

Colaboración en la Construcción de Conocimiento Mediante Mapas Conceptuales¹

Alberto J. Cañas, Kenneth M. Ford, Patrick J. Hayes, Thomas Reichherzer,
Niranjan Suri, John Coffey, Roger Carff, Greg Hill
Institute for Human and Machine Cognition
University of West Florida, Pensacola, FL 32514

E-Mail: acanas@ai.uwf.edu

Resumen

Este artículo presenta el avance de un proyecto de investigación cuyo objetivo es el desarrollo de nuevas tecnologías que lleven a la creación e instalación de sistemas integrados que maximicen la efectividad de la educación. Usando herramientas computacionales basadas en mapas conceptuales, estudiantes de todas las edades colaboran en su aprendizaje mediante la construcción y crítica de conocimiento y la navegación a través de sistemas de multimedia en red. Las herramientas integran nuevas y variadas tecnologías con enfoques modernos de educación.

1. Introducción

Las tecnologías y métodos que se utilizan en enfoques modernos de enseñanza apoyada en la computadora, educación a distancia, sistemas expertos, sistemas de apoyo en el desempeño del trabajo, software para navegar la WWW, sistemas de entrenamiento justo-a-tiempo, y herramientas de colaboración, están convergiendo rápidamente. Nuestro enfoque de investigación consiste de explotar y acelerar esa convergencia, desarrollando modelos y prototipos para un uso más eficiente de la tecnología, y particularmente Internet, en la educación.

El enfoque constructivista enfatiza la construcción de nuevo conocimiento y maneras de pensar mediante la exploración y la manipulación activa de objetos e ideas, tanto abstractas como concretas. Extendiendo los métodos de trabajo en el aula, recientemente, investigaciones en educación recomiendan el trabajo colaborativo – estudiantes trabajando en proyectos en grupo y cooperando en la solución de problemas. Sin embargo, los ambientes de educación tradicionales usualmente no están organizados para este tipo de actividades, y las herramientas de computación disponibles para apoyar la educación no ayudan al maestro a crear este ambiente constructivista de aprendizaje, y mucho menos de aprendizaje colaborativo.

El aprendizaje colaborativo (Ausubel, Novak & Hanesian, 1978) es una actividad en la cual los estudiantes, y posiblemente sus maestros, construyen cooperativamente un modelo explícito de conocimiento. Desde un punto de vista constructivista, el resultado más importante del proceso de modelaje no es el modelo en sí, sino más bien la apreciación y experiencia que se obtiene al luchar por articular, organizar, y evaluar de forma crítica el modelo durante su desarrollo (Cañas & Ford, 1992). Por lo tanto, el proceso colaborativo que proponemos enmarca la actividad como un esfuerzo auto-corregible en el cual los estudiantes pueden exponer cualquier parte de su modelo – incluyendo sus suposiciones y antecedentes – a un escrutinio crítico por parte de otros estudiantes. Desde este punto de vista, la pregunta crucial es “¿cuán útil es el proceso de modelaje como un medio facilitador del aprendizaje del estudiante?” y no “¿está correcto el modelo?” Nuestra agenda de investigación, siguiendo esta línea, está orientada hacia el desarrollo de herramientas computacionales y métodos que ayuden a estudiantes y maestros a expresar, elaborar, compartir, mejorar, y entender sus construcciones.

En este artículo presentamos una colección de herramientas computacionales basadas en los mapas conceptuales que permiten a los estudiantes navegar a través de modelos de conocimiento que otros (estudiantes, maestros, o expertos en el área) han creado, construir sus propios modelos incluyendo multimedia para aclarar o completar conceptos, colaborar con

¹ Este proyecto fue financiado en parte por el Estado de Florida, EEUU (Florida High Technology Enhancement Funds), por IBM de Latinoamérica a través del Proyecto Quórum: Colaboración sin Fronteras, y por la Oficina de Investigación de la Marina de los EEUU (Office of Naval Research).

otros estudiantes en la construcción de sus modelos, y criticar o discutir los modelos de otros. Las herramientas tienen uso tanto en ambientes de educación a distancia como dentro de una aula. Investigamos la ciencia y tecnología del aprendizaje, esto es, consideramos que el énfasis en la educación a distancia debería estar en la palabra *educación* y no en la palabra *distancia*.

