

Revista Universidad EAFIT  
Universidad EAFIT  
revista@eafit.edu.co  
ISSN: 0120-341X  
COLOMBIA

2004

Claudia María Zea Restrepo / María del Rosario Atuesta Venegas /  
Mónica Henao Calad / Myriam del Pilar Hernández Cardona  
ENTENDIENDO LAS CIENCIAS CON MAPAS CONCEPTUALES  
*Universidad Eafit*, abril-junio, número 134  
Universidad Eafit  
Medellín, Colombia  
pp. 10-24

# Entendiendo

## las ciencias con mapas conceptuales

**Claudia María Zea Restrepo**

Ingeniera de Sistemas de la Universidad EAFIT.  
Magíster en Educación de la Universidad de Antioquia.  
Directora de la Línea de Investigación y Desarrollo en Informática Educativa,  
Departamento de Ingeniería de Sistemas, Universidad EAFIT.  
czea@eafit.edu.co

**María del Rosario Atuesta Venegas**

Ingeniera de Sistemas de la Universidad EAFIT. Especialista en Informática  
Educativa de la Universidad de La Frontera, Chile.  
Candidata a Magíster en Ingeniería Informática de la Universidad EAFIT.  
Codirectora de la Línea de Investigación y Desarrollo en Informática  
Educativa, Departamento de Ingeniería de Sistemas, Universidad EAFIT.  
matuesta@eafit.edu.co

**Mónica Henao Calad**

Ingeniera de Sistemas de la Universidad EAFIT.  
Magíster en Gestión de Tecnologías de la Universidad Pontificia Bolivariana.  
Doctora en Ingeniería de la Programación e Inteligencia Artificial de la  
Universidad Politécnica, Valencia España. Profesora del Departamento de  
Ingeniería de Sistemas de la Universidad EAFIT.  
mhenao@eafit.edu.co

**Myriam del Pilar Hernández Cardona**

Maestra en Artes Plásticas de la Universidad de Antioquia. Magíster en  
Educación de la Universidad de Antioquia. Asistente de Investigación de la  
Línea de Investigación y Desarrollo en Informática Educativa, Departamento  
de Ingeniería de Sistemas, Universidad EAFIT.  
phernandez@infoedu.eafit.edu.co



Recepción: 15 de mayo de 2003 | Aceptación: 21 de octubre de 2003

**Resumen**

“Entendiendo las Ciencias con Mapas Conceptuales” es un proyecto que buscó desarrollar un esquema metodológico que permitiera representar el saber de expertos en el área de ciencias, utilizando la metodología para representación del conocimiento CommomKADS y la herramienta computacional CMapTools para soportar la construcción digital de mapas conceptuales, con el fin de construir un sistema de conocimiento como apoyo a los procesos de aprendizaje de las ciencias, en los niveles de la educación básica, media y superior.

El desarrollo de este proyecto de investigación, se enmarca en un convenio de cooperación establecido entre la Universidad EAFIT – Línea I+D en Informática Educativa y el Institute for Human and Machine Cognition (IHMC) de la Universidad de West Florida, a través del cual fue posible la vinculación de expertos como Joseph Novak, Alberto Cañas y Carmen Collado al desarrollo del proyecto y de algunos mapas conceptuales en temas específicos.

Como resultado de la interacción entre los grupos de investigación de EAFIT y del IHMC, y el proceso conjunto de indagación, se desarrolló un Sistema de Conocimiento en Ciencias, el cual contiene una primera colección de mapas conceptuales y una propuesta de atlas para la indexación de contenidos, los cuales se encuentran almacenados en un servidor Web, residente en la Universidad EAFIT y partir del cual se establecen unas primeras respuestas a las preguntas de investigación planteadas para el proyecto.

### Palabras Claves

Representación del conocimiento  
Sistemas basados en ciencias  
Mapas conceptuales  
Enseñanza de las ciencias  
Modelos de gestión del conocimiento  
CommonKADS  
CMapTools

## Understanding Science with Concept Maps

### Abstract

“Entendiendo las Ciencias con Mapas Conceptuales” (Understanding Science with Concept Maps) is a project that tried to develop a methodology outline to represent the knowledge that experts have in the sciences field, using CommonKADS knowledge representation methodology and CmapTools, a software tool that supports digital construction of conceptual maps, with the purpose of constructing a knowledge system as support for science learning processes, in the basic, medium, and higher education levels.

The development of this research project is framed in a Cooperation agreement between Universidad EAFIT – Línea I+D en Informática Educativa (Education Informatics) and the University of West Florida - Institute for Human and Machine Cognition (IHMC), which allows the entailment of experts, such as Joseph Novak, Alberto Cañas, and Carmen Collado to the development of the project and some concept maps for specific topics.

As a result of the interaction between the research groups at EAFIT and IHMC, and the combined research process, a Science Knowledge System was developed, which contains the first collection of concept maps and a proposal for an atlas for contents indexing, these will be stored in a web server at Universidad EAFIT, and based on this the first answers to the research questions of the projects will be settled down.

### Key Words

Knowledge representation  
Science-based systems  
Concept maps  
Science teaching  
Structured knowledge engineering  
CommonKADS  
CmapTools

## Presentación



La educación durante sus diferentes fases de evolución, concibe el tema de las ciencias como una de las áreas básicas del currículo, tanto a nivel escolar, como superior, implicando una necesidad apremiante de buscar alternativas para el acercamiento de los aprendices a los conceptos fundamentales de las ciencias.

Por su parte la población estudiantil en Colombia, reportó durante las últimas décadas un gran déficit en los logros académicos en este tema, lo cual está generando inquietud en los entes gubernamentales y en las mismas instituciones educativas. Como muestra de la preocupación por el tema a nivel estatal, el Ministerio de Educación Nacional ha puesto al alcance de los colombianos, los primeros estándares para el logro de competencias en los temas fundamentales, entre los cuales encuentran los “Estándares Curriculares para Ciencias Naturales y Educación Ambiental”, donde se enmarca la presente problemática. Desde esta perspectiva se hace necesario pensar en el reto de encontrar nuevas alternativas para presentar y acceder al conocimiento de las ciencias (<http://www.mineduacion.gov.co>, lineamientos curriculares Ciencias Naturales y Educación Ambiental).

