



## SISTEMAS INTELIGENTES EN LA EDUCACIÓN: UNA REVISIÓN DE LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y APLICACIONES ACTUALES

*(Intelligent Systems in Education: A review of current research lines)*

por

[Article record](#)

[About authors](#)

[HTML format](#)

Carina Soledad González  
([cigonza@ull.es](mailto:cigonza@ull.es))

[Ficha del artículo](#)

[Sobre los autores](#)

[Formato HTML](#)

### Abstract

In this paper we presented the main applications of Artificial Intelligence (AI) in Education, such as Intelligent Tutorial Systems, Adaptive Hypermedia Systems and Computer Support for Collaborative Learning (CSCL). We will see what it are, which are the main problems of design and techniques used in the adaptation process of the system to the user. Finally, we will refer to the central areas of research and development at this moment.

### Keywords

Artificial Intelligence, Intelligent Tutorial Systems, Hypermedia, Adaptive Interfaces

### Resumen

En este artículo se desea realizar un recorrido por las principales aplicaciones de la Inteligencia Artificial (IA) en la Educación, tales como los Sistemas Tutoriales Inteligentes y Sistemas de Enseñanza Inteligentes Distribuidos a través de Internet. Veremos qué son, cuáles son las principales cuestiones que se plantean en su diseño y qué técnicas se utilizan para crear el proceso de adaptación del sistema al usuario. Finalmente, enumeraremos y describiremos las principales líneas de investigación que actualmente centran la atención de los profesionales de este campo.

### Descriptores

Inteligencia artificial, Sistemas tutoriales inteligentes, Hypermedia, Interfaces Adaptativas.

### Introducción

La aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) en la Educación, constituye actualmente un campo de creciente interés donde se tratan, fundamentalmente, de aplicar las técnicas de la IA al desarrollo de sistemas de enseñanza asistida por ordenador con el propó-

sito de construir sistemas de enseñanza inteligentes.

En esta área de investigación interdisciplinar trabajan investigadores de diversos campos, principalmente la Pedagogía, Psicología, Ciencias Cognitivas, Inteligencia Artificial, Multimedia e Informática en general, dónde

cada uno de ellos aporta su visión al desarrollo de la disciplina.

Encontramos las raíces de la instrucción asistida por ordenador a finales de los años 50 en las grandes universidades americanas. Un ejemplo de estos trabajos iniciales es el proyecto PLATO de la universidad de Illinois en EEUU. Con el advenimiento de los microordenadores, a finales de los 70, estos sistemas se extendieron a las pequeñas universidades adquiriendo la denominación de CBT (Computer Based Training). Paralelamente, en el área de la IA se comenzaron a construir CBTs que intentaban simular el razonamiento o lógica humana y a finales de los 70 surgió una nueva rama en donde los investigadores intentaban desarrollar sistemas tutoriales inteligentes de instrucción asistida por ordenador. Estos sistemas han evolucionado hasta convertirse en lo que hoy llamamos STI.

Podemos decir que los STIs son un paso adelante a los CBTs, ya que poseen ciertas características “inteligentes” en relación a la capacidad de adaptación a las características de aprendizaje y conocimiento de los distintos alumnos y además se diferencian en cuestiones muy importantes, desde los mismos objetivos para los que son creados. Un software educativo tradicional se crea para satisfacer una necesidad particular y estos sistemas son específicos para el dominio, temas, y características del grupo de alumnos a los cuales va dirigido, utilizando la mejor tecnología disponible en ese momento. En contraste, un STI desea modelizar y representar un conjunto de principios instruccionales lo suficientemente generales para ofrecer una instrucción efectiva a través de un conjunto de tareas de enseñanza. Por ello, los STIs están fuertemente relacionados a la psicología cognitiva del aprendizaje, es decir al “cómo” es realizado el aprendizaje por el alumno.

Además, la mayoría de los CBTs no siguen un único modelo instruccional teórico. En

muchos de ellos, la instrucción emula interacciones que pueden ocurrir entre un alumno y un profesor, o intentan crear un entorno de aprendizaje más motivador, animando al alumno a la exploración del dominio. Respecto a lo objetivos de aprendizaje pueden estar implícitos en el programa y las actividades pueden o no pueden estar explícitamente relacionadas a las tareas que se supone que tendrá que realizar el alumno durante la instrucción. Por el contrario, los STIs contienen un modelo pedagógico explícito implementado por ordenador de la instrucción a llevarse a cabo, que determina como el programa responderá al alumno en cada momento.