2. Mapas Conceptuales

Los mapas conceptuales, desarrollados por Novak (1977), se usan como un lenguaje 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 (Ausubel et al., 1978). La teoría está basada en un modelo constructivista de los procesos cognitivos humanos. En particular, la teoría de asimilación describe cómo el estudiante adquiere conceptos, y cómo se organizan en su estructura cognitiva. La premisa fundamental de Ausubel es ilusoriamente simple:

El aprendizaje significativo resulta cuando nueva información es adquirida mediante un esfuerzo deliberado de parte del aprendiz por ligar la información nueva con conceptos o proposiciones relevantes preexistentes en la estructura cognitiva del aprendiz. (Ausubel et al., 1978, p. 159)

La teoría de asimilación acentúa que el aprendizaje significativo requiere que la estructura cognitiva del aprendiz contenga conceptos base con los cuales ideas nuevas puedan ser relacionadas o ligadas. Por esto, Ausubel argumenta que el factor individual más importante que influye en el aprendizaje es lo que el estudiante ya sabe. Debe primero determinarse cuánto sabe, y luego enseñarle de acuerdo con su conocimiento. El aprendizaje significativo involucra la asimilación de conceptos y proposiciones nuevas mediante su inclusión en las estructuras cognitivas ya existentes. Ausubel propone que la estructura cognitiva se puede describir como un conjunto de conceptos, organizado de forma jerárquica, que representa el conocimiento y las experiencias de una persona (Novak, 1977). En este contexto, los conceptos se definen como “regularidades” en eventos u objetos (o los registros de eventos u objetos) a los cuales se les ha asignado una etiqueta o nombre (Ford et al., 1991).

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 (Novak & Gowin, 1984). En su esencia, los mapas conceptuales proveen representaciones gráficas de conceptos en un dominio específico de conocimiento, construidas de tal forma que las interrelaciones entre los conceptos son evidentes. Los conceptos son conectados por arcos codificando proposiciones mediante frases simplificadas. El mapa conceptual más sencillo consistiría de dos nodos conectados por un arco representando una frase sencilla, por ejemplo ‘hojas son verdes.’ La Figura 1 muestra un mapa conceptual sobre plantas creado por un niño (tomado de Novak & Gowin, 1984). Por convención, las ligas se leen de arriba hacia abajo a menos que incluyan una punta de flecha. Cuando las palabras seleccionadas para representar los conceptos y ligas se escogen cuidadosamente, los mapas pueden ser herramientas útiles para observar matices de significado, ayudando a los estudiantes a organizar sus pensamientos y a resumir áreas de estudio. Los mapas conceptuales son usados para ayudar a los estudiantes a “aprender cómo aprender” haciendo evidentes las estructuras cognitivas y el conocimiento auto-construido (Novak & Gowin, 1984).

Los mapas conceptuales han sido usados por personas de los más variados niveles, desde niños en educación primaria hasta gerentes de compañías y profesionales. Por lo tanto los mapas pueden ser muy sencillos, pero también pueden llegar a ser muy complejos. Por ejemplo, la Figura 2 muestra el mapa conceptual usado durante el desarrollo de un sistema experto para diagnóstico de enfermedades del corazón (Ford et al., 1996). Los mapas conceptuales son una de las herramientas usadas comúnmente en el proceso de adquisición de conocimiento en el desarrollo de sistemas expertos (Ford et al., 1991).

La herramienta computacional usada para crear el mapa conceptual de la Figura 1 es parte de una nueva generación escrita en Java, lo cual permite que sea usada en cualquier plataforma computacional.

