

# **Entendiendo las Ciencias a Través de Mapas Conceptuales**

Alberto J Cañas<sup>1</sup>, Claudia María Zea<sup>2</sup>, Joseph Novak<sup>1</sup>, María del Rosario Atuesta<sup>2</sup>  
Carmen M. Collado, Mónica Henao<sup>2</sup>, Pilar Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute for Human and Machine Cognition  
40 South Alcaniz St., Pensacola, FL 32502  
[www.coginst.uwf.edu](http://www.coginst.uwf.edu)

<sup>2</sup>Línea I+D en Informática Educativa  
Universidad EAFIT  
[www.eafit.edu.co](http://www.eafit.edu.co)

## **Resumen**

Este artículo recoge los resultados y experiencias en el desarrollo de la primera fase del proyecto de investigación denominado “Entendiendo las Ciencias a Través de Mapas Conceptuales”. El proyecto tiene como objetivo construir con el apoyo de expertos y científicos en Astronomía, Física, Química y Biología, un Sistema de Conocimiento de Ciencias que consiste de un conjunto de mapas conceptuales, relacionando a las unidades temáticas de los mapas recursos hipertextuales y multimediales, y ponerlos a disposición de la comunidad educativa mediante su almacenamiento en un servidor de contenido público conectado a la red Internet y accesible mediante la Web. Describimos en este artículo la primera fase del proyecto, que tiene como resultado una colección inicial de modelos de conocimiento basados en mapas conceptuales enlazados entre sí y a recursos, en inglés y español, construidos por expertos y científicos utilizando el software CmapTools. Adicionalmente, para la gestión de la construcción del Sistema de Conocimiento se estudió la posibilidad de seguir la metodología de CommonKADS.

**Palabras clave:** Representación del conocimiento de ciencias, sistemas basados en ciencias, mapas conceptuales, enseñanza de las ciencias, modelos de conocimiento, CmapTools, aprendizaje significativo, CommonKADS.

## **1. Introducción**

El proyecto “Entendiendo las Ciencias a Través de Mapas Conceptuales” tiene como objetivo la creación de contenidos de ciencias basados en mapas conceptuales (Novak 1984) accesibles a estudiantes, profesores y público en general vía la Web. Se pretende llegar a tener entre 300 y 400 mapas conceptuales que se utilizarán como estructura para organizar todo tipo de material complementario, tales como videos, imágenes, textos, artículos científicos, páginas de Web, animaciones, etc. Construidos por expertos y científicos en las diferentes áreas de Biología, Química, Física y Astronomía, los mapas se convierten en cientos de puntos de entrada para que estudiantes, profesores y el público en general navegue a través de las