Respecto a la estructura que siguen estos programas, las diferencias fundamentales son que los CBTs se centran en la interacción y la pantalla del ordenador se ve como un medio de comunicación interactivo, por ello se organizan alrededor de la pantalla y de las interacciones del alumno centradas en la pantalla, con los cambios que esta pueda producir en respuesta a las diferentes respuestas del alumno. Además, son programas en estructura algorítmica (por ejemplo describibles por medio de diagramas de flujo) y donde los saltos se producen debido a las entradas del usuario. Ejemplos de lenguajes más utilizados pueden ser C, Pascal, Visual Basic, etc. En cambio, los STIs son programas centrados en el conocimiento reflejado en el modelo de instrucción y la interacción con el usuario consiste en la comunicación entre este modelo y la interface. Debido a esto, los STIs no pueden ser programas algorítmicos por que deben ser capaces de representar el razonamiento humano, y esto no se puede hacer con unos simples algoritmos, sino con una lógica basada en la aplicación del conocimiento (codificado como reglas) sobre una situación y la reacción correspondiente a la misma. Además, el conocimiento se representa mediante símbolos (palabras, frases, reglas), por lo que la mayoría de los STIs están escritos con lenguajes que soportan el procesamiento de símbolos y listas

(por ejemplo Lisp o Prolog) y sus extensiones (CLIPS, GRAPES, OPS5, ...).

Por todo lo mencionado anteriormente, vemos que las principales ventajas de los STIs frente a los CBTs, son básicamente las de poder adaptarse a las características y ritmo de aprendizaje de cada alumno y proporcionar una ayuda también adaptable, la cual es capaz de ofrecer a los alumnos elementos de autoreflexión sobre su propio rendimiento pudiendo incluso compararse con otros estudiantes, reales o modelados.

Realizadas estas aclaraciones respecto a los *softwares* educativos tradicionales y los STIs, vamos a analizar a continuación en mayor profundidad los principales componentes de los tutores inteligentes.

## 1. Los Sistemas Tutoriales Inteligentes

Un STI es capaz de guiar al alumno a lo largo de un dominio en particular del conocimiento, resolviendo durante el proceso tareas tales como la elaboración de una estrategia de tutorización, la generación de ejercicios a la medida de las necesidades del alumno, la resolución pedagógica de estos

ejercicios, así como la explicación de la solución.

Estas tareas se organizan en distintos módulos, siendo los componentes claves del STI tradicional: un *modelo del alumno*, un *modelo pedagógico*, un *modelo didáctico* y una *interface* con la que interactúa el usuario.

Dependiendo de la arquitectura del sistema, estos módulos se pueden encontrar organizados en diferentes formas. Pueden estar distribuidos y subdivididos en partes más pequeñas, funcionando como entidades, semi o completamente autónomas, que se comunican entre sí y actúan racionalmente de acuerdo a sus percepciones del exterior y el estado de su conocimiento. Podríamos decir que esta es una arquitectura basada en agentes inteligentes. Además, existen otros tipos de tutores inteligentes los cuales se basan en estos módulos, pero crean otros módulos personalizados.

### 1.1. Los componentes fundamentales de un STI

El siguiente esquema representa los cuatro módulos principales que componen un STI:

Figura 1: Modelo Tradicional de un STI



El módulo "Modelo del alumno" contiene el cuerpo de conocimientos que caracterizarán al usuario y lo representa desde perspectivas diferentes como, los aspectos psico-sociológicos característicos que condicionan el proceso de aprendizaje, el conocimiento que éste tiene sobre el dominio del tema a tratar y las destrezas y habilidades mínimas que debe tener para realizar una tarea. Este modelo además, debe ser capaz de recoger el comportamiento evolutivo del alumno durante el trabajo en diferentes sesiones y modelar el estado mental del alumno, es decir "lo que sabe y lo que no sabe" y a partir de esto adaptar el sistema sobre la base de sus respuestas. Al ser este módulo el que representa el estado cognitivo del alumno, en la siguiente sección nos ocuparemos del problema del modelado en particular.

El módulo "Pedagógico" contiene representación de conocimiento experto en los ámbitos relativos a procesos de evaluación, enseñanza-aprendizaje; aprendizaje humano y metodología de enseñanza. Será el *razonador*, dónde se almacenará la base de conocimiento y los mecanismos de resolución de problemas. Este módulo es el responsable de dirigir la ejecución del módulo "Modelo Didáctico" teniendo en cuenta los datos ingresados desde el módulo "Modelo del alumno".

El módulo "Modelo Didáctico" cumple la función de *tutor* o profesor y contiene información para decidir qué tareas se le presentan al estudiante de acuerdo con los objetivos de aprendizajes que el "Módulo Pedagógico" deja establecidos y los mecanismos para corregir el modelo del alumno. Es el encargado de generar los planes instruccionales de cada sesión. Este módulo es responsable de la activación del módulo "Interface".