Por otra parte, el crecimiento de la red Internet, como medio para proveer información, se ha convertido en una de las herramientas de consulta más utilizada por los aprendices, para dar respuesta a sus inquietudes y tareas. Sin embargo, y dado que la información en Internet no posee una estructura formal ni un control sobre su validez, el deambular por la red de redes se convierte en un sistema poco ágil y confiable, que requiere además, de un elemento fundamental en la labor de búsqueda, y es “criterio” para seleccionar la información, establecer niveles de prioridad y determinar la validez de la misma.

Un tercer elemento que no se ha tenido en cuenta durante el proceso de aprendizaje, es el acceso a información de expertos y científicos, no sólo por la

falta de acceso a su representación, sino por la lejanía que hay entre el conocimiento de un tema específico producido por un experto y el contenido sobre dicho tema presentado a un novato.

Comúnmente la relación entre estos tres elementos produce un resultado lamentable en términos de aprendizaje, pues generalmente ante la falta de conocimiento previo sobre un tema específico, se realiza una búsqueda en Internet con criterios pobres de selección para dar respuesta a la pregunta que orientó la consulta, y se accede a un conjunto de información no necesariamente desarrollada por expertos, obteniendo como resultado un acercamiento al conocimiento poco significativo para el aprendiz.

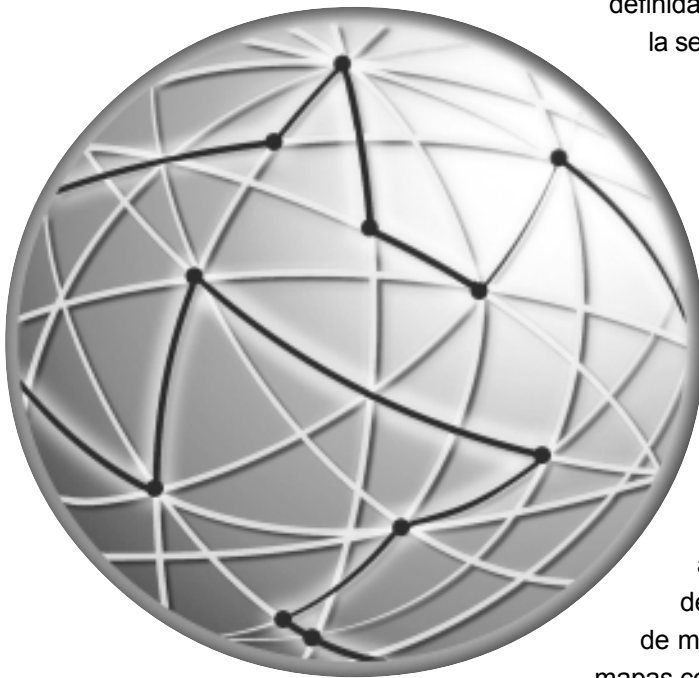
Por otra parte, la experiencia de aplicación del Modelo Conexiones en los centros educativos de nivel básico y medio, tanto de carácter público como privado a nivel nacional, ha registrado esta misma situación ante la falta de contenidos digitales organizados, que les permita a docentes y alumnos centrar sus búsquedas sobre los temas de sus proyectos colaborativos de aula y tener certeza de su validez científica (Zea et al, 2000).

Como una alternativa para aportar soluciones concretas a la problemática de la organización del conocimiento, su representación desarrollada por expertos y la construcción de nuevos conceptos por parte del estudiante, se presenta la herramienta de mapas conceptuales. Desde el punto de vista de la representación del saber experto, se prevé como una posibilidad de acercar dicho conocimiento ya validado al aprendiz, de forma que no sólo se representen conceptos, sino sus posibles relaciones.

Como herramienta que posibilita la adquisición de nuevos conceptos, se vaticina que mediante el uso de mapas conceptuales como organizadores de conocimiento previo y como estrategia de acercamiento a nuevos conceptos, se puede potenciar el aprendizaje significativo, ayudando al aprendiz a encontrar relaciones entre nuevos conceptos y los ya preexistentes en su estructura cognitiva orientándolo de manera intencional al campo de la ciencias.

Cálculos preliminares de investigadores del IHMC (<http://www.coginst.uwf.edu>) y de la universidad EAFIT a través de la Línea de Investigación y Desarrollo en Informática Educativa (<http://www.eafit.edu.co/infoedu>), consideran que con alrededor de unos cuatrocientos mapas conceptuales se cubriría la gran mayoría de los conceptos básicos de ciencias, necesarios para vivir en nuestra era del conocimiento, los cuales según las nuevas teorías cognitivas tienen grandes aplicaciones en educación (Ausubel et al, 1983) y en memorias corporativas. Este conjunto de mapas permitirá que cualquier persona con interés en un tema específico de las ciencias, encuentre su punto de entrada y comience a navegar sobre el conocimiento de expertos en cada uno de los contenidos, navegando tan profundo y tan al detalle como lo desee.

Es importante aclarar que el aporte a la problemática, no consiste en la generación de un currículo de ciencias, sino en la creación de “puntos de entrada” para la navegación sobre unidades temáticas de ciencias, donde las uniones entre los mapas conceptuales estarán definidas por relaciones de contenido y no por la secuencia de un libro o un curso.



Estos mapas, deben estar agrupados por temas bajo el esquema de atlas de ciencias para efectos de búsquedas, cobertura de temas y entradas posibles para la navegación a través de los conceptos tratados.

Actualmente el IHMC, fundado en 1990 como una unidad de investigación interdisciplinaria para el estudio de la cognición en el ser humano y en la máquina, ha puesto a disposición del mundo la herramienta de CMapTools, la cual, propone el uso de modelos de conocimiento, basados en mapas conceptuales, como infraestructura para la creación de ambientes de multimedia, tanto por

estudiantes como por profesores, científicos y expertos. Esta herramienta de software, basada en un enfoque constructivista del aprendizaje, permite al usuario construir mapas conceptuales, conectarlos entre sí mediante enlaces, y complementar las proposiciones con otros medios como imágenes, vídeo, fotos, gráficos, texto, páginas de WWW, etc.

