptos se representan como nodos rotulados y las relaciones entre conceptos como arcos rotulados conectándolos. De esta forma, los mapas conceptuales representan las relaciones significativas entre conceptos en forma de proposiciones o frases simplificadas: dos o más conceptos ligados por palabras para formar una unidad semántica. La Figura 1 muestra un mapa conceptual sobre plantas creado por un niño. Por convención, las ligas se leen de arriba hacia abajo a menos que incluyan una punta de flecha.

Las mapas conceptuales son usados para ayudar a los estudiantes a “aprender cómo aprender” haciendo evidentes las estructuras cognitivas y el conocimiento auto-construido. Dada la diversidad de usuarios, desde niños hasta científicos, los mapas pueden ser muy sencillos, como en el caso de la Figura 1, o pueden llegar a ser muy complejos. Por ejemplo, la Figura 2 muestra el mapa conceptual preliminar desarrollado como resultado de entrevistas a científicos de la NASA sobre Astrobiología, con el objetivo de definir la nueva ciencia. Los mapas conceptuales son utilizados también como herramienta en el proceso de adquisición de conocimiento en el desarrollo de sistemas expertos (6).

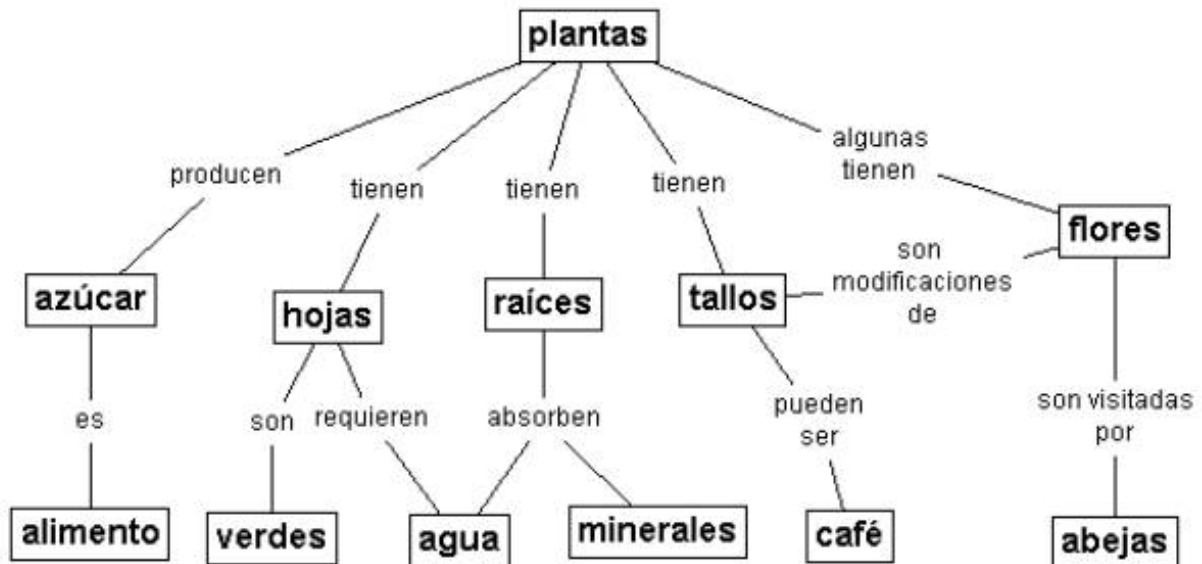


Figura 1. Mapa conceptual sobre plantas.

Otra característica importante de los mapas conceptuales es la inclusión de ligas cruzadas "cross-links". Éstas son relaciones (proposiciones) entre los conceptos en dominios diferentes del mapa de concepto. Las ligas cruzadas ayudan que nosotros veamos cómo algunos dominios del conocimiento representados en el mapa se relaciona con otro concepto. Para la creación de nuevo conocimiento, las ligas cruzadas representan a menudo saltos creativos por parte del productor de conocimiento. Hay dos rasgos de mapas de concepto que son importantes en la facilitación de pensamiento creativo: la estructura jerárquica que se representa en un mapa y la habilidad para buscar y caracterizar ligas cruzadas.