Las tareas de aprendizaje son presentadas por el STI a través de una Interface Multimedia. Ésta debe estar dotada de múltiples medios de comunicación, eficazmente integrados y combinados, para lograr una enseñanza adaptada y eficiente. El módulo "Interface

Multimedia" contiene los mecanismos de representación (imágenes animadas, imágenes estáticas, sonido, lenguaje oral, lenguaje escrito, reconocimiento de voz, etc.) de informaciones necesarias para la realización de tareas que el sistema propone al sujeto. El éxito de un programa educativo, su calidad y efectividad, dependen en gran parte de la riqueza comunicadora que reúna. Esta cuestión empezó a interesar al campo de la Psicología Cognitiva, existiendo recientes investigaciones que demuestran que es fundamental tener en cuenta algunos principios de diseño multimedia para lograr y potenciar los aprendizajes (Moreno y Mayer, 2000).

## 1.2. Modelado del alumno

La característica principal de los Sistemas Tutoriales Inteligentes (STI) es su capacidad de adaptarse a cada alumno. Entonces, el problema de obtener toda la información posible acerca del alumno se convierte en el problema principal a la hora de diseñar un tutor inteligente. En efecto, es necesario que en cada momento el STI disponga de una representación del estado actual del conocimiento del alumno, con objeto de poder seleccionar los contenidos a enseñar en el nivel adecuado de dificultad, proponer el problema apropiado o seleccionar la estrategia tutorial más efectiva en ese momento.

El *modelo del alumno* es la componente del STI que representa el estado actual del conocimiento del alumno, y el proceso que manipula esta estructura se llama *diagnóstico*. Ambas componentes deben diseñarse juntas, y este problema de diseño es el que se conoce como el *problema del modelado del alumno*.

El modelo del alumno es la representación de los procesos mentales que lleva a cabo para realizar un aprendizaje en un ordenador. Estos procesos mentales no son modelos cuantitativos, representables por números, sino que son modelos cualitativos. Los modelos cualitativos describen situaciones en el mundo: objetos y procesos en términos de relaciones temporales,

espaciales y causales. En los sistemas de enseñanza se pueden diferenciar tres tipos de modelos: *el modelo del diagnóstico, el modelo del alumno, y el modelo de comunicación* que permite interactuar con el alumno.

El *modelo de diagnóstico* debe inferir que está pensando el alumno y que creencias tiene. Además, describe un estado cognitivo oculto (el conocimiento del estudiante sobre el tema a tratar) desde el comportamiento observado. Para realizar un diagnóstico se necesitan unas entradas que son recogidas mediante la interacción con el alumno, por preguntas directas u otros medios de información, tales como sus fichas personales. La salida del módulo de diagnóstico es una base de datos, el modelo del alumno, que refleja con precisión el estado de conocimiento del alumno.

El modelo del alumno se define como los componentes de un STI que representan el estado actual de un estudiante, pero es también un modelo de simulación, que describe los procesos por los cuales el estudiante recoge información sobre un problema y realiza aserciones, por lo que un puede predecir que hará el alumno próximamente.

Básicamente, los *tipos de modelo del alumno* que se han utilizado son (Millán 2000):

*-Modelo de superposición (overlay model).*

En este enfoque se considera que el conocimiento del alumno es un subconjunto propio del conocimiento del experto. Este enfoque supone que todas las diferencias entre el comportamiento del alumno y el del experto se explican como una falta de conocimiento del alumno. El modelo funciona bien cuando el principal objetivo del sistema instructor es transmitir el conocimiento experto al alumno. El mayor problema de dichos modelos es que no consideran que el alumno puede poseer conocimiento que el experto no posee, y por tanto son incapaces de reaccionar ante esta situación. Esta carencia motivó la aparición de otros modelos.

*-Modelo diferencial (differential model).* Es una modificación del modelo de superposición. Este modelo divide el conocimiento del alumno en dos categorías: conocimiento que el alumno debería poseer y conocimiento que no puede esperarse que el alumno tenga. Así, a diferencia del modelo de superposición, el modelo diferencial reconoce y trata de representar explícitamente tanto el conocimiento del alumno como las diferencias alumno/experto. Puede considerarse como un modelo de superposición, pero en lugar de sobre el conocimiento del experto, sobre un subconjunto de éste.