La herramienta CMapTools es sumamente flexible, y entre sus usuarios se encuentran desde niños de educación primaria en Latinoamérica, hasta científicos de la NASA debatiendo el lugar más apropiado para

el descenso de naves espaciales en Marte. Los científicos usan las herramientas para representar y publicar modelos de sus investigaciones, permitiendo la crítica constructiva y promoviendo la colaboración entre ellos.

Adicionalmente, como un proyecto de conocimiento debe ser gestionado como un proyecto de aprendizaje basado en la experiencia, en forma creciente, es necesario contar con una metodología que propicie dicha labor y que además, haya sido pensada y creada para permitir la gestión del conocimiento. Es así como se ha encontrado que la metodología CommonKADS favorece el enfoque de administración de proyectos de este tipo y cumple con los requisitos que se han presentado previamente.

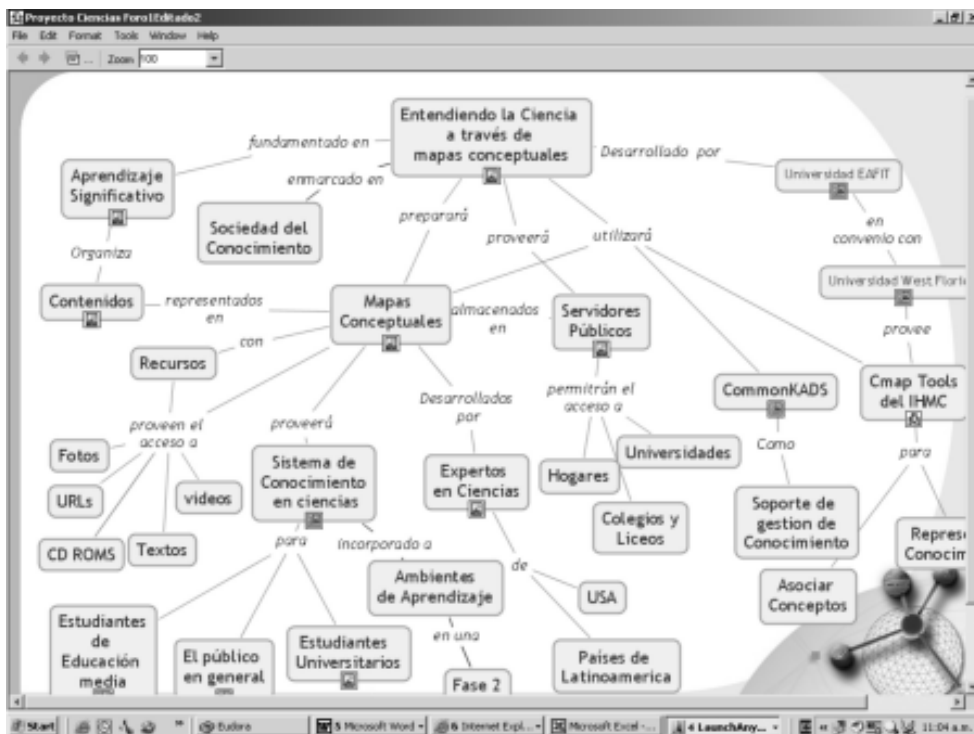
Aunque esta metodología no fue propuesta inicialmente para proyectos educativos de conocimiento sino para sistemas expertos, se ha generalizado su aplicación para sistemas de conocimiento o sistemas basados en el conocimiento, lo que da ciertos indicios de que puede ser una buena metodología para aplicar en este proyecto.

En este marco de reflexión se inscriben las preguntas de esta investigación: ¿Es adecuado utilizar la metodología CommonKADS para gestionar y modelar sistemas de conocimientos aplicados a la educación?, ¿Cuáles modelos de CommonKADS se pueden desarrollar para la implementación de un Sistema de conocimiento de Ciencias?, ¿Puede el conocimiento de los científicos ser representado en una colección de mapas conceptuales?, ¿Cómo compartir el conocimiento de los científicos con los estudiantes en formación?, ¿Pueden los estudiantes universitarios entender las ciencias a través de mapas conceptuales?.

Como esquema de trabajo se establece un marco de referencia que contextualiza los aspectos relacionados con la sociedad del conocimiento, las metodologías que soportan la construcción del modelo de conocimiento propuesto y la herramienta CMapTools.

El siguiente mapa construido con CMapTools, representa los conceptos y relaciones establecidas para el proyecto.

**Figura 1.** Mapa conceptual del Proyecto



En el siguiente apartado se presentan los resultados de la investigación representados en un Sistema de Conocimiento en Ciencias (SCC) desarrollado bajo la orientación metodológica CommonKADS y aplicando para la representación del conocimiento los mapas conceptuales.

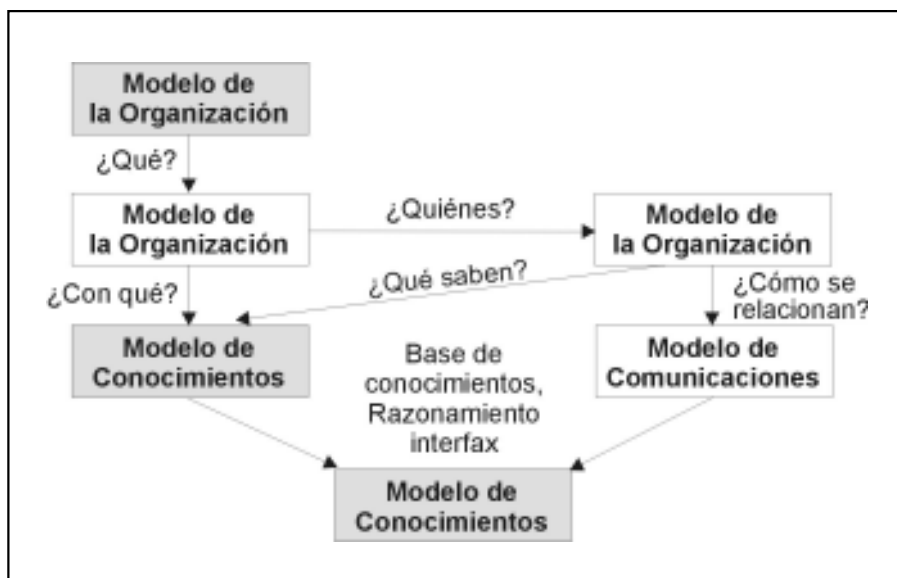
### Sistema de Conocimiento en Ciencias (SCC)

Aunque el objetivo inicial de los creadores de la metodología CommonKADS era que sirviera de guía para la construcción de sistemas basados en el conocimiento (SBC), desde hace algunos años se empezó a utilizar como guía para el desarrollo y la implantación de procesos asociados con la Gestión

del Conocimiento en diferentes organizaciones. Es así, como en este proyecto se ha aplicado, permitiendo seguir en forma estructurada el desarrollo del mismo.