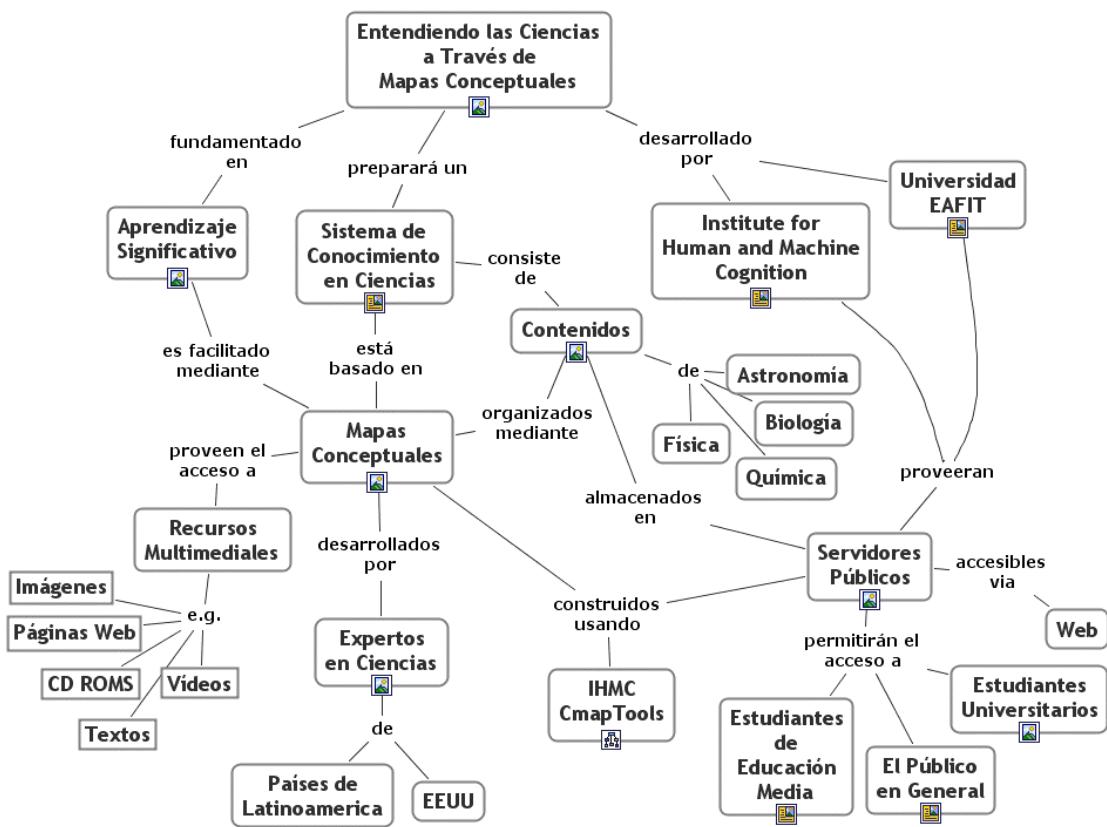


Figura 1: Mapa Conceptual sobre el Proyecto Entendiendo las Ciencias a Través de Mapas Conceptuales

ciencias utilizando como guía esos modelos de conocimiento..La Figura 1 muestra un mapa conceptual sobre el proyecto. En este artículo presentamos primero una motivación como explicación del proyecto. Continuamos con una descripción de creación de contenidos en la Web. La sección 4 explica el uso de mapas conceptuales y CmapTools para la creación de contenidos. En la sección 5 se describe el proyecto, y presentamos resultados preliminares en la Sección 7.

## 2. Motivación

Imaginémonos los siguientes dos casos:

Primero: Una persona educada, posiblemente con un grado universitario, pero al menos con título de graduado de nivel secundario (colegio), leyendo el periódico se entera que hay un problema de ozono en su ciudad y que éste puede afectar a los ciudadanos. Esta persona ha escuchado anteriormente que hay un “agujero en la capa de ozono” en la Antártica pero no tenía idea de que el ozono pudiera afectarle directamente. Decide investigar sobre el ozono. Tiene varias alternativas. Primera, buscar su viejo libro de ciencias o química para leer sobre el ozono. Sin embargo, los libros de texto generalmente están escritos de tal forma que entender un tema que se trata en un capítulo avanzado del libro requiere haber leído los capítulos anteriores. Segunda, puede buscar en una enciclopedia, en cuyo caso se enfrenta a decenas de páginas sobre el ozono, posiblemente a un nivel de detalle que no le interesa. Tercera, utiliza un buscador en Internet para encontrar información sobre el ozono, en cuyo caso se encuentra cientos de páginas, y le resulta difícil saber por cuál empezar – algunas son muy elementales, otras no tienen nada que ver con su inquietud. Su curiosidad por entender

un poco el problema del ozono posiblemente se pierda al tener que navegar a través de tantas páginas buscando una descripción clara y concisa.

Segundo: Una maestra de ciencias de un colegio decide que su método tradicional de “enseñar” a sus estudiantes mediante instrucción al frente de su clase no es efectivo, y se prepara para cambiar a una metodología con mayor énfasis en proyectos, donde los estudiantes deben salir a buscar información, a investigar. Quiere librarse hasta donde sea posible de la secuencia y rigidez de su libro de texto, permitir que sus estudiantes profundicen hasta donde les interese en los temas, y que puedan extenderse a temas relacionados que normalmente el currículo y el libro de texto no propicia. Al tratar de librarse de la estructura del libro de texto, se da cuenta que no existe una alternativa flexible, que le permita organizar su curso en la secuencia que ella quiere, y que propicie a los estudiantes a abordar los temas a como los van investigando.

En ambos casos, requerimos de “contenido” sobre ciencias que esté disponible libremente para ser navegado por estudiantes, maestros, y el público en general sin importar su interés o propósito; que esté desligado de la estructura y secuencia del currículo y de los libros de textos; que permita iniciar la investigación a través de cualquier tema de ciencias según el interés y curiosidad de la persona; y que permita profundizar hasta el detalle que le interese según el objetivo de la investigación.