*-Modelo de perturbación (perturbation model).* Mientras que el modelo de superposición representa el conocimiento del alumno en términos del conocimiento "correcto", el modelo de perturbación lo combina con una representación del conocimiento incorrecto. De este modo, no se considera al alumno como un "subconjunto" del experto, sino que el conocimiento del alumno puede ser potencialmente diferente en calidad y cantidad al del experto. La técnica más frecuente para implementar un modelo de perturbación es representar el conocimiento experto y añadirle los errores que más frecuentemente cometen los alumnos. El modelo del alumno es entonces un modelo de superposición sobre este conjunto de conocimiento aumentado (que incluye conocimientos correctos e incorrectos). En la literatura aparecen dos tipos de errores: errores de concepto (*misconceptions*) y fallos o erratas (*bugs*). La colección de errores que se incluye en un modelo de perturbación se llama *biblioteca o catálogo de errores*. Esta biblioteca puede construirse de dos formas diferentes: mediante un análisis empírico (enumeración) o generando los errores a partir de un conjunto de errores de concepto subyacentes (técnicas generativas). Aunque la información adicional en un modelo de perturbación proporciona nuevas explicaciones del comportamiento del alumno, introduce también nuevos problemas: el esfuerzo necesario pa-

ra construir y mantener el modelo del alumno es mucho mayor.

*-Modelo basado en restricciones.* Este modelo es una modificación del modelo de superposición propuesto por (Ohlsson, 1994) e implementado con éxito en el tutor de SQL de Mitrovic (Mitrovic, 1998; Mitrovic y Ohlsson, 1999). El dominio de conocimiento se representa mediante una serie de restricciones sobre el estado de los problemas, y el modelo del alumno es simplemente una lista de las restricciones que ha violado en el proceso de resolución del problema. La principal ventaja de este enfoque es su robustez y flexibilidad. Es robusto ya que no depende de la estrategia que haya seguido el alumno para resolver el problema, y por tanto puede modelar a alumnos que tengan patrones de comportamiento inconsistentes, es decir, que utilicen estrategias diferentes para problemas diferentes. Además, el modelo es suficientemente flexible para reconocer soluciones innovadoras como correctas. Por último, debemos distinguir entre dos tipos diferentes de modelado del alumno, que Anderson, Corbett, Koedinger y Pelletier denominan *traza del conocimiento* y *traza del modelo* (*knowledge tracing* y *model tracing*) (Anderson y otros, 1995). La traza del conocimiento consiste en determinar qué sabe el alumno, incluyendo tanto el conocimiento correcto sobre el dominio como sus errores. La traza del modelo pretende analizar el procedimiento de resolución de problemas que utiliza el alumno. La traza del modelo resulta útil en sistemas que intentan dar respuesta a peticiones de ayuda del alumno y ofrecerle pistas e información cuando no sabe seguir resolviendo el problema. De hecho, para poder ayudar al alumno el sistema necesita ser capaz de analizar y criticar la solución en curso y tener una idea de que línea de razonamiento está siguiendo. Por otro lado, la traza del conocimiento resulta útil para la evaluación del alumno y la toma de decisiones pedagógicas, como qué material/problema debe ser propuesto a continuación.

### 1.3. Funcionamiento de un STI

Los STI suelen basar su funcionamiento en un plan instruccional que dirige la sesión de enseñanza. Podemos organizar el plan instruccional en diferentes niveles: el primero de los niveles está constituido por una secuencia de “unidades básicas de aprendizaje” que representan los elementos en los que se organiza el conocimiento del dominio; el segundo nivel está constituido por una secuencia de “objetivos conceptuales” asociadas a estas unidades de aprendizaje, que son las habilidades y capacidades cognitivas que el sistema planea que el alumno debe conseguir a lo largo de la sesión; en el tercer nivel lo constituyen los “procesos cognitivos” que se corresponden con las actividades mentales que deben ocurrir en el alumno; el cuarto nivel incluye los “eventos instruccionales”, que son las condiciones externas que se han de dar para que se produzca el aprendizaje; el último nivel incluye las “acciones instruccionales” que se corresponden con las acciones que el alumno/sistema llevan a cabo a lo largo de las sesiones de aprendizaje.

El ciclo general de funcionamiento de los STI es el siguiente: una vez que el sistema identifica al usuario, el Modelo Didáctico activa el Modelo del Alumno correspondiente para organizar una sesión de enseñanza adaptada al mismo. El Modelo Didáctico construye un plan de sesión para dicho alumno consultando el Modelo Pedagógico y el Modelo del Alumno. Del Modelo Pedagógico se obtienen los conceptos a enseñar y en el Modelo del Alumno se consultan tanto el conocimiento que el sistema supone que tiene el alumno como sus preferencias en cuanto al estilo de enseñanza. El plan instruccional a seguir se realiza en base a los objetivos conceptuales que el sistema pretende conseguir teniendo en cuenta el conocimiento y estilo de aprendizaje del alumno. Además, el plan contiene una secuencia de tareas de enseñanza que llevarán a la consecución de los objetivos propuestos. El Modelo Didáctico dirigirá a la Interface que pondrá en práctica las tareas plani-