En cuanto a los modelos propuestos en CommonKADS, en esta fase de la investigación se ha concluido que algunos de ellos no se aplican por el tipo de proyecto y del sistema solución. El propósito de CommonKADS es desarrollar SBC sin embargo, en este proyecto esa no es la solución, pero sí un sistema de conocimiento, por tal motivo sólo se aplicaron algunos modelos. Concretamente se desarrollaron el Modelo de la Organización, el Modelo de Conocimiento y el Modelo de Diseño. Los recuadros sombreados de la Figura 2, corresponden a los modelos desarrollados.

**Figura 2.** Modelos de CommonKADS que se aplicaron en el proyecto



### 1. Modelo de la Organización

El modelo de la organización de CommonKADS se construye con el fin de estudiar el ambiente de la organización para determinar lo que está sucediendo en ella y así poder definir cuándo y en dónde se puede construir un sistema de conocimiento para solucionar un problema específico o mejorar un proceso real. En este caso, el modelo no se aplicó pensando en que se iba a desarrollar un sistema informático de conocimientos sino en que se estaba trabajando con conocimiento y que el proyecto mismo tenía las características de un proyecto de conocimiento.

De los constituyentes del modelo original de CommonKADS se aplicaron los siguientes:

- **El Contexto organizacional.** La organización entonces, es el sector educativo, específicamente en la educación superior. Como esto es muy general y es una organización conceptual, entonces se limitará su análisis para efectos del proyecto en el proceso de formación.

En los esquemas tradicionales del entorno escolar existe una interpretación intermediaria entre la producción científica y el documento a que accede el aprendiz. Esta distribución de roles expresa relaciones de aproximación a la construcción del saber que se da desde el objeto de conocimiento a ser aprendido con la ayuda de escenarios de aprendizaje. Escenarios que se orientan y potencian desde las demandas de los contextos culturales.

El experto en su rol productor de conocimiento científico construye relaciones coherentes a las estructuras demandadas por el contexto socio-cultural y divulga el resultado de su producción con el apoyo del mediador tecnológico CMapTools. El docente en su rol de diseñador de estrategias de aprendizaje genera instancias didácticas para facilitar al aprendiz la apropiación de los mismos sin manipular el conocimiento presente en el mapa generado por el experto. El estudiante en su rol de aprendiz asume a través de “actividades” el uso de los conceptos mediante acciones que permiten asimilar y comprender su uso, como también reutilizar los conceptos que ha apropiado anteriormente.

- **Problema actual.** Identificado como el problema en la apropiación de conocimientos de ciencias por parte de los estudiantes de secundaria. Expresado en forma de un tópico generativo<sup>1</sup> sería: *“¿Por qué si el conocimiento de ciencias es divulgado y conocido, los estudiantes no se apropian de él?”.*

<sup>1</sup> Término utilizado en Enseñanza para la Comprensión y que define el tema central del trabajo.

- **Solución.** A partir de las soluciones planteadas, se determina que la construcción de un sistema de conocimiento de ciencias que haga uso de mapas conceptuales para representar el conocimiento científico de expertos, es un escenario posible como estrategia de enseñanza de esos conceptos a los estudiantes.

- **Función.** Las funciones identificadas en este contexto organizacional son las siguientes:

- Identificación del conocimiento declarativo de ciencias para que sea reflejado en el mapa.
- Desarrollo de los mapas.
- Integración de éstos, a través de conceptos.
- Aplicación de los mapas y evaluación de los objetivos de aprendizaje alcanzados con la utilización de los mapas conceptuales. Esto último no está enmarcado dentro del alcance de este proyecto.

- **Proceso.** Se refiere al flujo de trabajo o de control de los procedimientos básicos.

El anterior flujo se lleva a cabo en el experto de un dominio. En el maestro se realiza en general desde la difusión hasta la transferencia y los estudiantes generalmente están involucrados desde la apropiación. Se hace transferencia cuando el estudiante comprende realmente el conocimiento

- **Personas o roles:** Los roles que se han identificado son:

- *El experto.* “Es la persona o grupo de personas que tiene(n) el conocimiento teórico y práctico del área problema es decir, el(los) perito(s). “Este experto debe ser reconocido en su área de especialización, lo que implica que sus colegas lo consideran una persona valiosa por sus conocimientos sobre el dominio” (Henao, 2001). En este caso los expertos son los que dominan las ciencias.
- *Maestros-Profesores.* Son estudiosos de las ciencias, algunas veces son expertos que investigan y proponen novedades dentro de la ciencia,



pero en otras ocasiones se han apropiado de un conocimiento y se encargan de transmitirlo a otros.

- *Estudiantes*. Son jóvenes que están en formación y que en algunas ocasiones, están interesados por conocer y dominar un área de conocimiento específica.

Adicionalmente se tiene que los medios que se utilizan en cada uno de los procesos y especialmente, para pasar de un proceso a otro, son fundamentales. Por ejemplo, el medio en el que el experto deja consignado su conocimiento, o el medio a través del cual se difunde el conocimiento, por ejemplo: un libro, entre otros.

- **El Conocimiento**. El conocimiento que se maneja en estos procesos tiene que ver con:
  - Conceptos fundamentales de ciencias.
  - Utilización de los medios más apropiados para cada uno de los procesos.
- **Recursos**: Para el análisis de la situación problema no se requieren recursos computacionales, pero para plantear la solución, es necesario contar con recursos computacionales que apoyen procesos definidos. Estos recursos se tratarán más adelante.