Si tomamos en cuenta, la idea fundamental en la psicología cognoscitiva de Ausubel (7), que el aprendizaje tiene lugar por la asimilación de nuevos conceptos y proposiciones que se van armando de acuerdo con lo ya aprendido. Por consiguiente, estructurar cuerpos grandes de conocimiento requiere una sucesión ordenada de iteraciones entre la memoria de trabajo y la memoria a largo plazo, para que se pueda recibir un nuevo conocimiento (8).

Como se puede apreciar en las Figuras 1 y 2, los mapas conceptuales son un magnífico medio para representar y organizar conocimiento. Aprovechando esta cualidad, se han desarrollado herramientas de software que permiten utilizar los mapas conceptuales como una interfaz elegante y fácil de comprender para navegar en un sistema de multimedia. La Figura 3 muestra un modelo construido por un niño que utiliza mapas para organizar imágenes, video, y texto. Relaciones de generalización y especialización entre los conceptos conllevan a una organización jerárquica de mapas conceptuales. Al hacer el modelo accesible en Internet, éste se vuelve navegable por otros estudiantes, maestros, y usuarios de la red en general.

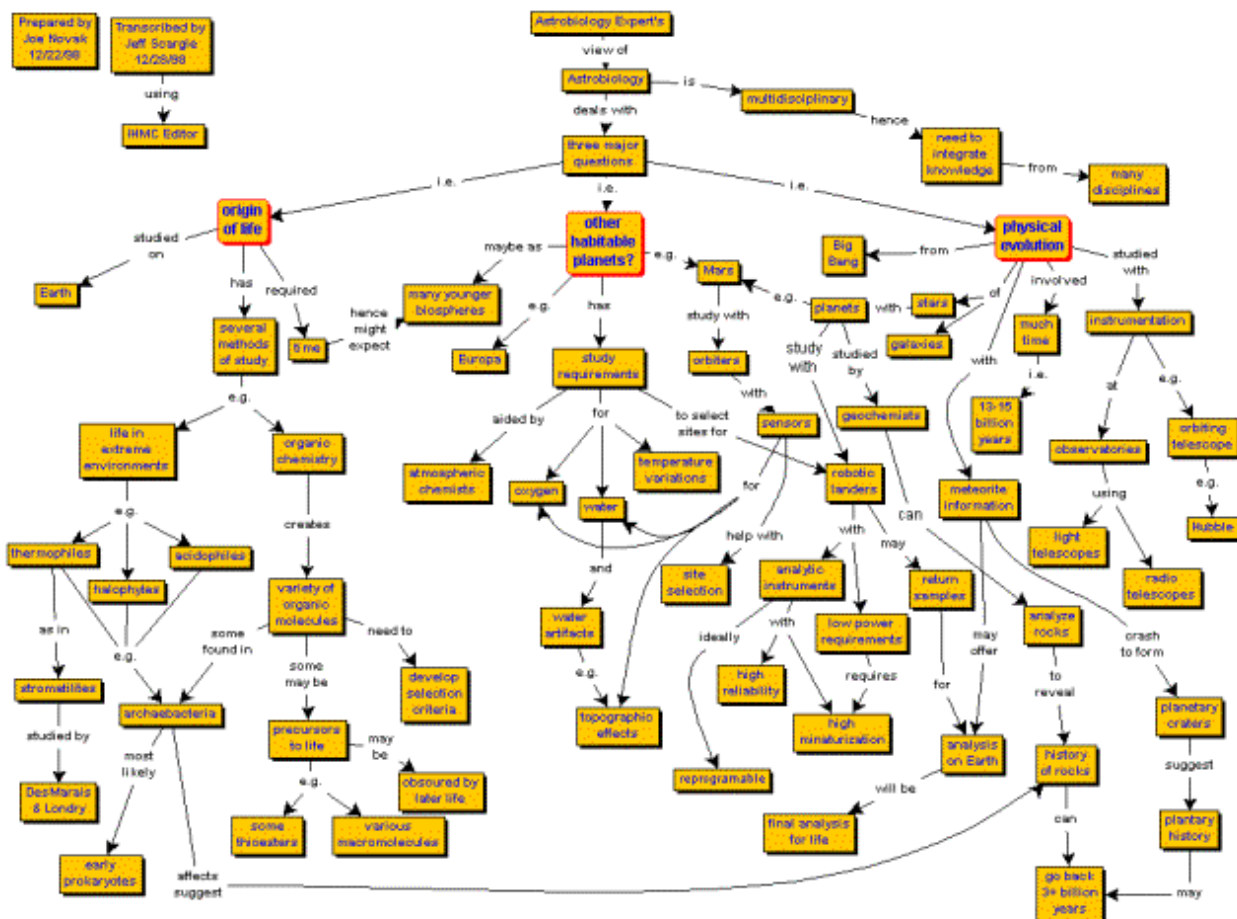
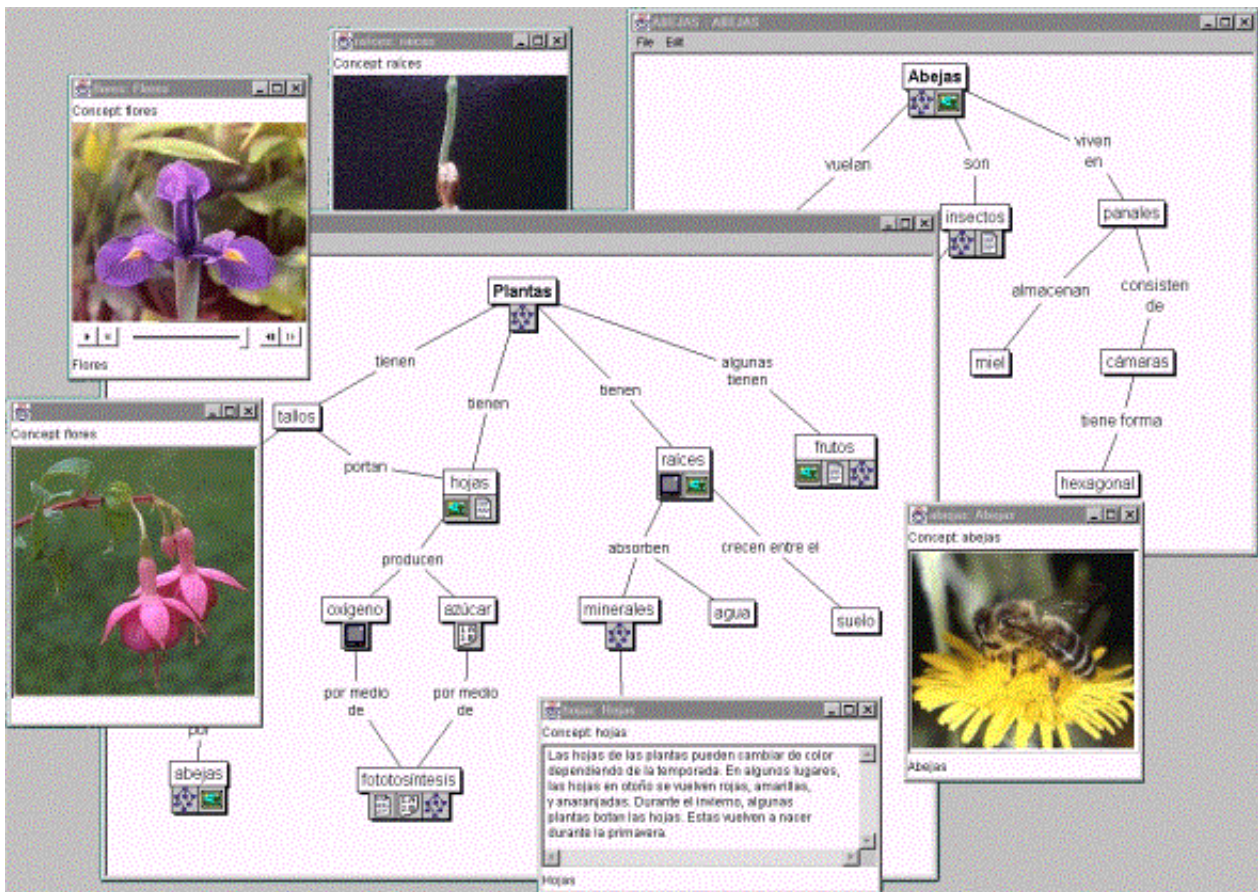


Figura 2. Mapa conceptual preliminar sobre Astrobiología, ciencia que estudia el origen y la evolución de la vida en el universo.