### **3. Contenidos en la Web**

Internet ha resultado en una enorme cantidad de información disponible para todos aquellos que tengan acceso a la red. Este fácil acceso a documentos y conocimiento -- en todas las áreas del saber y en todos los medios (texto, imágenes, videos, etc.) -- ha impulsado la introducción de tecnología en escuelas de todo el mundo con el objetivo de que esté al alcance de los estudiantes, e inspira a ciudadanos de todos los países a pasar horas navegando por la red, buscando información. Sin embargo, sabemos que en la mayoría de los casos es sumamente difícil encontrar información específica sobre un tema de forma rápida, y terminamos deambulando por la Web, visitando páginas con información irrelevante.

La Web fue diseñada como una plataforma sobre la cual se pudiera publicar contenido basado en hipertextos, que incluyeran enlaces a otro material en cualquier sitio de Internet. Desafortunadamente, la metáfora usada para crear contenido ha sido la “página”, basada en el formato al cual estamos acostumbrados desde que Gutenberg inventó la imprenta en el siglo quince. Como resultado, el común denominador entre la mayoría del contenido educativo en la Web es la linealidad en que la información es presentada (dentro de la página) y enlazada (entre páginas). Esto es particularmente cierto en textos electrónicos y cursos basados en la Web. Tienden a ser espejos de la organización lineal de libres de texto y del formato lineal y secuencial en que son ofrecidos los cursos presenciales.

La organización de contenidos basados en páginas Web también sufre de problemas de navegación. Los usuarios frecuentemente terminan “perdidos en el ciberespacio”, tratando de determinar en dónde están, adónde quieren ir, y cómo llegar ahí. Al navegar a través de la Web, nunca sabemos adonde nos va a llevar un enlace hasta que llegamos al destino, lo cual significa seguir el enlace y descargar la página. El principal problema es que los enlaces entre páginas Web no tienen semántica para relacionar el origen y el destino. En la mayoría de los casos, la información en la página destino es de diferente contexto que la de la página de origen y por lo tanto no es lo que andamos buscando, forzándonos a retornar a la página de origen. Si los enlaces proveyeran más información sobre los destinos, incluyendo cambios de contexto, podríamos tomar una decisión más informada sobre si estamos interesados en seguir un enlace en particular.

En una escala mayor, no se presenta una visión global de la organización y relación entre un conjunto de páginas Web, ni tampoco se dan pistas sobre lo que está disponible más allá de los enlaces que se presentan en la página actual.

## 4. Mapas Conceptuales para Organización de Contenidos

En el Institute for Human and Machine Cognition (IHMC) se ha desarrollado un conjunto de herramientas computacionales (CmapTools<sup>1</sup>) (Cañas et al. 2000) que permite utilizar mapas conceptuales para organizar contenidos. El software permite disponer grandes cantidades de documentación (imágenes, textos, videos, páginas de Web, etc.) de tal forma que el acceso sea fácil y flexible, navegando a través de mapas conceptuales sobre el tema. Carnot et al (2002) han reportado las ventajas de navegar a través de información utilizando mapas conceptuales sobre páginas Web.

Tomando como ejemplo uno de los casos mencionado anteriormente, la Figura 2 muestra un mapa conceptual sobre el ozono. El mapa es un resumen de las principales características del ozono. En un solo mapa se cubre una variedad de aspectos sobre el mismo: igualmente describe el agujero del ozono como menciona lo dañino que puede ser el ozono en la troposfera. Adicionalmente, observe los íconos inmediatamente debajo de algunos conceptos en el mapa. Cada uno de estos íconos representa información adicional sobre el correspondiente concepto. Esta información puede estar en la forma de imágenes, video, sonido, páginas de Web, y --más importante-- otros mapas conceptuales. Por ejemplo, seleccionando íconos debajo de los conceptos Capa, Agujero y Moléculas se despliegan las imágenes y páginas de Web que se muestra en la Figura 3. La persona que está investigando o buscando la información es la que decide cuáles recursos desplegar, dependiendo de sus intereses. Algunos de los íconos (e.g. Moléculas, Troposfera, Agujero, Estratosfera, Unidades Dobson, Rayos Ultravioleta, Fitoplancton, etc.) tienen un ícono que representa un mapa conceptual. Esto significa que siguiendo este enlace se llega a otro mapa conceptual con