## 2. Modelo de Conocimiento

Como el propósito de este modelo es “explicar en detalle los tipos y estructuras del conocimiento usado en la realización de una tarea” (Henoa, 2001), y en este caso específico no se tiene una *tarea* definida (pues el experto no está enfrentado a solucionar un problema sino a expresar el conocimiento que tiene de la ciencia), entonces sólo se aplican algunos de los elementos que se proponen en el modelo.

Además, es importante resaltar el análisis que se ha realizado para aplicar la representación de mapas conceptuales en dichos sistemas:

CommonKADS trata y presenta el conocimiento de una manera completa, incluyendo sus diversos tipos

donde el conocimiento del dominio es separado del de control para que pueda ser utilizado por diferentes tareas y en diferentes dominios.

El *conocimiento del dominio* describe la principal información estática y los objetos de conocimiento en un dominio de aplicación.

Los mapas conceptuales están formados por conceptos y relaciones de un dominio, representando entonces el conocimiento declarativo. Entendido este como «los hechos, reglas, conceptos y teorías, que aluden a la información necesaria para conocer una realidad y moverse en ella». También se puede llamar *conceptual*. (Casarini citado por Poggioli, 1999). De acuerdo con Anderson (citado por Poggioli, 1999) el conocimiento *declarativo* también incluye el saber acerca de nosotros mismos como aprendices y de los factores que influyen en nuestra ejecución cuando realizamos tareas, sean éstas académicas o no.

En términos de CommonKADS, el *Conocimiento del Dominio* es el que se representa en el mapa conceptual, dejando de lado el de control, pues los mapas no permiten representar el conocimiento de las inferencias, ni de las tareas. De esta forma se establece la relación que existe entre la metodología CommonKADS y la estrategia de representación de mapas conceptuales.

## 3. Modelación del conocimiento a través de mapas conceptuales

El conjunto de mapas conceptuales desarrollados en este proyecto, está conformado por tres grupos de mapas que obedecen a condiciones diferentes en el proceso de modelación del conocimiento (Ver tabla 1).

El primer grupo está conformado por un conjunto de mapas sobre Marte previamente elaborado por Jeff Brigs experto de la NASA, jefe del Centro Espacial de Marte. El Doctor Brigs creó estos mapas como estrategia para representar el conocimiento obtenido en las múltiples exploraciones que ha realizado la NASA en Marte y conservarlo para investigaciones futuras. Para esta elaboración recibió capacitación

Tabla 1. Conjunto de mapas elaborados

Nombre del Experto	Área del Conocimiento	Nombre de los Mapas	
<b>JEFF BRIGS</b> Experto de la Nasa, Jefe del Centro Espacial del Marte	<b>Astronomía</b>	Mapas sobre diversos aspectos del planeta Marte	
<b>JOSEPH NOVAK</b> Experto en la enseñanza de las ciencias	<b>Ciencias</b>	Plantas Verdes	Fotosíntesis
		Densidad de la Materia	Aprendizaje Significativo
		Circuito Eléctrico	Estaciones
		Flotabilidad	Radiación Solar
		Resistencia	El Universo
		Espejos	
<b>CARMEN COLLADO</b> Experta en Biología	<b>Biología</b>	Lluvia ácida	Plancton
		Ozono	Tipos de Arrecifes de Coral
		Arrecifes de Coral	Estuarios
		Cladocera	Lagos
		Rotífera	Limnología
		Copepoda	Océanos
		Corales Hermatípicos	Zona entre Mareas
		Manglares	
<b>RICARDO LLANO</b> <b>JORGE ARANGO</b> Expertos en transformación y transporte de energía eléctrica	<b>Energía</b>	La Energía	El Átomo
		Diversas Fuentes	El Gas Natural
		Los Ríos	El Petróleo
		El Viento	El Carbón
		El Mar	La Biomasa
		La Tierra	La Energía Eléctrica
		El Sol	

previa en el uso y manejo de mapas conceptuales y de la herramienta CMapTools por parte de los expertos en el área del IHMC. El Doctor Brigs los puso a disposición del público en general en la dirección: <http://cmex.arc.nasa.gov/CMEX/Map%20of%20Maps.html>

Los mapas de este grupo están elaborados en inglés y cuentan con un conjunto de recursos multimediales. El Doctor Brigs autorizó que fueran traducidos al español y utilizados como parte del cuerpo de mapas del presente proyecto.

El segundo conjunto de mapas, diseñado específicamente para el proyecto, está conformado por dos grupos: uno elaborado por Joseph Novak, sobre conceptos básicos en ciencias y otro elaborado por Carmen Collado sobre biología. Los expertos son autoridades en la construcción de mapas y por tanto no tomaron ningún tipo de capacitación en elaboración de mapas para el presente proyecto, sin embargo, recibieron apoyo por parte del grupo de investigación para complementar los recursos multimediales. De otra parte, los mapas de Novak

estaban elaborados en inglés y fue necesario hacer una traducción tanto de los mapas mismos como de los recursos multimediales enlazados a los diferentes conceptos. En el caso de Carmen Collado los mapas fueron entregados tanto en inglés como en español. Este grupo de mapas implicó la elaboración de un trabajo conjunto en la selección de medios y en el proceso de traducción, entre el grupo de expertos y el grupo de apoyo.

El tercer subgrupo conformado por mapas elaborados por expertos en el área de transformación y transporte de la energía de la empresa Interconexión Eléctrica ISA S.A. con la asesoría del grupo de apoyo, es el resultado de un proyecto particular en tema de Energía, el cual buscó desarrollar material educativo en el tema de la energía, como apoyo a los proyectos colaborativos (metodología propuesta por el Modelo Conexiones), para generar una cultura alrededor del valor y conservación de los recursos naturales como fuentes de energía en docentes y estudiantes de educación básica y media. Los mapas en el tema de la energía, se eligieron ya que se consideró relevante este tema en el área de las ciencias y como experiencia piloto en la representación del conocimiento por parte de expertos que no dominaban la técnica de construcción de mapas.