**Figura 3. Mapas conceptuales como medio para navegar por un ambiente de multimedia sobre plantas.**

En los trabajos de Cañas (9) se presentan una serie de ideas sobre cómo podría mejorarse mediante la tecnología computacional algunos aspectos de la educación a distancia. Por ejemplo:

- a) *Organización no lineal de cursos.* La mayoría de los cursos que han sido transformados a versiones en-línea son simples adaptaciones de los libros de texto o los apuntes del profesor, con algunas ligas aprovechando la facilidad que ofrece el sistema de hipertexto del WWW. Las páginas del WWW, aún con sus enlaces, siguen una estructura lineal. Por lo general se tiene una página con el índice o contenido, y ligas a las páginas de los diferentes temas. Cada tema se implementa como una secuencia de páginas.

La tecnología actual presenta oportunidades para crear ambientes más poderosos que una secuencia de páginas de Web. Los mapas conceptuales, como se mostró en la Figura 3, permiten al estudiante navegar a través de los mapas y los medios según su interés, el tópico que está investigando, la pregunta que está tratando de contestar, o simplemente el orden en que desea estudiar el tema. No existe una secuencia predispuesta para la navegación, como en el caso de un texto lineal. El estudiante puede navegar a través de la jerarquía de mapas hasta un nivel tan profundo como desee y lo permita la subordinación de los mapas. Esto es imposible de lograr mediante un libro de texto. La tecnología nos permite liberarnos de esa estructura lineal.

- b) *Una organización más modular de los temas.* Especialmente a nivel de bachillerato universitario y de secundaria, los cursos generalmente se encuentran enmarcados dentro de la estructura del libro de texto, el profesor difícilmente puede desviarse de esa secuencia de capítulos. El

libro de texto se vuelve entonces una enorme limitación para el profesor. La tecnología puede ayudar a superar esta limitación. Si en lugar de crear cursos, los autores se dedicaran a crear “módulos”, unidades independientes que tratan un solo tema, y esos módulos fuesen accesibles vía Internet, el profesor podría organizar su curso tomando módulos de diversas fuentes, escritos por diferentes profesores, de universidades distintas.

Los mapas conceptuales son un mecanismo ideal para la creación de módulos independientes. Cada mapa, por definición, expresa el conocimiento sobre un contexto específico. Un conjunto de mapas relacionados puede reunir el contenido de un tema. Estos mapas, por supuesto, tendrán ligas o enlaces a mapas de otros temas. Sin embargo, esta relación no se debe a la secuencia del curso, sino al contenido. El módulo del tema se convierte en una unidad independiente.

c) *Re-utilización de módulos en diferentes cursos.* Hay temas que se repiten una y otra vez en diferentes cursos. Por ejemplo, “inferencia estadística” puede encontrarse como parte de un curso introductorio de estadística, un curso de diseño de experimentos, o un curso de toma de decisiones como parte de un programa de maestría en administración de empresas. Actualmente, lo más probable es que para cada uno de esos cursos, el libro de texto incluya un capítulo o sección sobre inferencia estadística.

Un módulo independiente sobre inferencia estadística, con ligas a otros módulos relacionados, creado por un experto en el tema, y representado por medio de mapas conceptuales, podría utilizarse en cada uno de estos cursos. Para cada uno de ellos, una liga al módulo permitiría a los estudiantes navegar por los mapas, independientemente del curso que están tomando.

## RESULTADOS

**Planteamiento del problema.** Se requiere impartir un curso de aplicación y operación del Software “MATLAB”, a los profesores de Ingeniería de la ENEP-Aragón, para utilizarlo en las materias del área físico-matemáticas. La duración del curso debe ser de cinco sesiones de 2 hrs., lo que da un total de 10 hrs de capacitación. El estudio de este Software involucra muchas horas de estudio y práctica, por lo que se busca la manera de optimizarlo al máximo y obtener el mayor aprovechamiento posible.

**Solución.** Se propone diseñar el curso sobre la base del modelo de tesis de maestría “Los Mapas Conceptuales como herramienta de aprendizaje: Desarrollo de un Sistema Informático”, que está desarrollando actualmente el autor que escribe este artículo, utilizando cMapTool-Programa para diseñar mapas conceptuales. Y manejar un procedimiento que llevan al sujeto a aprender de forma interna, de acuerdo con un modelo propuesto que el autor llama “poliedro” por tener cuatro aspectos fundamentales: Comunicación, Base Documental, Aprendizaje de tipo Cognitivo e Instrumento de Manipulación, (ver figura 4, 6 y 8) para establecer la relación de aprendizaje entre el sujeto y la computadora.