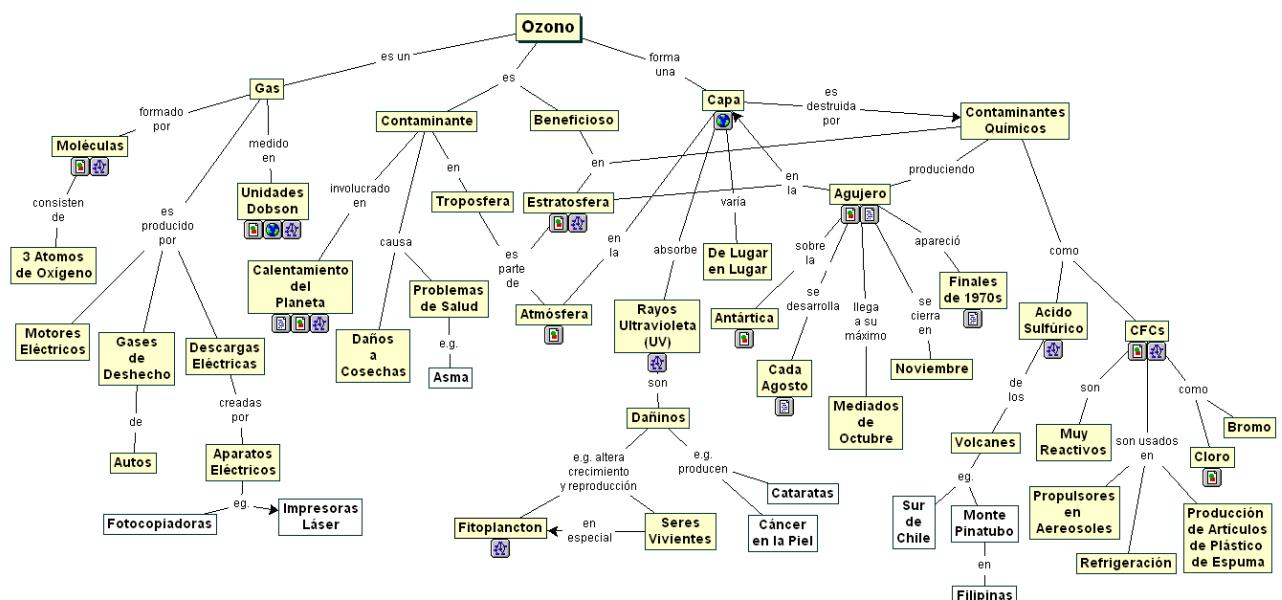


Figura 2: Mapa conceptual sobre el Ozono

información sobre este concepto en particular. Así, un estudiante que no está seguro de cual de las capas de la atmósfera es la Estratosfera puede abrir este mapa para estudiarla. De la

<sup>1</sup> CmapTools se encuentra disponible en <http://cmap.coginst.uwf.edu>.

misma manera, se puede abrir mapas sobre Moléculas, Rayos Ultravioleta, etc., dependiendo de la curiosidad de la persona. La Figura 3 muestra también el resultado de abrir el mapa ligado al concepto Fitoplancton.

Cada uno de estos mapas es también un punto inicial de navegación. Un estudiante puede empezar con un mapa de Lluvia Ácida, de donde pasa a un mapa sobre Rotíferos (los rotíferos han sido utilizados como organismos indicadores de lluvia ácida), de ahí a un mapa sobre Plancton (los rotíferos son un grupo importante del Plancton), del cual se transfiere al mapa sobre el Ozono (la disminución del ozono en la atmósfera permite que mayor cantidad de rayos ultravioleta lleguen a la Tierra, alterando el crecimiento y la reproducción del Fitoplancton, que forma parte del Plancton). Los enlaces entre mapas se establecen por relación de contenidos, no por secuencia. Cualquier mapa sirve como punto de partida, y de acuerdo con el interés o la necesidad, se puede navegar a otros mapas relacionados.

La colección de mapas no forma un “currículo”. No hay un punto único inicial de partida y una secuencia determinada. No hay una distinción entre las diferentes áreas (Química, Física, Biología, etc.), según como el estudiante – o el usuario en general – requiera información sobre algún tema, empieza su navegación en ese tema, despliega recursos (textos, imágenes, videos, etc.) y/o abre otros mapas explicatorios o relacionados al tema. Sigue navegando hasta que encuentra una respuesta a su pregunta o inquietud.

Desde el punto de vista de las técnicas de representación del conocimiento para sistemas basados en el conocimiento, los mapas conceptuales se comportan como una de ellas, con unas características especiales que hacen que el conocimiento declarativo de un dominio pueda ser incorporado y mantenido en una estructura que permite conservar la esencia del mismo conocimiento y que además posibilita el acceso a él de un manera flexible y poderosa.