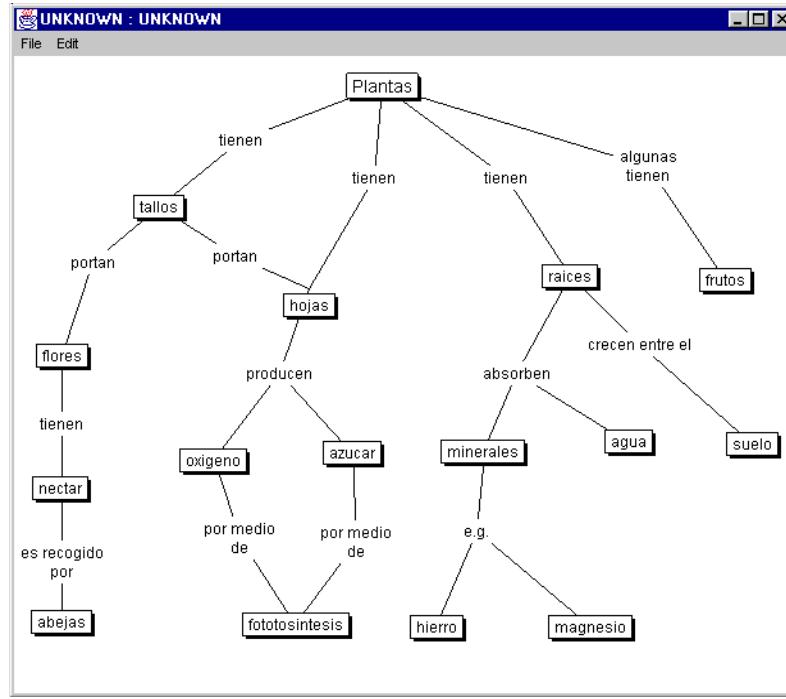


Figura 1. Mapa conceptual sobre plantas

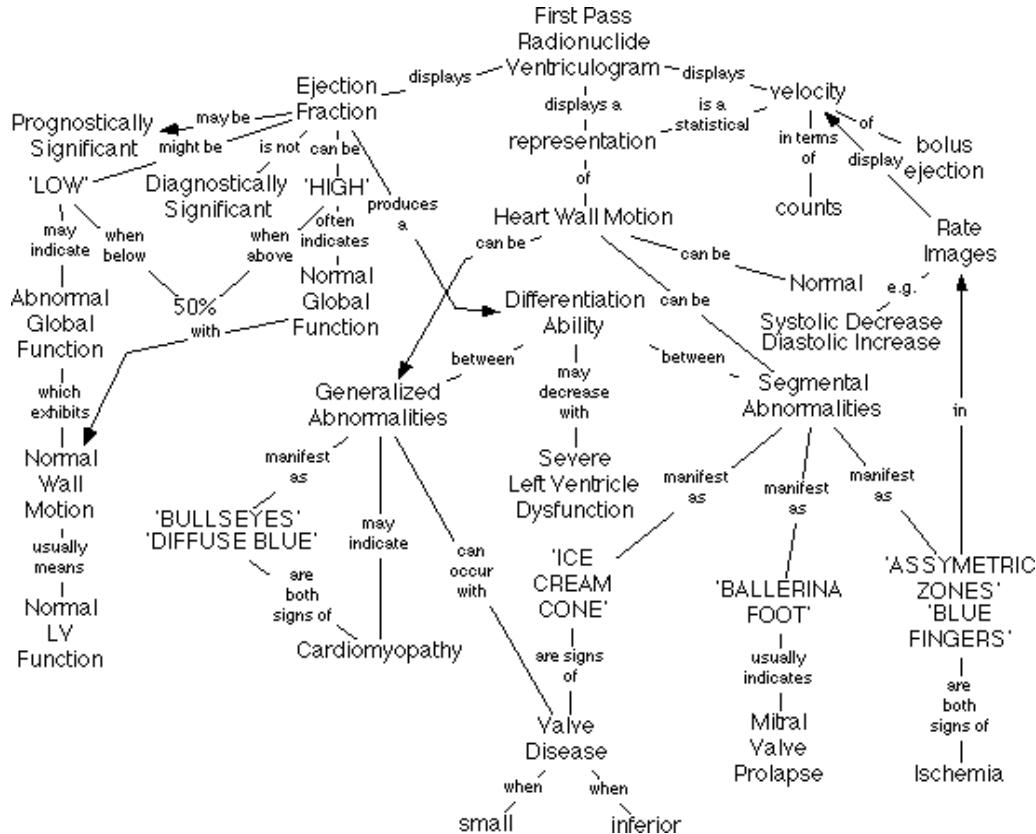


Figura 2. Segmento de una jerarquía de mapas conceptuales en el área de cardiología nuclear