ficadas, que pueden ser de demostración, explicación, refuerzo, motivación o evaluación, concretándolas a través de actividades o ejercicios que se suministran al alumno. Según se va desarrollando el plan, el propio Modelo Didáctico, recibe, monitoriza, diagnostica y evalúa las respuestas del alumno usando el conocimiento sobre el dominio y sobre el alumno. Si tras la evaluación, el Modelo Didáctico encuentra que el rendimiento del alumno no es el esperado o que éste requiere diferentes contenidos, replanifica el plan instruccional para adaptarlo a las nuevas condiciones, en otro caso continúa con el plan preestablecido.

#### 1.4. Tipos de STIs

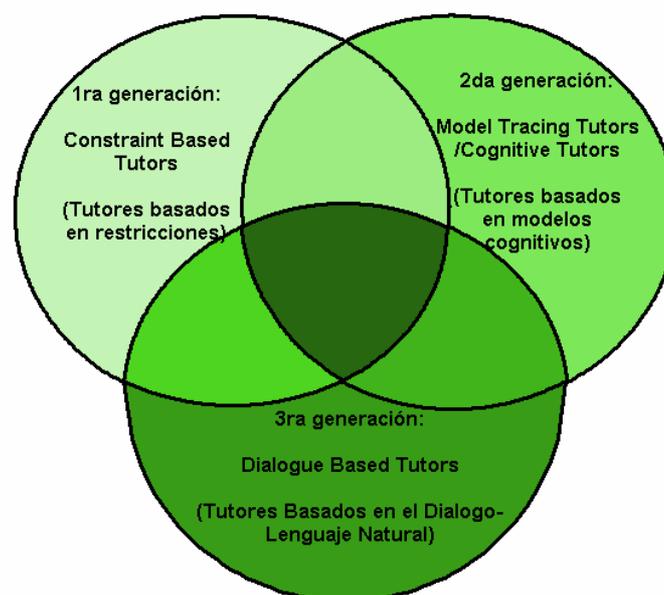
De acuerdo a los objetivos de enseñanza de los STI podemos distinguir dos categorías: a) Simuladores y entornos realistas de aprendizaje y b) Tutores, donde lo que pretenden es que el alumno adquiera un tipo de conocimiento relacionado con el tema que se está estudiando y que el alumno logre habilidades y destrezas procedimentales relacionadas a este tema.

Sin embargo, de acuerdo a la perspectiva cognitiva (estado en la adquisición de las habi-

lidades y destrezas asociadas a un objetivo de enseñanza) podemos categorizar a los STI en diferentes generaciones:

- a) 1ª generación: *Constraint Based Tutors* (Tutores basados en restricciones): Se centran en el estado de la interface, en relación a la información que se muestra/oculta, gráficos, ayudas, etc. Ej. SQL-Tutor
- b) 2ª generación: *Model-Tracing Tutors / Cognitive Tutors* (Tutores basados en modelos cognitivos). Se centran en las acciones del estudiante y las reglas que generan la solución correcta a una tarea propuesta basada en un modelo mental del estado cognitivo (y de la memoria de trabajo) del alumno. Ej. PAT- Cognitive Tutor Algebra Course
- c) 3ª generación: *Dialogue Based Tutors* (Tutores basados en diálogo-lenguaje natural): Se centran en la comunicación con el alumno a través del dialogo. Las ayudas, las explicaciones a los ejercicios, críticas y discusiones sobre un tema o problema se realizan por medio del dialogo entre el sistema y el alumno. Ej. Andes/Atlas ; Ms. Lindquist, CATO,

Figura 2: Evolución de los STIs. Generaciones.



## 2. Sistemas de enseñanza inteligentes distribuidos a través de Internet

Los sistemas de enseñanza a través del Internet son actualmente un área importante de desarrollo e investigación. Sus beneficios son claros: independencia del aula y de la plataforma. Una aplicación instalada y mantenida en un lugar puede ser usada por miles de alumnos distribuidos en el mundo y equipados con un ordenador conectado a Internet. Miles de cursos para el WEB y otras aplicaciones educativas se encuentran disponibles en la red desde hace algunos años. El problema es que la mayoría de estas no son más que una red de páginas estáticas de un hipertexto. Para mejorar estas aplicaciones se debería ofrecer más interactividad y adaptabilidad. La adaptación es especialmente importante por dos razones fundamentales: una aplicación WEB será usada por una variedad más grande de usuarios que una aplicación *standalone* y segundo, en muchos casos, el usuario está trabajando “solo” con un “tutor” o “curso” WEB (probablemente desde la casa). En esta situación vemos que la adaptación que provee el profesor en una clase normal no se encuentra presente.