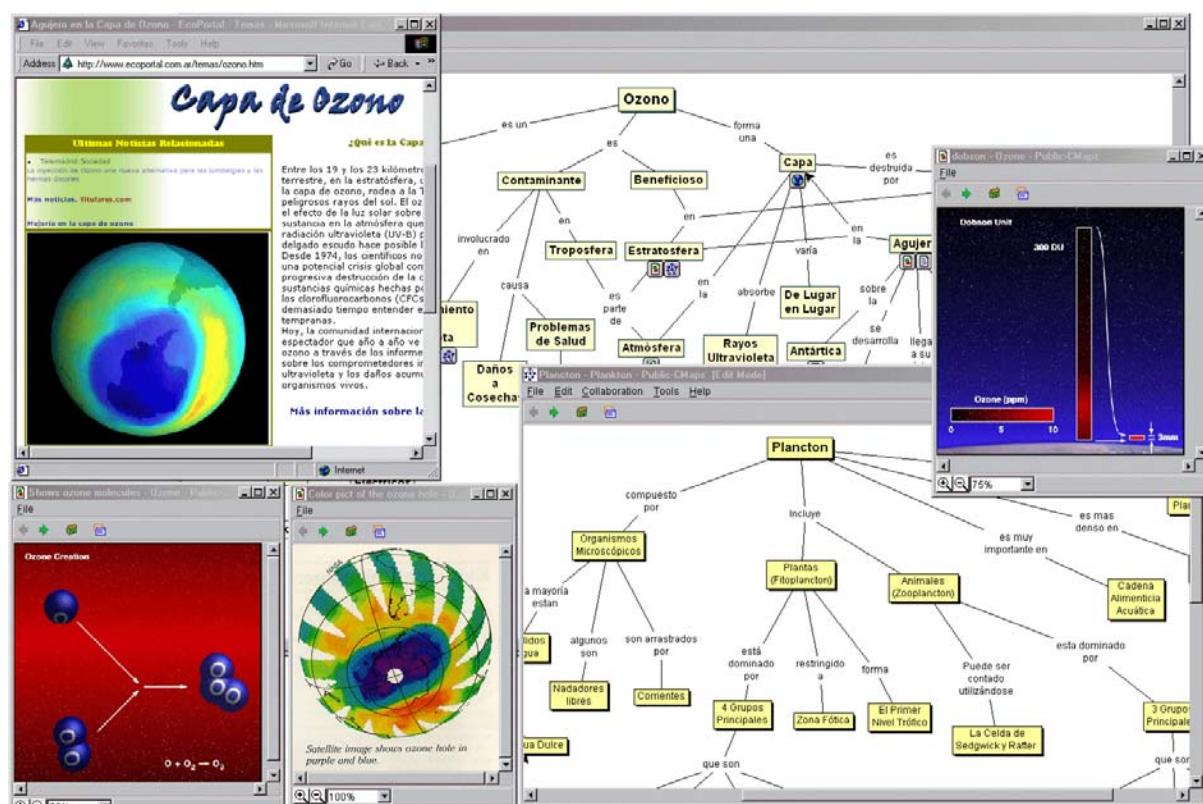


Figura 3: Imágenes y textos asociados con el Ozono, y un mapa conceptual sobre Plancton

## Creación de Contenidos por Científicos

El Centro para la Exploración de Marte de NASA Ames junto con el Institute for Human and Machine Cognition ha desarrollado una colección de más de 100 mapas conceptuales sobre Marte, disponibles en Internet (<http://www.cmex.arc.nasa.gov>). Según se muestra en la Figura 4, partiendo de un mapa inicial sobre Marte se puede navegar por temas como ciencia, tecnología, ficción, origen de la vida, y exploración de Marte. El objetivo no fue crear un “curso” sobre Marte, ni un currículo sobre el planeta, sino capturar el conocimiento del Director del Centro (quien personalmente construyó la mayoría de los mapas conceptuales) como una forma de organizar contenidos para cualquier persona que quisiera aprender sobre Marte. Así, el contenido se puede utilizar como parte de un curso de Astronomía, como un módulo de un curso de robótica (hay mapas sobre el uso de robots en la exploración de Marte), e inclusive como material de un curso de cine o ciencia-ficción (hay mapas que describen la variedad de películas relacionadas con Marte). El resultado de este esfuerzo está disponible en la WWW para ser utilizado por el público en general.