Después de desmenuzar la información del software de MATLAB (Conceptos, Funciones, Aplicaciones y Salidas). Se comienza por familiarizar al sujeto con la herramienta de aprendizaje que va a utilizar durante el curso.

**Figura 4. Poliedro enfocado al aspecto de comunicación.**

- Primero se deja al usuario que navegue por el browser de IHMC (Concept Map), hasta que encuentre en el medio de **comunicación** (Servidor WEB), la información que busca, como se muestra en la figura 5.

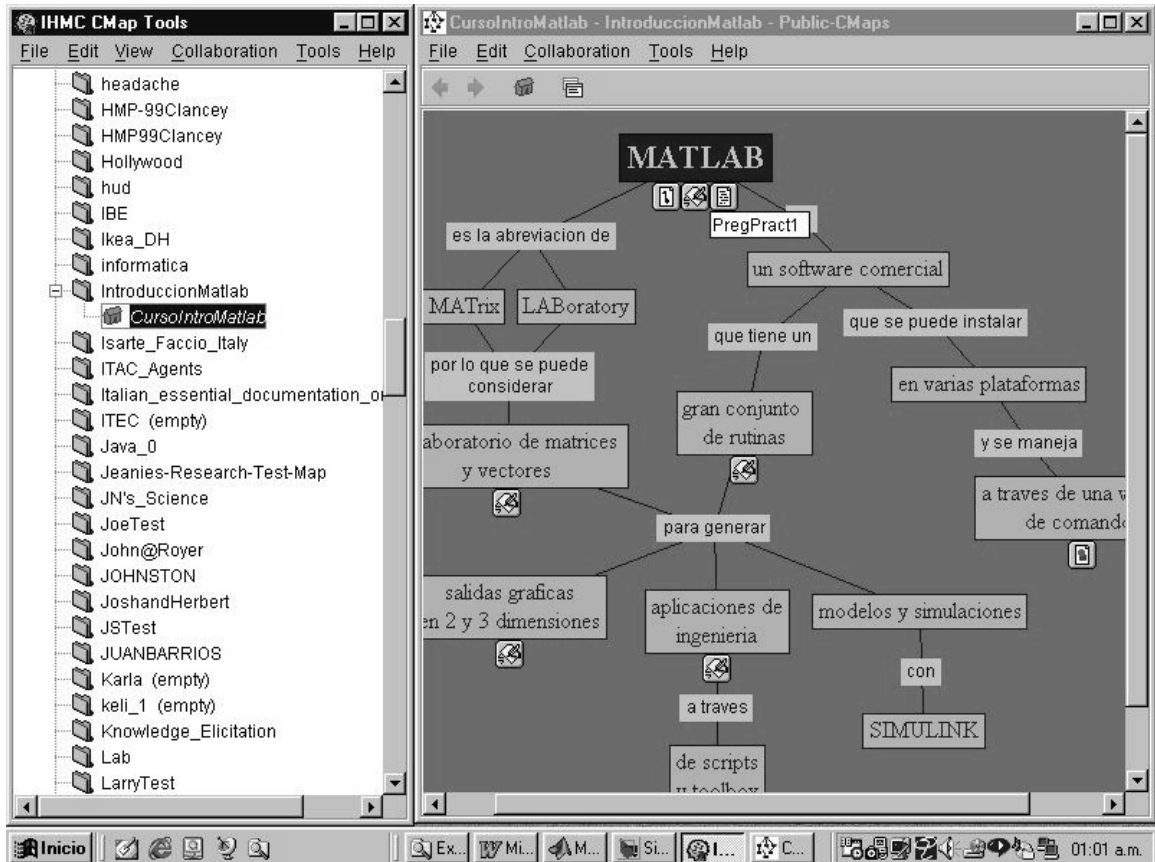


Figura 5. El usuario navega con el browser de IHMC hasta encontrar el tema que le interesa.

- El usuario lee el mapa conceptual percibiendo que existe mas **información** detrás de una entidad y selecciona el tipo de información al cual desea acceder: audio, video, texto, otro mapa conceptual, o una liga URL a una página de hipertexto. Consideramos que en este momento el usuario se encuentra en la segunda fase del poliedro (Figura 6), donde se interesa



Figura 6. Poliedro enfocado al aspecto de Información.

por la información que contienen los documentos ligados en el mapa, de tal forma que él selecciona el medio que más le agrada de acuerdo a su interés (ver Figura 7).