3. Mapas Conceptuales como Herramienta de Navegación

Como se puede apreciar en la Figura 2, los mapas conceptuales son un magnífico medio para representar y organizar conocimiento. El conjunto de mapas sobre cardiología nuclear forma un modelo claro, explícito, y conciso del conocimiento de uno de los principales expertos del mundo en esa ciencia especializada. ¿Por qué no usar esta representación como base para los estudiantes que deseen aprender sobre este tema? En el sistema experto para diagnóstico de enfermedades del corazón NUACES (Ford et al., 1996) los mapas conceptuales son la base del módulo de aprendizaje. Como se muestra en la Figura 3, el estudiante explora el modelo conceptual navegando a través de una gran variedad de objetos (e.g. audio, vídeo, documentos, imágenes, diagramas, mapas conceptuales, etc.) Los mapas conceptuales proveen una interfaz elegante y fácil de comprender para navegar en un sistema de multimedia. Relaciones de generalización y especialización entre los conceptos conllevan a una organización jerárquica de mapas conceptuales, como se muestra en la Figura 3.

En cada nodo o concepto del mapa, el usuario puede seleccionar de un menú de íconos. Estos corresponden a diversos medios (texto, imágenes, vídeo, otros mapas conceptuales, etc.) relacionados al tema del nodo (concepto) seleccionado. Estos íconos aparecen en diversas combinaciones dependiendo de la información disponible sobre el concepto dado. El problema de navegación – perdidos en el hiperespacio – común en los sistemas de multimedia y persistente en la navegación de la WWW, se resuelve fácilmente en la navegación con mapas conceptuales. Todas las ligas tienen semántica, ya sea explícita en el mapa, o por contexto al navegar entre mapas u otros medios. El usuario sabe siempre hacia donde va al seguir una liga, en contraste con otras herramientas de navegación, especialmente en la WWW.