## 5. Objetivos del Proyecto

Basandonos en la experiencia generada por la preparación de la colección de mapas conceptuales sobre Marte, este proyecto tiene como objetivo la construcción de una colección similar de mapas sobre Ciencias en general, organizados a través de un Atlas, el cual estará disponible en una plataforma que puede ser accedita vía Internet, conformando lo que hemos llamado el Sistema de Conocimientos de Ciencias. La Figura 1 muestra un mapa conceptual sobre el proyecto.

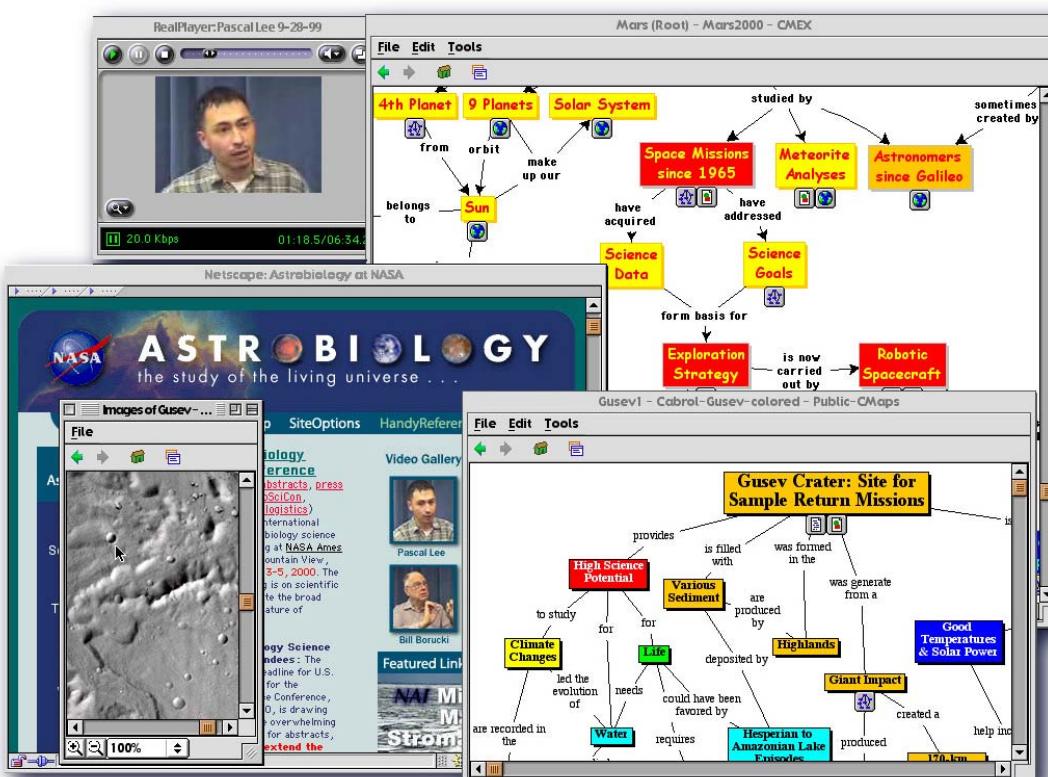


Figura 4: Colección de mapas conceptuales sobre Marte

## ***Mapas Conceptuales sobre Las Ciencias***

El proyecto propone la creación de entre 300 y 400 mapas conceptuales enlazados sobre Biología, Química, Física y Astronomía al nivel de los últimos años de educación pre-universitaria y primeros años de universitaria, pero accesible públicamente por cualquiera, principalmente un público interesado y curioso por las ciencias. Consideramos que con este número de mapas se cubriría la gran mayoría de los conceptos básicos, necesarios para vivir en nuestra era del conocimiento. Los mapas se usarían como estructura para enlazar todo tipo de contenidos, como vídeos, imágenes, textos, artículos científicos, simulaciones, páginas Web, etc. La colección de mapas se ha estructurado en un Atlas que permite tener una organización del conocimiento, siendo el mapa conceptual la forma como se representó el conocimiento de los científicos

## ***Mapas Conceptuales creados por Científicos***

Pretendemos que los mapas conceptuales de las diferentes áreas sean creados por científicos expertos en sus áreas. La experiencia muestra que la diferencia en la representación del conocimiento entre expertos y aprendices es significativa (Williams 1998; Markham and Mintzes 1994). Al navegar a través de los mapas conceptuales creados por expertos, estamos navegando “sobre los hombros de un gigante” – la organización del contenido está basada en la sabiduría que ha llevado estos científicos a un nivel de entendimiento de su área de investigación que pocas otras personas han logrado, mostrando incluso relaciones con otras áreas que muchas veces no son tenidas en cuenta. Los mapas conceptuales deben estar basados en esa concepción de los diferentes temas por parte de los respectivos expertos.