Los expertos recibieron una capacitación inicial en la construcción de mapas y en el manejo de la herramienta CMapTools. Posteriormente, se dieron a la tarea de construcción de mapas, constantemente asistida por el grupo de apoyo, también se recibió asesoría de los expertos del IHMC. Una vez determinado el grupo de mapas, se procedió a una selección conjunta de recursos para adicionar a los diferentes conceptos. Finalmente, se realizó el diseño gráfico de los mapas. El conjunto de mapas está inserto en un proyecto colaborativo alojado en la siguiente dirección: <http://www.infoedu.eafit.edu.co/energia/cocoma>

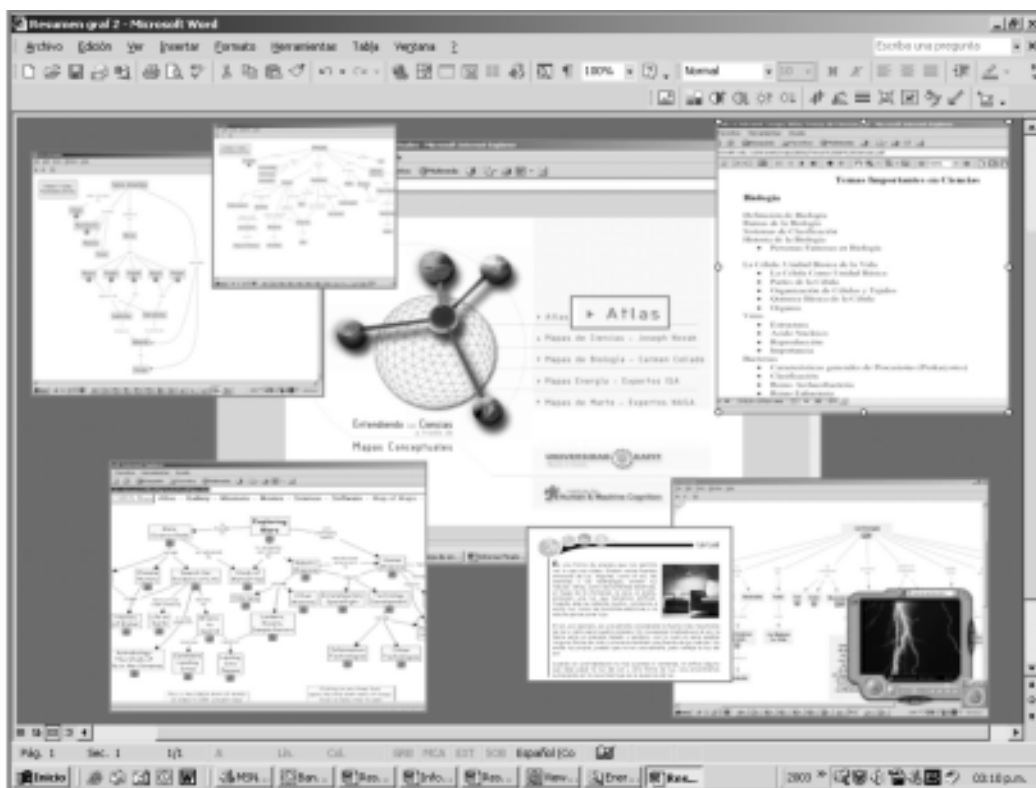
El anterior conjunto de mapas, junto con un Atlas, que contiene los temas importantes en ciencias que se quieren abarcar, se encuentran ubicados en el sitio web: <http://conexred.eafit.edu.co/intranet/cmaps/index.htm> El sitio está albergado en un servidor que administra La Línea I+D en Informática Educativa.

#### 4. Atlas de los mapas de ciencias de SCC

En el diccionario se puede encontrar la siguiente definición de la palabra Atlas: m. (*Del lat. Atlas y éste del griego Ἀτλας nombre del gigante que sostenía sobre sus hombros la bóveda celeste*). Colección de mapas, dibujos, cuadros o tablas, generalmente explicados y relativos a un tema determinado. Habitualmente se presentan en forma de libro. (Planeta, 1989; RAE, 2000).

Desde esta perspectiva, el atlas presentado en este proyecto se propone como una relación ordenada de conceptos (términos), de diferentes dominios de las ciencias que nos remiten a un conjunto de *mapas*, en este caso conceptuales. Sus objetivos son servir de guía temática para que los expertos en ciencias elaboren los mapas y orientar a los estudiantes en el proceso de consulta de los mismos.

En la página principal del sitio Web, la búsqueda de conceptos se lleva a cabo a partir de los enlaces que tenga el mapa del cual se parte. Desde este punto de vista la búsqueda de información o navegación a través de los mapas está determinada por las relaciones propuestas por el autor del mapa. El atlas es una posibilidad que se abre para que en un momento futuro el proceso de búsqueda se lleve a cabo no sólo a través de los enlaces sugeridos por el experto o los diseñadores en la página Web, sino que se pueda acceder a los mapas a través del concepto raíz que aparece en la parte superior de éstos y también a través de cualquiera de los otros conceptos que aparecen en sus diferentes ramas. Sin desconocer que consultar la información a través de los enlaces que aparecen al interior de los mapas propuestos por los expertos es una navegación orientada hacia un proceso de comprensión, la posibilidad de seguir búsquedas orientadas desde el atlas según los intereses particulares del estudiante sugiere la hipótesis de que éste podría generar el recorrido de nuevas rutas, enlaces y relaciones entre conceptos, probablemente imprevistas para los expertos, pero probablemente, altamente enriquecedoras para sus necesidades específicas.

**Figura 3.** Página principal del sitio Web, vista del Atlas de ciencias y de varios mapas albergados en el lugar

El espectro de cobertura del Atlas se definió a partir de varios elementos. Un primer elemento consistió en una selección inicial de temas propicios para incluir en el atlas asesorada por un grupo de expertos del IHMC. Al interior de este grupo se determinó que el Atlas se realizaría sobre el tema de ciencias ya que entre otros motivos planteados en el marco teórico, es en estas áreas en donde se genera una brecha mayor entre el conocimiento producido por los expertos y el aprendizaje por los estudiantes.

Para consolidar y apoyar la elección, como segundo elemento, se llevó a cabo la revisión de bibliografía especializada que presentaba los principios esenciales de la ciencia.

Como tercer elemento, se consultó un atlas de temas de ciencias "Atlas of Science Literacy" desarrollado por la American Association for the Advancement of Science y la National Science Teachers Association (AAAS & NSTA, 2001).