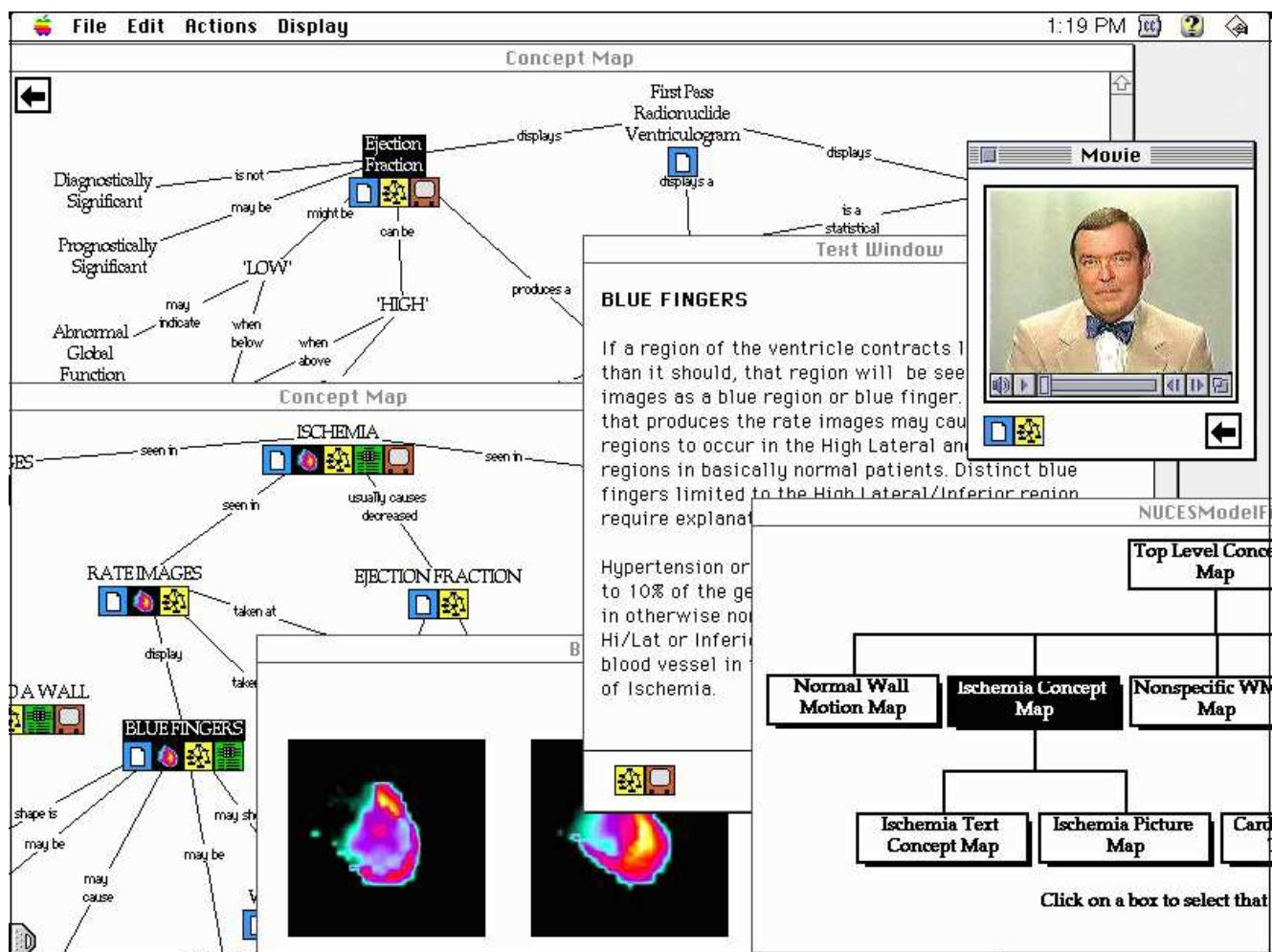


Figura 3. Mapas Conceptuales como herramientas de navegación en NUACES

La herramienta computacional usada para diseñar el mapa conceptual de la Figura 1 también permite al usuario construir mapas conceptuales como herramientas de navegación. Mediante un editor sencillo, el usuario relaciona los medios (vídeo, imágenes, sonido, mapas, etc.) y sus íconos con los nodos (conceptos). La arquitectura distribuida del sistema permite que los diversos medios y mapas se almacenen en diferentes servidores en una red, y que puedan accesarse desde cualquier nodo en la red. Aprovechando la extensión y omnipresencia de Internet, se puede entonces construir sistemas de multimedia accesibles desde cualquier lugar del mundo. El programa está escrito en Java, lo cual implica que puede ser ejecutado en cualquier plataforma computacional (Windows, Macintosh, UNIX, etc.)

Esta herramienta para editar y navegar, junto con componentes de sistemas de apoyo en el desempeño del trabajo (performance-support systems) y sistemas expertos, son la base de una nueva generación de ambientes computacionales para educación a distancia con entrenamiento justo-a-tiempo que estamos desarrollando en un proyecto conjunto con la Marina de los Estados Unidos (Cañas et al, 1997). Por ejemplo, como parte de un módulo de entrenamiento en el diagnóstico y mantenimiento de un equipo electrónico en particular, los mapas conceptuales permiten representar explícitamente un modelo del conocimiento de un experto reconocido en el área. Este incluye las particularidades de la forma en que este experto lleva a cabo el diagnóstico, las cuales usualmente no se encuentran en un manual y precisamente lo caracterizan como experto. Así, al navegar el mapa conceptual, los estudiantes se están “parando en los hombros de un gigante”. Los mapas conceptuales, junto con los componentes de diagnóstico y apoyo en el trabajo, y su funcionamiento a través de una red, proveen el apoyo necesario en casos en los cuales el técnico necesita capacitación en el justo momento en que requiere arreglar el equipo (Bradshaw et al, 1993), o requiere de un curso de repaso. Al mismo tiempo, el sistema también pretende aumentar la comprensión conceptual del técnico sobre el funcionamiento del equipo.

4. Colaboración en la Construcción de Conocimiento

Durante los últimos cuatro años, desarrollamos en conjunto con IBM de Latinoamérica un proyecto colaborativo llamado Quórum: Colaboración sin Fronteras. El proyecto es grande y consiste de múltiples fases. Además del diseño e puesta en marcha de una red computacional internacional que conecta a escuelas de seis países de Latinoamérica y EEUU, el proyecto incluye capacitación de maestros, desarrollo de material pedagógico, y el desarrollo de herramientas que apoyen la colaboración entre estudiantes, entre aulas y entre países (Cañas, 1993). Una de esas herramientas es las Sopas de Conocimiento.