Los Sistemas de Enseñanza Adaptativos para el WEB (SEA) provienen de los STIs y los sistemas HA. El contexto de la WWW impacta en el diseño e implementación de estos sistemas y se pueden utilizar unos a otros como subclases. Por ejemplo, algunos STI utilizan hipermedias adaptativos mientras que la mayoría de SEA basados en WEB pueden ser clasificados como STI y sistemas Hipermedias Adaptativos (HA).

La WEB otorga complejidad a los sistemas adaptativos basados en IA ya que es una buena manera de enriquecerse con información proveniente de una gran variedad de usuarios.

Hemos descrito anteriormente los STIs, ahora veremos los sistemas hipermedias adaptativos utilizados actualmente, para luego ver qué técnicas provenientes de cada

área son las que se aplican para producir un sistema de enseñanza adaptativo para la WWW.

### 2.1. Sistemas Hipermedias Adaptativos

Los HA son una nueva área de investigación dentro de las interfaces basadas en la adaptación al usuario. Actualmente, estos sistemas están creciendo en popularidad como herramientas de usuario que gestionan el acceso a la información en hiperespacios extensos, como lo es la WEB.

Los HA nacen de los sistemas hipermedias y de los STIs y el objetivo fundamental que persiguen es incrementar la funcionalidad del hipermedia clásico mediante el acceso personalizado a la información.

La interface de estos sistemas se basa en un modelo genérico de información y el modelo del usuario es un registro de su progreso en la estructura de información.

Entonces el HA construye un modelo con los objetivos, preferencias y el conocimiento de un usuario particular y usa esta información para adaptar la presentación de la información según sus características y necesidades.

Un HA puede definirse como todo sistema hipertexto e hipermedia que refleja algunas características del usuario en un modelo y aplica este modelo en adaptar varios aspectos visibles del sistema al usuario.

Estos sistemas resultan verdaderamente útiles en cualquier área de aplicación donde se espera que el sistema sea usado por personas con diferentes objetivos y conocimientos y donde el hiperespacio de búsqueda de la información sea razonablemente grande.

Entonces diferentes usuarios, podrán estar interesados en diferentes partes de la información presentada en una página WEB y podrán usar diferentes enlaces para navegar de un sitio a otro. Entonces, un HA intentará solucionar este problema usando el conoci-

miento representado en el modelo de usuario de este sujeto, adaptando la información y los enlaces presentados en la página.

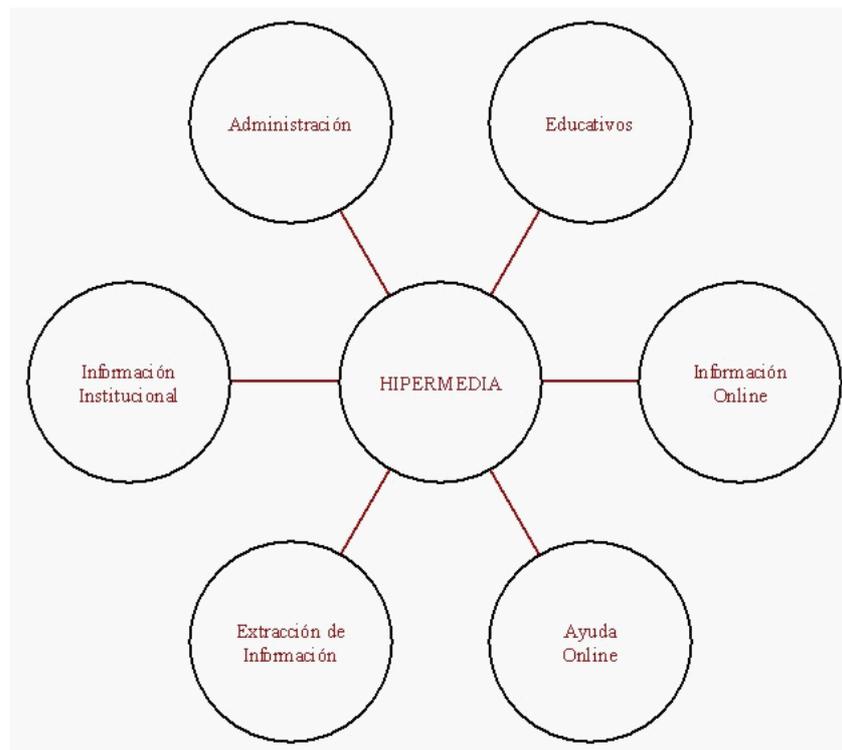
En este sentido, la adaptación que realiza este tipo de sistemas es solo para la navegación y podrán guiar al usuario limitando el espacio de búsqueda, sugiriéndole los enlaces más relevantes a seguir ó dándole comentarios adaptados a su perfil de usuario.