Después se estudiaron algunas propuestas de tablas de contenido realizadas por otros grupos de investi-

gación que no se reseñan en el presente trabajo por el carácter aún confidencial de los documentos. En ellas se proponen contenidos curriculares en ciencias clasificados a partir de diferentes criterios como: Lenguaje de la ciencia, interdependencia, crecimiento y desarrollo, y fuerza y movimiento, entre otros.

Finalmente, se contrastaron los hallazgos con los lineamientos curriculares en el área de ciencias propuestos por el Ministerio de Educación Nacional y se presentó la propuesta de Atlas para este proyecto. La cual, es un primer acercamiento que se afinará a partir del avance y los resultados parciales de la investigación.

## 5. Modelo de Diseño

Como se expresó en la metodología CommonKADS, el modelo de diseño está en el dominio del software del sistema, pues está relacionado el sistema software de conocimiento y la organización que éste debe tener.

Este modelo permite llevar a un sistema informático lo que se definió tanto en el Modelo de Conocimientos (requerimientos de solución del problema) como en el Modelo de la Organización (requerimientos no funcionales). Por lo tanto, en este modelo se describe la estructura del SCC.

En este proyecto se ha aplicado cada uno de los pasos que se definen en el proceso de construcción de este modelo, dando como resultado lo siguiente:

**Paso 1:** Diseñar la arquitectura del sistema. Se ha decidido tener una arquitectura distribuida del sistema, lo que permite que los diversos medios y mapas conceptuales se almacenen en diferentes servidores en una red, y que puedan accesarse desde cualquier nodo conectado a la misma. Aprovechando la extensión de Internet, se puede entonces construir sistemas multimediales accesibles desde cualquier lugar del mundo.

**Paso 2:** Identificar la plataforma de implementación objetivo. Como ya se dijo, la herramienta que se utilizó para desarrollar el SCC es CMapTools, la cual provee todas las facilidades para hacer la representación del conocimiento a través de los mapas conceptuales y la definición de los recursos hipermedios más apropiados para cada uno de los conceptos de ciencias.

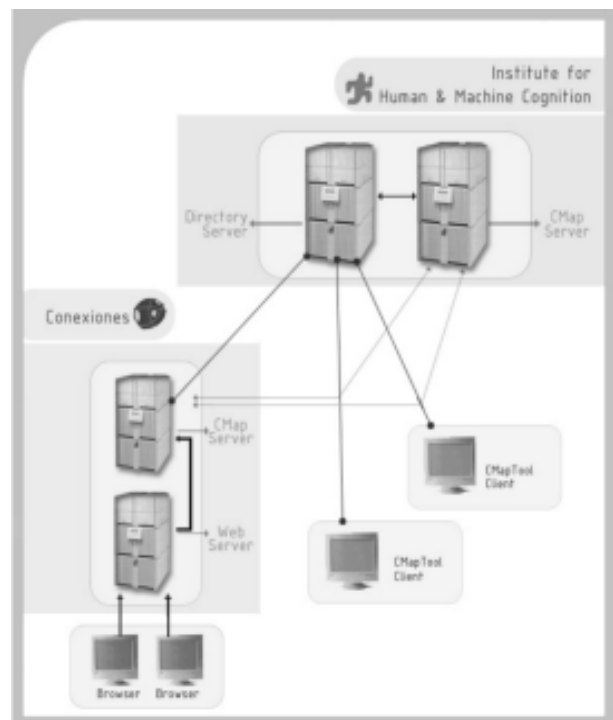
**Paso 3:** Especificar los componentes de la arquitectura. En la *figura 4* se presenta el detalle de la arquitectura en donde está ubicado el SCC. Esta arquitectura está conformada por una serie de servidores localizados algunos en el IHMC y otros en la Universidad EAFIT.

Los mapas conceptuales, producto de este proyecto y que se conforman en los grupos atrás mencionados, se comparten mediante su almacenamiento en servidores CMapServers. Los servidores permiten a los usuarios organizar sus mapas y recursos mediante carpetas, en forma similar a como lo hacen con el programa cliente, y compartir esas carpetas con otros usuarios.

Los servidores de mapas se registran automáticamente con un Directorio de Servidores (Directory of Servers) que se encuentra localizado en el IHMC.

El programa CMapTools se comunica con el Directorio de Servidores para obtener una lista de servidores disponibles. De esta forma, cualquier cliente en cualquier localización conectado a Internet puede localizar mapas almacenados en diferentes servidores (Cañas et al, 2000). Como los modelos de conocimiento pueden tener enlaces a otros modelos en otros servidores, es clave que los programas cliente tengan acceso a todos los servidores. Mediante el Directorio de Servidores, el usuario no tiene que preocuparse por la localización o dirección de los servidores, ya que periódicamente el cliente obtiene una lista actualizada de éstos.

**Figura 4.** Arquitectura del sistema



Adicionalmente, los servidores se indexan automáticamente y envían sus índices a un Servidor de Búsqueda. El cliente obtiene del Directorio de Servidores la dirección del de Búsqueda, y de esta forma las consultas que se llevan a cabo desde el cliente incluyen todos los mapas y recursos de todos los servidores asociados al directorio. Adicionalmente, el cliente puede hacer búsquedas en Internet vía un Servidor de Búsquedas en Internet, también accesible desde el directorio.

El Servidor de Mapas Conceptuales donde reside el SCC para que pueda ser accedido vía Web por los estudiantes y profesores que hacen parte del proyecto, se encuentra ubicado en las instalaciones de la Línea I+D en Informática Educativa, en EAFIT y cumple con algunas características básicas como sistema un esquema de particiones redundantes, que garantiza así la integridad y consistencia de la información allí almacenada.

Para poder tener acceso a los mapas conceptuales publicados en dichos servidores, es necesario que los usuarios se conecten a través de un navegador de Internet (*browser*) o de ser el caso disponer de la versión cliente de CMapTools (*CMapTool Client*) para interactuar directamente con los mapas.

Internamente, se dispone de un servidor de directorios para el trabajo y revisión de los mapas conceptuales por parte de los miembros del proyecto.

De acuerdo con las características de interconexión antes mencionadas y con los recursos con los que se dispone para este proyecto, se garantiza un

tiempo de acceso y respuesta bastante alto, haciendo que el servicio y disponibilidad de los mapas conceptuales sea muy eficiente.