Como se observó anteriormente, un mapa conceptual es una colección organizada de proposiciones que relacionan un conjunto de temas. Cada proposición se expresa como una frase simplificada que puede ser extraída del mapa siguiendo una serie de arcos empezando y terminando en nodos. Por ejemplo, el mapa de la Figura 1 contiene las frases ‘plantas tienen hojas’ y ‘hojas producen oxígeno por medio de fotosíntesis’. Al estar el estudiante construyendo su mapa, el sistema automáticamente extrae las proposiciones y las muestra en una ventana al lado de su mapa (ver la ventana ‘Afirmaciones Locales’ en la Figura 4). Esto permite dos representaciones muy diferentes (pero “lógicamente” equivalentes) de las ideas del estudiante, una mediante el mapa y la otra en forma textual.

Un estudiante puede publicar una frase, lo cual la hace potencialmente visible a otros estudiantes. Le llamamos a este proceso “hacer una afirmación.” La colección de frases — afirmaciones — publicadas por el conjunto de estudiantes forman la “sopa de conocimiento,” que consiste de una base de datos que contiene las frases sencillas que representan el conocimiento creciente en la sopa. Es a través de estas sopas de conocimiento que los estudiantes colaboran y comparten.

Las afirmaciones que han sido publicadas pueden ser vistas por otros estudiantes y pueden ser utilizadas en la construcción de sus propios mapas. Pero un estudiante no puede automáticamente ver *todas* las afirmaciones publicadas por otros estudiantes, pues esto sería inmanejable. El sistema tiene heurísticos para determinar cuán relacionadas están las afirmaciones en la sopa. Las únicas afirmaciones de otros que el estudiante ve son las que están directamente relacionadas con las que él ha contribuido a la sopa (ver la ventana ‘Afirmaciones Remotas’ en la Figura 4). Entre más afirmaciones publica el estudiante, mayor será el rango de afirmaciones de otros que podrá ver. Esta estrategia pretende fomentar y premiar la participación de los estudiantes. El origen de las afirmaciones permanece anónimo.

Un estudiante puede cuestionar una afirmación hecha por otro estudiante, si no está de acuerdo con ella o la encuentra confusa; y el creador de la afirmación puede responder. El cuestionamiento de una afirmación lleva a que se despliegue un signo de interrogación junto a esta indicándole al autor y a otros que hay una discusión sobre la afirmación (ver Figura 4). Cualquier que puede ver esa afirmación puede participar en la discusión. De esta manera una afirmación publicada puede convertirse en el foco de una discusión extensa sobre algún tema. Y las afirmaciones de los estudiantes están sujetas a

críticas y revisión de parte de sus compañeros. Mediante la publicación de afirmaciones, revisión de afirmaciones de otros, y discusiones sobre afirmaciones específicas, el estudiante colabora con otros estudiantes en la construcción de su conocimiento, pero mantiene individual el diseño de su mapa. Los estudiantes no ven los mapas conceptuales de otros estudiantes.