En síntesis, un sistema HA debe satisfacer tres criterios: 1) debe ser un hipertexto o hipermedia, 2) debe tener un modelo de usua-

rio y 3) debe adaptar el hipermedia usando este modelo.

Como otras clases de sistemas, cualquier sistema hipermedia es adaptativo en algún sentido: Usando un navegador diferentes usuarios pueden adaptar el sistema a sus necesidades de información. Entonces, ¿por qué se necesita que sea adaptable a cada usuario en particular? La respuesta depende del área de aplicación. Existen seis clases de sistemas hipermedia presentes en los proyectos de investigación de los HA, tal como lo podemos ver en la figura 3.

*Figura 3: Aplicaciones de los hipermedias adaptativos.*



Los hipermedias educativos son pequeños hiperespacios que representan un curso o sección de un material de aprendizaje sobre un tema en particular dónde un alumno tiene como objetivo aprender este material o cierta parte del mismo, por lo tanto, la característica más relevante del usuario para el sistema es su nivel de conocimiento sobre este tema.

Algunos problemas que pueden ser resueltos por medio de HA son por ejemplo que distintos usuarios tienen distintos niveles de conocimiento y el conocimiento de un usuario puede crecer rápidamente, ó que la misma página puede parecerle difícil a un novato pero aburrida a un usuario avanzado, o un usuario novato que necesita ayuda en la na-

vegación. Pero para proveer la adaptación debemos saber qué aspectos del trabajo del usuario con el sistema tienen que tenerse en cuenta para este proceso. En general, se pueden identificar algunas características del usuario relevantes en el proceso de adaptación, tales como: objetivos, conocimiento, background, experiencia en el hiperespacio y preferencias.

Identificadas las características del usuario se deben ver qué características del sistema pueden ser diferentes para diferentes usuarios. Las formas de adaptar un sistema hipermedia al usuario pueden ser, a) adaptar el contenido y b) adaptar los enlaces.

La adaptación aparece como un proceso continuo de comunicación, entonces habrá también que distinguir entre la estructura estática del contenido con las propiedades dinámicas de la adaptación. Es posible aumentar la información accesible gradualmente, agregando complejidad al navegador gráfico o expandiendo gradualmente el contenido al mismo tiempo que nuevas áreas sean exploradas.

La organización de contenidos puede realizarse en un hipermedia haciendo la exploración de la información como un juego de aventura donde el usuario gana niveles de acceso a información. Este aumento tiene que aparecer continuamente como un espiral donde el usuario estará esperando este aumento de nivel y la estructura de navegación será la misma, solo que se irán agregando nuevos elementos.

Las señales históricas son muy útiles ya que informan al usuario su progreso en el

contenido y le indican que ha visto del contenido a través de marcas en páginas, marcas en el navegador gráfico, señales de progresión en menús,...

El conocimiento sobre la progresión del usuario puede ser usado para adaptar las reacciones del sistema a los errores cometidos. Asimismo, la información sobre el número de veces que el usuario ha tratado de realizar una operación se puede utilizar para modificar el feedback (el sistema puede cambiar sus mensajes de error dependiendo del número de repeticiones del error).

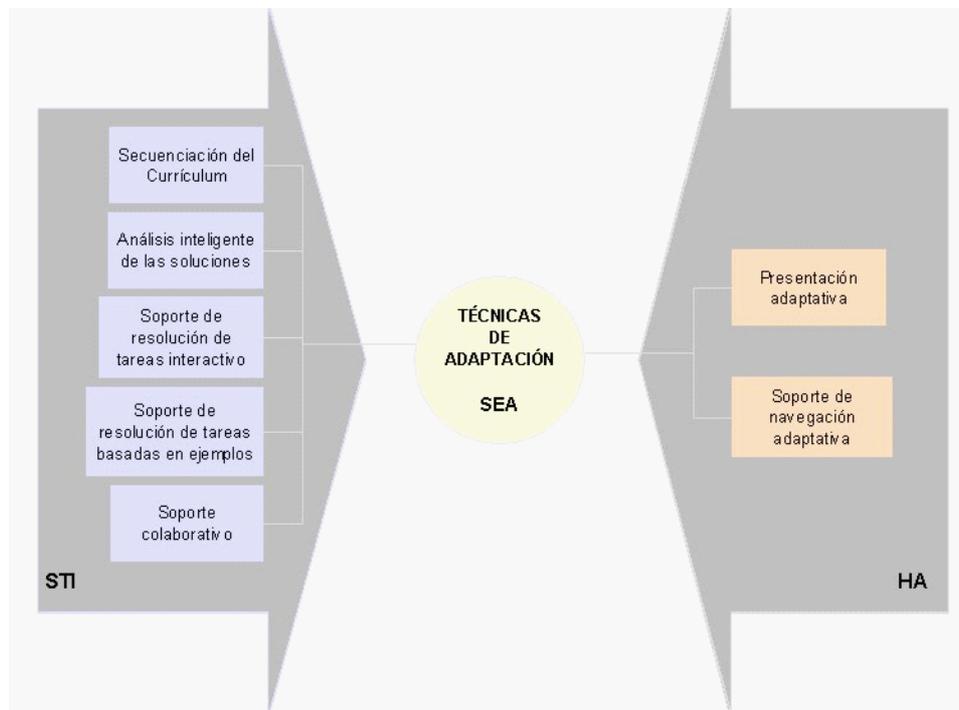
La información histórica puede utilizarse para modificar el nivel del control del usuario sobre el sistema.