**Paso 4:** Especificar la aplicación dentro de la arquitectura. El Servidor de Ciencias, resultado de este proyecto, está registrado en el directorio de servidores y funciona como se muestra en la misma Figura 4. De esta forma, cualquier estudiante o profesional en cualquier lugar del mundo que esté utilizando CMapTools tiene acceso a la colección de mapas conceptuales sobre ciencias, y en cualquier búsqueda que realice con términos incluidos en los mapas o recursos, le llevará a los mapas o recursos apropiados.

Al almacenar los mapas en un servidor CMap-Server, automáticamente se generan versiones HTML de los mismos. De manera que la navegación a través de los mapas se puede realizar tanto a través de CMapTools, como desde cualquier programa navegador del Web.



## Conclusiones y Recomendaciones

Las conclusiones del proyecto responden a los interrogantes que guiaron esta investigación:

- ¿Es adecuado utilizar la metodología CommonKADS para gestionar y modelar sistemas de conocimientos aplicados a la educación?

Aunque la metodología CommonKADS surge en la Ingeniería del Conocimiento para construir de sistemas basados en el conocimiento, se ha visto que ofrece instrumentos prácticos para apoyar algunos aspectos de la Gestión del mismo. Particularmente, las técnicas de análisis de las organizaciones de conocimientos, los métodos para compartirlo y su reutilización en los sistemas. Es así, como en este proyecto la metodología ha servido para guiar su proceso de manejo y gestión, tanto en los investigadores como en los expertos.

- ¿Cuáles modelos de CommonKADS se pueden desarrollar para la implementación de un Sistema de conocimiento en Ciencias?

La metodología CommonKADS es muy completa en cuanto a lo que propone de modelos, ciclo de vida y gestión de proyectos. Dentro de esto se encuentran las técnicas de adquisición y representación del conocimiento. En este proyecto en particular, se han aplicado algunas de éstas, pues no todas se requerían para los propósitos de la investigación. En el proyecto se aplicaron los modelos de organización, diseño y conocimiento.

El modelo de organización fomentó el trabajo en equipo permitiendo delinear una forma de interlocución para la gestión del conocimiento y la generación de un lenguaje común, tanto para los expertos como para los investigadores y grupos de apoyo; en el modelo de conocimiento se definió el conocimiento del dominio mediante la técnica de mapas conceptuales sin llegar a una representación del mismo en un lenguaje que permitiera su automatización ya que este tipo de sistema no lo requiere; por su parte el modelo de diseño responde a la arquitectura y especificación de los componentes hardware y software para ambientes requeridos para dar soporte al sistema de conocimiento de ciencias.

- ¿Puede el conocimiento de los científicos ser representado en una colección de mapas conceptuales?

Los mapas conceptuales son una forma apropiada para representar el conocimiento de un dominio de aplicación. El manejo de la técnica de los mapas conceptuales (saber hacer) y de la herramienta informática CMapTools permite a los expertos clarificar las ideas, ordenarlas de forma lógica e, incluso, detectar vacíos o dudas conceptuales sobre el tema. La construcción de un mapa es el ejemplo perfecto para ilustrar lo que es el mejoramiento continuo, ya que un mapa siempre podrá ser mejorado.

- ¿Cómo compartir el conocimiento de los científicos con los estudiantes en formación?

El conjunto de estrategias propuestas por el Modelo Conexiones genera un entorno propicio para el acercamiento de los docentes a nuevas formas de acceso a contenidos para apoyar la actividad tecnológica educativa.

Es importante continuar en la labor de divulgación en el uso y manejo de mapas conceptuales con estudiantes y docentes, ya que actividades desarrolladas en este sentido evidenciaron el interés tanto por conocer, profundizar, aplicar la técnica y manejar la herramienta CMapTools.

Así, en la medida que la población docente y estudiantil de la comunidad universitaria conozca esta técnica de mapas conceptuales, podrá acceder a través de Internet al modelo de conocimiento de ciencias, posibilitando que la consulta y trabajo sean mucho más fructíferos.

Esto lleva a concluir que las estrategias de acercamiento del conocimiento de los expertos a los novatos, se deben plantear como una segunda etapa de este proyecto necesaria para validar la eficacia en el proceso de aprendizaje significativo, dinamizado por la estrategia de modelado de conocimiento a través de mapas conceptuales.

- ¿Pueden los estudiantes universitarios entender las ciencias a través de mapas conceptuales?

El Sistema de Conocimiento en Ciencias elaborado hasta la fecha y su implementación en un servidor público, se constituyen en el primer paso para generar una propuesta completa y coherente que permita lograr el propósito de acercar el conocimiento de los expertos a los novatos. Es por esto que se planteó una segunda fase en la cual se evalúe y valide el sistema de Conocimiento en Ciencias en un entorno educativo real.

## Bibliografía

AAAS & NSTA (2001). Atlas of Science Literacy, project 2061. Washington D.C.: AAAS. 165 p.

Ausubel, D., Novak, J. y Hanessian, H. (1983). Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo. México: Trillas.

Cañas, A., Ford, K., Coffey, J., Reichherzer, T., Carff, R., Shamma, D. & Breedy, M. (2000). "Herramientas para Construir y Compartir Modelos de Conocimiento basados en Mapas Conceptuales". En: Revista de Informática Educativa. 13(2). pp. 145-158.

Henao, M. (2001). CommonKADS-RT: Una metodología para el desarrollo de sistemas basados en el conocimiento de tiempo real. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España.

Planeta (1989). Diccionario de la lengua española usual. Bogotá: Planeta. 1351 p.

Poggioli, L. (1999) Enseñando a aprender: estrategias metacognoscitivas. <http://www.fpolar.org.ve/poggioli/poggio43.htm> (2002).

RAE (2001). Diccionario de la lengua española. <http://www.rae.es> (2003).

Trujillo, J. (2003). Aproximación de la construcción de conocimiento a las demandas de los contextos culturales a través de la mediación de escenarios informáticos tipo foro. Tesis doctoral sin publicar. Universidad Autónoma de Barcelona.

Zea, C., Atuesta, M. y González, M. (2000). Conexiones, Informática y escuela: Un enfoque global. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT y Editorial Universidad Pontificia Bolivariana. 421 p.