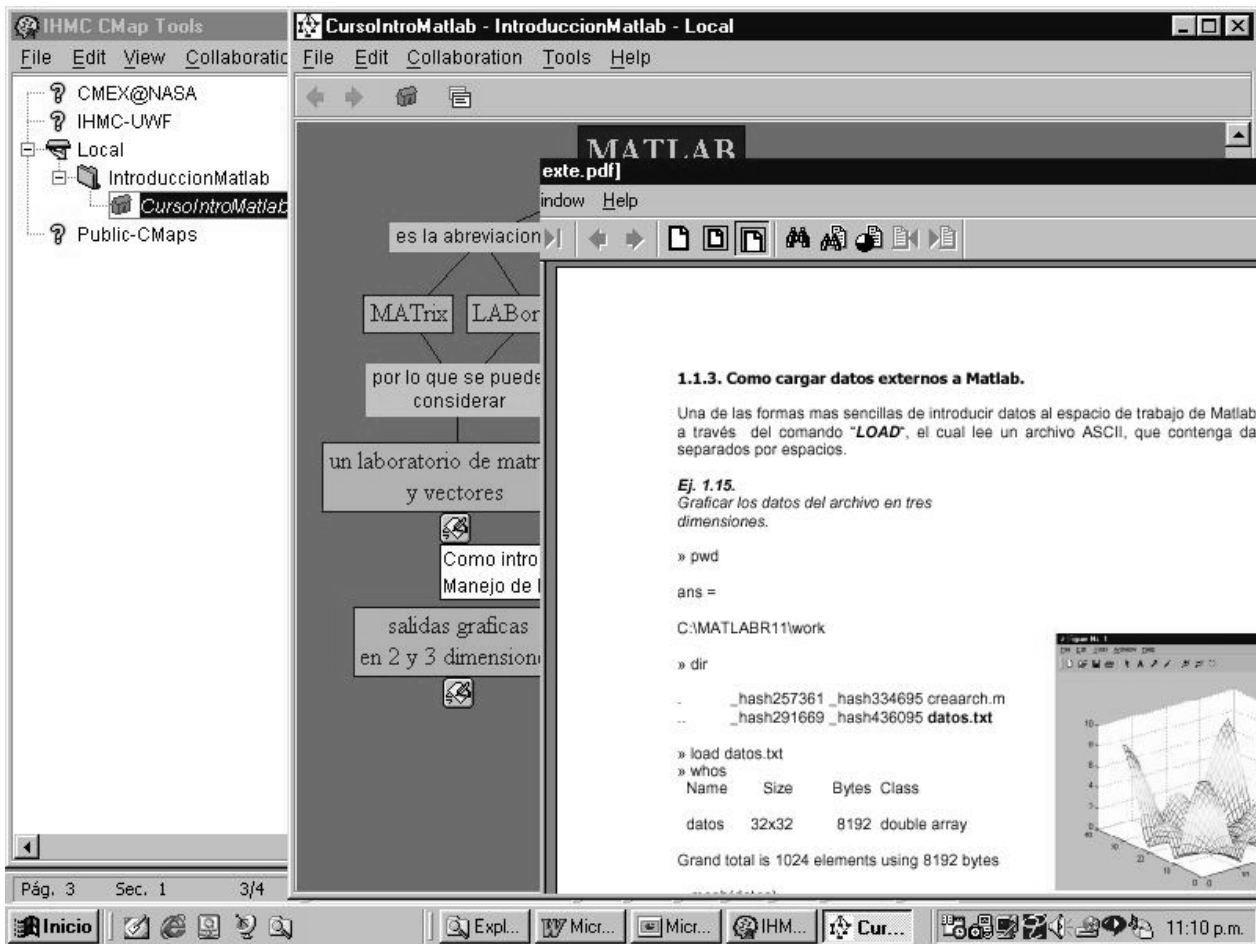


Figura 7. El usuario accesa a la información detallada ligada a través del Mapa Conceptual.

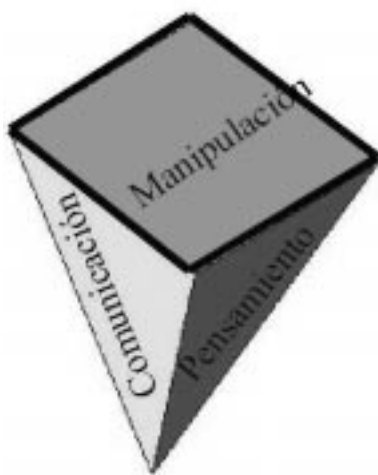


Figura 8. Poliedro enfocado al aspecto de manipulación.