## ***Creación de Contenidos, no de Cursos***

No procuramos crear “cursos de ciencias” o currícula. Los mapas conceptuales están enlazados de acuerdo con las relaciones de contenido entre los temas, y no de acuerdo con una determinada secuencia establecida para un curso. Al crear 300 a 400 mapas conceptuales, se está creando 300 a 400 puntos de entrada al modelo de conocimiento, donde en forma natural se integran todas las ciencias. De esta forma, el contenido puede ser utilizado por estudiantes y público en cualquier lugar, sin importar si forman parte de un curso formal ó no. La secuencia de navegación y tiempo dedicado a estudiar los temas son determinados por cada usuario de acuerdo con sus intereses y necesidades. Cualquier persona con interés en un tema encontrará su punto de entrada y comenzará a navegar sobre el conocimiento de científicos en cada una de los contenidos, navegando tan profundo y tan al detalle como desee.

## ***Accesible por Cualquiera vía Internet***

CmapTools permite la generación automática de versiones en HTML de los mapas conceptuales que se almacenen en un servidor (CmapServer). De esta forma todo el material que se va construyendo se puede acceder mediante un navegador (browser) de Web. Aprovecharemos esta facilidad para hacer público el contenido que se desarrolle como parte del proyecto.

## ***Mapas Conceptuales creados por Estudiantes***

Adicionalmente, como las herramientas para la construcción de los mapas están disponibles gratis para uso educativo, los estudiantes como parte de sus investigaciones podrán ir creando sus propios mapas ligados a los mapas de los expertos y de otros estudiantes, demostrando su comprensión de los temas.

## 6. Resultados Preliminares del Proyecto

Hemos iniciado la construcción y recolección de mapas conceptuales sobre Ciencias. El Modelo de Conocimiento, junto con un Atlas que contiene los temas en Ciencia que se pretende abarcar, se encuentra ubicado en el sitio Web: <http://conexiones.eafit.edu.co/intranet/cmmaps/index.htm>. La Figura 5 muestra la página principal del sitio.

El modelo de conocimiento lo constituye el Atlas de ciencias, formado por un conjunto de mapas conceptuales conformado por tres grupos de mapas que obedecen a condiciones diferentes en el proceso de modelación del conocimiento. El primer grupo contiene una traducción al español de la colección de mapas conceptuales sobre Marte creados por el Dr. Geoff Briggs descrita anteriormente en este artículo. El segundo conjunto de mapas fue diseñado específicamente para el proyecto y está conformado por dos grupos: uno elaborado por Joseph Novak, sobre conceptos básicos en ciencias y otro elaborado por Carmen Collado sobre Biología. El tercer subgrupo está conformado por mapas elaborados por expertos en el área de transformación y transporte de la energía de la empresa Interconexión Eléctrica ISA S.A. en Colombia con la asesoría del grupo de apoyo de la Universidad EAFIT.

Adicionalmente, para la concepción de este sistema de conocimientos en ciencias, que integra tanto la colección de mapas como el hardware que lo soporta, se ha propuesto un modelo de organización que refleja en forma detallada el problema que se tiene al no poderse acceder el conocimiento de los científicos por parte de los estudiantes, los agentes que están involucrados en esta situación y la forma como a través de este sistema de conocimientos se pueden reducir muchas de las variables de riesgo en la construcción e implementación de la colección de mapas.