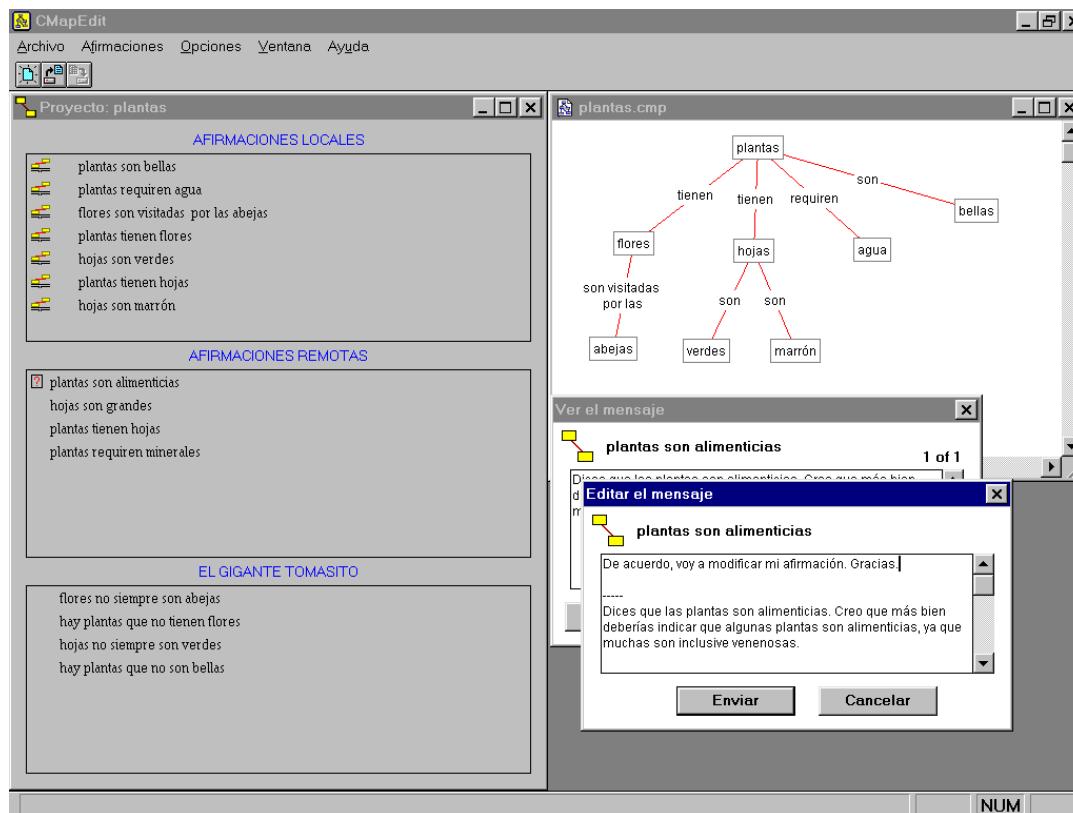


Figura 4. Mapa conceptual, afirmaciones, y discusión

La colaboración no está limitada a estudiantes en el mismo salón. En una nueva versión del programa que se encuentra en desarrollo, cualquier estudiante en una estación con acceso a Internet se puede registrar en una sopa de interés en el servidor adecuado. Los estudiantes no tienen que trabajar al mismo tiempo, ya que las contribuciones a la sopa se almacenan en el servidor. Cada sopa de conocimiento representa la colaboración sobre un tema específico, que en el caso de la Figura 4 es Plantas.

5. Crítica en la Navegación de Mapas Conceptuales

El concepto de discusión y crítica al nivel de afirmaciones — al nivel de conocimiento para ser más específicos — lo estamos extendiendo para permitir criticar proposiciones en mapas conceptuales diseñados por otros y que por lo tanto el usuario está navegando, no construyendo. Esto permitirá, por ejemplo, que estudiantes que estén navegando mapas correspondientes a módulos particulares de algún curso, puedan discutir entre ellos y con el profesor aspectos específicos del mapa sin ser ellos los creadores del mismo.

6. El Gigante: un Idiota Artificial

Además de la colaboración entre estudiantes mediante las sopas de conocimiento, el sistema posee un agente inteligente que razona sobre las afirmaciones en la sopa, obtiene conclusiones factibles mediante heurísticos sencillos, y usando esas conclusiones propone sus propias afirmaciones y preguntas al estudiante. Las conclusiones del Gigante aparecen en una tercera lista de afirmaciones, debajo de las afirmaciones de otros estudiantes (ver la ventana 'El Gigante Tomásito' en la

Figura 4). El estudiante debe indicarle (enseñarle) al Gigante si la proposición está correcta, incorrecta, o no tiene ningún sentido, según se puede ver en la Figura 5. Como las proposiciones del gigante están basadas parcialmente en las del estudiante, este se ve forzado a re-analizar sus propias afirmaciones. El Gigante en ningún momento juzga el trabajo del estudiante.

Le llamamos el Gigante porque hemos programado su comportamiento en la interacción con los estudiantes como alguien buenón y medio tonto. Hemos escogido su personalidad con cuidado, basándonos en parte en las recomendaciones de Novak y Gowin (1984) de cómo los maestros deben entrevistar a los estudiantes sobre sus mapas conceptuales. Su comportamiento se puede resumir como: sabe mucho, pero a veces sorprende con su ignorancia; siempre trata de ser útil y ayudar, nunca está seguro de nada y siempre acepta ser corregido; pide ayuda y aclaraciones al estudiante cuando está confundido; siempre disfruta que el estudiante le enseñe algo nuevo; trata de llegar a conclusiones sencillas, pero siempre las consulta con alguien; siempre deja de interactuar con el estudiante si éste se lo pide, y sin enojarse.