- Ö En cuanto se localiza la información de interés el alumno procede a la **manipulación** mecánica copiando los ejercicios que vienen en el manual con un simple Copy-Paste al ambiente de trabajo de Matlab, e interpretar los resultados. En este momento el alumno se empieza a hacer algunas preguntas como: ¿Qué sucede si multiplico una matriz por una constante? o ¿Se puede hacer operaciones con números complejos? Y en ese momento entonces, entra en acción el instructor indicando donde puede encontrar esa información dentro del mapa conceptual o en su defecto corregir la interpretación que hace el alumno. Consideramos que en esta etapa el alumno se encuentra en un umbral listo para pasar a la parte cognitiva.



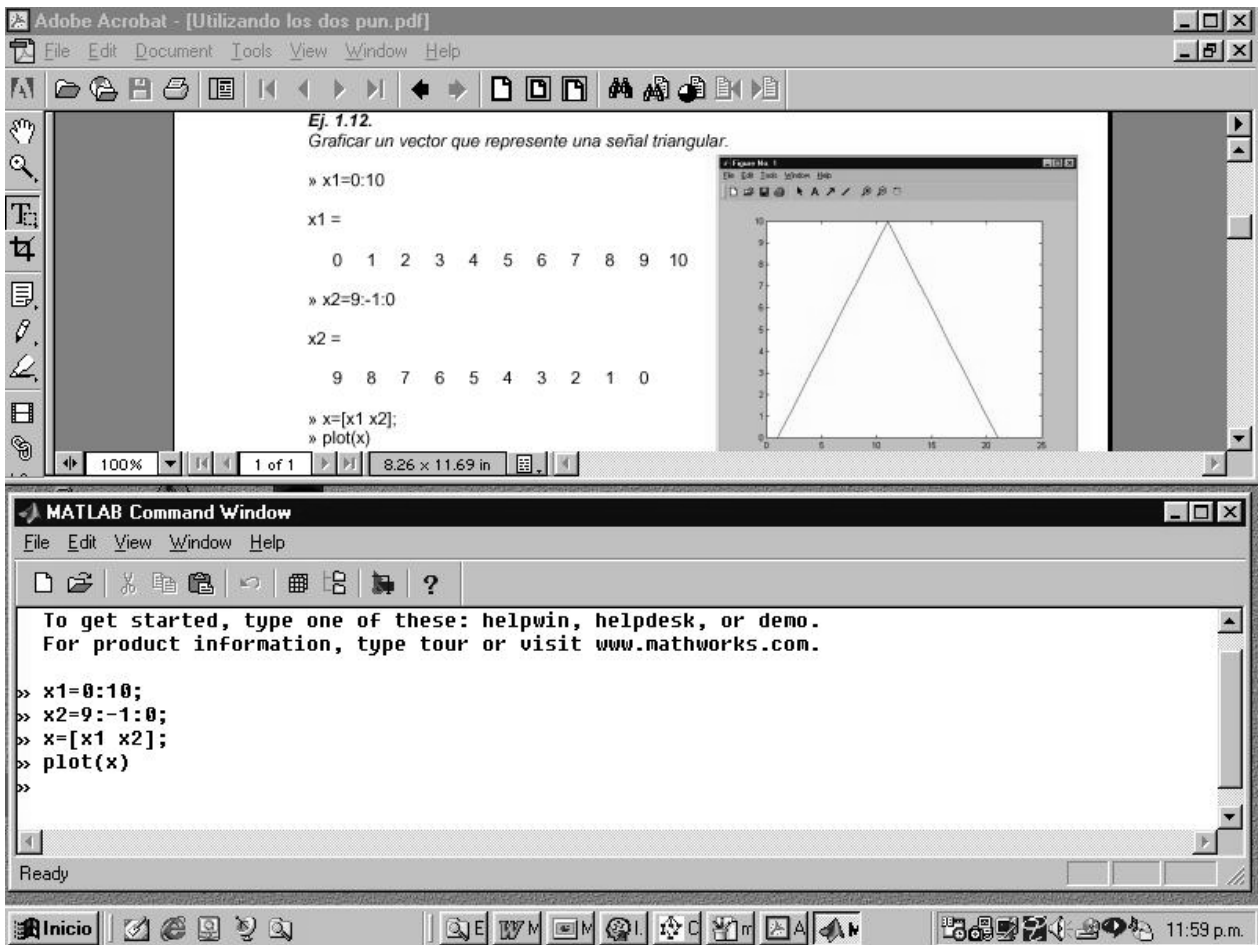


Figura 9. El usuario manipula el software y los datos, para comprobar lo que dice la información.