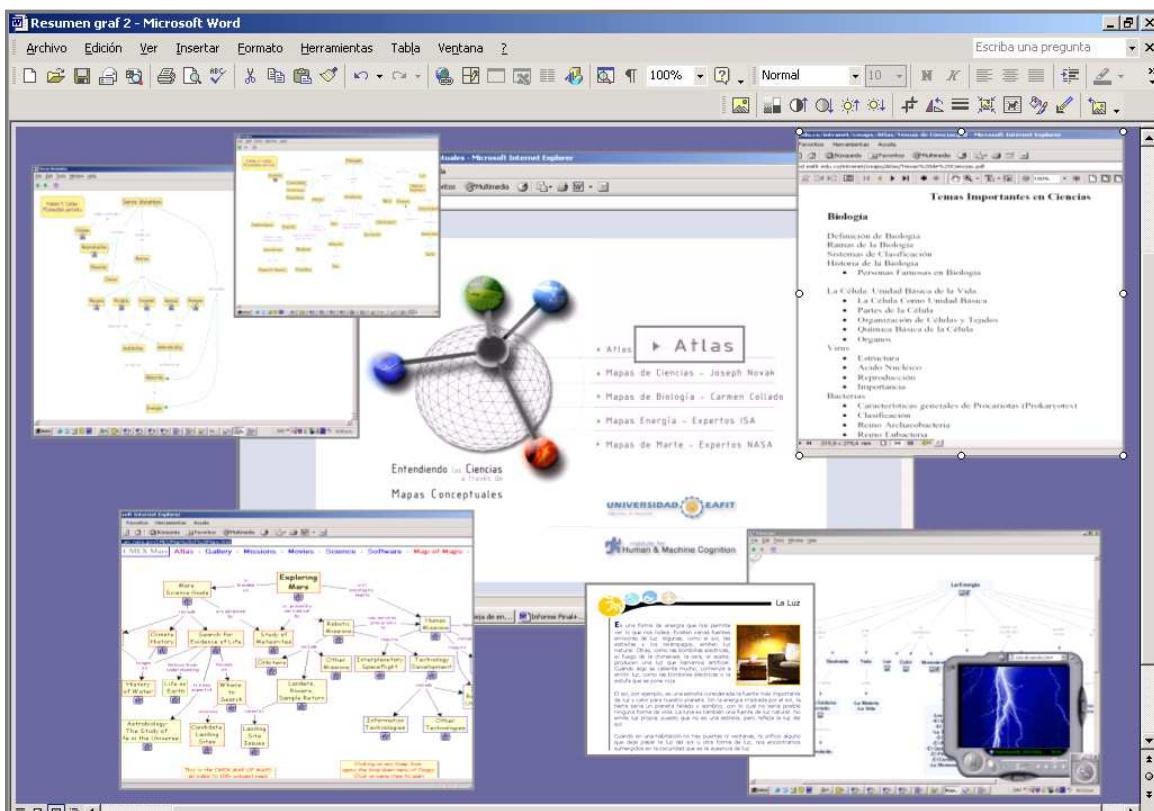


Figura 5: Página principal del sitio Web, vista del Atlas de ciencias y de varios mapas albergados en el lugar.

## 7. Resumen

Basándonos en la experiencia desarrollada en conjunto con la NASA en la construcción de una colección de mapas conceptuales como herramienta de navegación de contenidos sobre Marte en la Web, hemos iniciado la construcción de mapas conceptuales sobre Biología, Química, Física y Astronomía. Estimamos que entre 300 a 400 mapas conceptuales construidos por expertos y científicos de Latinoamérica y EEUU permitirán igual número de puntos de inicio para navegar a través de contenidos (imágenes, textos, videos, etc.) ligados a estos mapas. La metodología de CommonKADS podrá ser utilizada para la gestión el desarrollo del sistema de conocimientos que integre y administre la colección de mapas, hasta el momento hemos desarrollado un grupo inicial de mapas conceptuales, que se encuentra disponible en la Web para apoyo de investigaciones por parte de estudiantes, profesores, y el público en general.

## Referencias

- Cañas, A. J., K. M. Ford, J. Coffey, T. Reichherzer, R. Carff, D. Shamma, and M. Breedy, *Herramientas para Construir y Compartir Modelos de Conocimiento basados en Mapas Conceptuales*, Revista de Informática Educativa, Colombia, 13(2), pp. 145-158 (2000).
- Carnot, M. J., B. Dunn, and A. J. Cañas, *Concept Map-based vs. Web Page-based Interfaces in Search and Browsing*, ICTE 2001: International Conference on Technology and Education, Tallahassee, FL (May 2001).
- Henao, M, CommonKADS-RT: Una Metodología para el desarrollo de sistemas basados en el conocimiento de tiempo real. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, España (2001).
- Markham, K. M., and J. J. Mintzes, The Concept Map as a Research and Evaluation Tool: Further Evidence of Validity, *Journal of Research in Science Teaching*, 31(1), 91 – 101 (1994).
- Novak, J. D. and D. B. Gowin, *Learning How to Learn*, New York, Cambridge University Press (1984).
- Williams, C. G., Using Concept Maps to Assess Conceptual Knowledge of Function, *Journal of Research in Mathematical Education*, 29(4), 414 - 421 (1998).