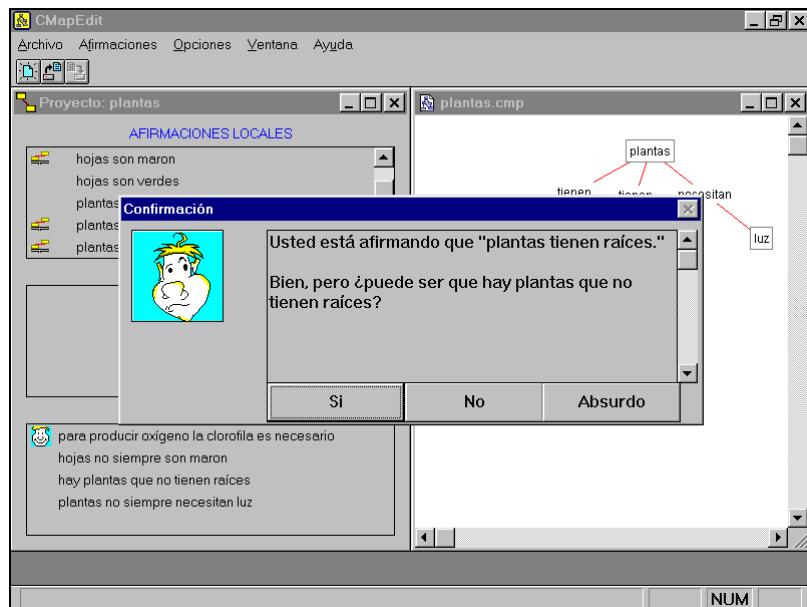


Figura 5. El Gigante aprende del estudiante

El Gigante, con sus conclusiones y preguntas, desequilibra al estudiante, forzándolo a analizar otros puntos de vista. Nuestra experiencia con su uso ha sido que el Gigante tiende a presentarle al estudiante afirmaciones que éste no había considerado.

7. Conclusiones

Hemos presentado una variedad de usos de una herramienta computacional basada en la manipulación de mapas conceptuales, que permite al estudiante construir sus propios mapas, navegar a través de sistemas de multimedia distribuidos en una red basándose en los mapas de otros, colaborar en la construcción de sus propios mapas mediante contribuciones a sopas de conocimiento, criticar y defender afirmaciones en las sopas, criticar o discutir sobre mapas construidos por otros, e interactuar con un agente artificial en la construcción de sus mapas. Estas actividades representan una gama extensa de manipulaciones de conocimiento que apoyan al estudiante en la construcción de su propio conocimiento. La flexibilidad de las herramientas ha permitido su aprovechamiento por aprendices de todas las edades, desde niños pequeños hasta profesionales, en educación en el aula y educación a distancia, desde la escuela hasta reuniones de planeación en grandes corporaciones. Las herramientas están basadas en la teoría de aprendizaje de Ausubel y Novak.

8. Referencias

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.

- Bradshaw, J. M., D. Madigan, D., Richards, T. & G. Boy. (1993). Emerging technology and Concepts for Computer-Based Training, *Proceedings of the 6th Florida Artificial Intelligence Research Symposium*, Ft. Lauderdale, FL.
- Cañas, A. J. (1993). *Niños Colaborando a Través de Fronteras: Logo y Telecomunicaciones*, Memorias del VI Congreso Internacional de Logo, Caracas, Venezuela.
- Cañas, A. J., K. M. Ford, J. C. Coffey, T. Reichherzer, N. Suri, G. Hill, T. Mitrovich (1997). El-Tech: El-Tech: A Performance Support System with Embedded Training for Electronics Technicians, submitted to the *Florida Artificial Intelligence Research Symposium*, FL.
- Ford, K.M., H. Stahl, J. Adams-Webber, A.J. Cañas, J. C. Jones, & J. Novak. (1991). ICONKAT: An Integrated Constructivist Knowledge Acquisition Tool. *Knowledge Acquisition Journal* 3: 215-236.
- Ford, K. M., J. Coffey, A. J. Cañas, E. J. Andrews, C. W. Turner (1996). Diagnosis and Explanation by a Nuclear Cardiology Expert System, *International Journal of Expert Systems*, vol 9, number 4, pp. 499-506.
- Novak, J. D. (1977). *A Theory of Education*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Novak, J. D. & D. B. Gowin. (1984). *Learning How to Learn*. New York: Cambridge University Press.