- Ö Después de que el usuario sabe manipular la herramienta, el instructor audazmente empieza a lanzar preguntas: ¿Quién me dice, cómo puedo generar tres periodos de la señal anterior? Y si el alumno entendió el ejemplo, entonces fácilmente podrá manipular los datos para llegar a contestar la pregunta acertadamente. El profesor lanza 2 o tres preguntas similares y cuando empieza a ver el animo de los alumnos, es el momento propicio para dejarles un ejercicio o actividad que ya no tienen que copiar del manual.

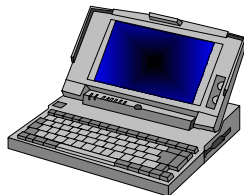
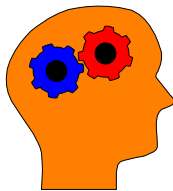


Figura 10. Relación de aprendizaje entre el sujeto y la computadora a través de Mapas conceptuales

## CONCLUSIONES

Podemos concluir diciendo que, los Mapas Conceptuales empleados como herramientas de aprendizaje fueron experimentados impartiendo un curso de Matlab a los profesores y alumnos de ingeniería de la ENEP-Aragón, en la cual establecimos una relación entre el sujeto y la computadora, ejercitando cuatro aspectos: comunicación, información, manipulación y pensamiento. Estas cuatro caras del modelo pedagógico se enfatizaron de tal forma que se presentó un aspecto a la vez, para no saturar al sujeto y guiarlo al aprendizaje significativo. Ponemos a disposición el material que se encuentra el servidor <http://public-cmaps.coginst.uwf.edu/cmaps/IntroduccionMatlab.html> como ejemplo de lo que se puede hacer usando las nuevas tecnologías aplicadas en la enseñanza de las matemáticas.

## REFERENCIAS

1. BIOGRAPHICAL SKETCH: Douglas C. Engelbart <http://sloan.stanford.edu/mousesite/dce-bio.htm>
2. CONKLIN, J. 'Hypertext: An Introduction and Survey'. IEEE Computer, September 1987. p.17-41.
3. RUIZ-PRIMO: <http://redie.ens.uabc.mx/vol2no1/contenido-ruizpri.html>
4. Novak, J. D. & D. B. Gowin. (1984). Learning How to Learn. New York: Cambridge University Press.
5. Ausubel, D. P., J. D. Novak, & H. Hanesian (1978). Educational Psychology: A Cognitive View (2a edición). New York: Holt, Rinehart & Winston. Reimpreso, 1986. New York: Warbel & Peck.
6. Ford, K. M., A. J. Cañas, J. Jones, H. Stahl, J. Novak & J. Adams-Webber. (1991). ICONKAT: An Integrated Constructivist Knowledge Acquisition Tool, Knowledge Acquisition Journal, 3, pp. 215-236.
7. Ausubel, D. P., J. D. Novak, and H. Hanesian. (1978). Educational Psychology: A Cognitive View, 2nd ed. New York: Holt, Rinehart and Winston. Reprinted, New York: Warbel & Peck, 1986.
8. Anderson, O. R. (1992). Some interrelationships between constructivist models of learning and current neurobiological theory, with implications for science education. Journal of Research in Science Teaching, 29(10), 1037-1058.
9. Cañas, A. J. (1998). Algunas Ideas sobre la Educación y las Herramientas Computacionales Necesarias para Apoyar su Implementación, Memoria del IX Congreso Internacional sobre Tecnología y Educación a Distancia, San José, Costa Rica. Reimpreso en Red: Educación y Formación Profesional a Distancia, Ministerio de Educación, España (1999).
10. Constructivismo y aprendizaje significativo. Elaboración de Mapas Conceptuales. Jesús Farfan Hernández. (Lecturas Básicas).
11. <http://cmap.coginst.uwf.edu>