En un sistema exploratorio, a veces es interesante que el sistema tenga el control de la interacción. Este control del sistema se puede ofrecer como guía experta al usuario. El sistema puede tomar el control si el usuario realiza una secuencia repetidamente o se excede en el tiempo, etc. y si un comportamiento del usuario aparece desorganizado el sistema puede sugerirle o guiarle.

## **2.2. ¿Cómo se pueden adaptar los Sistemas de enseñanza en Internet?**

Existen diferentes formas de adaptación a las que llamaremos “técnicas de adaptación”. Actualmente, todas las técnicas de adaptación aplicadas en los SEA basados en WEB fueron adoptadas del área de los STI ó del área de los sistemas adaptativos hipermedia (Brusilovsky, 1998), tal como lo observamos en la figura 4.

Figura 4. Técnicas de adaptación provenientes de los STIs y los Has



El objetivo de la técnica de secuenciación del currículum (también referida como tecnología de planificación instruccional) es proveer al alumno de un mayor ajuste e individualización de la secuencia de contenidos a aprender y de las tareas de aprendizaje (ejemplos, preguntas, problemas, etc.).

Existen dos técnicas de secuenciación del currículum: una secuenciación de alto nivel o secuenciación del conocimiento que determina cual será el próximo concepto o tema a ser aprendido y una secuenciación a bajo nivel o secuenciación de tareas que determina la siguiente tarea de aprendizaje a realizar (problema, ejemplo, evaluación) del tema actual.

El análisis inteligente de las soluciones de los alumnos estudia las respuestas finales de los alumnos a los problemas presentados sin importar que estos sean de menor o mayor complejidad ni como esas respuestas fueron obtenidas. Los analizadores inteligentes pueden decir exactamente si la respuesta dada es

incorrecta o incompleta y cual es el conocimiento perdido o incompleto que fue responsable del error cometido. También estos analizadores pueden proveer al alumno con un feedback extenso basado en el error y actualizar el modelo del alumno.

El objetivo del soporte interactivo de resolución de problemas es proveer al alumno de ayuda inteligente sobre cada paso de la resolución de un problema. Un sistema implementado con esta tecnología puede mirar las acciones del alumno, entenderlas y usar este conocimiento para proveer ayuda y actualizar el modelo del alumno.

En un contexto de resolución de problemas basado en ejemplos, los alumnos pueden resolver nuevos problemas usando como ejemplos desde su propia experiencia. En este contexto un STI ayuda a los alumnos mediante sugerencias sobre los casos más relevantes relacionados con el nuevo problema pero desde los problemas anteriormente presentados y resueltos por el

mente presentados y resueltos por el alumno anteriormente.

El objetivo de la tecnología de la adaptación de la presentación es adaptar el contenido de una página hipermedia a los objetivos de los alumnos, conocimiento u otra información almacenada el modelo del alumno. En un sistema con presentación adaptativa, las páginas no son estáticas sino que son generadas adaptivamente. Por ejemplo, en

sistemas con presentación adaptativa los usuarios nuevos o inexpertos reciben más explicación adicional que los usuarios expertos que a su vez reciben información detallada y en mayor profundidad. Las técnicas actualmente utilizadas son: el “texto condicional” (ITEM/IP, C-Book, De Bra’s adaptive course on Hypertext) y la de mostrar “mensajes de advertencias adaptativas” sobre el estado de conocimiento del alumno en una página (ELM-ART, AST).

Figura 5: Sistema de Enseñanza Inteligente vía WWW: ELM-ART.

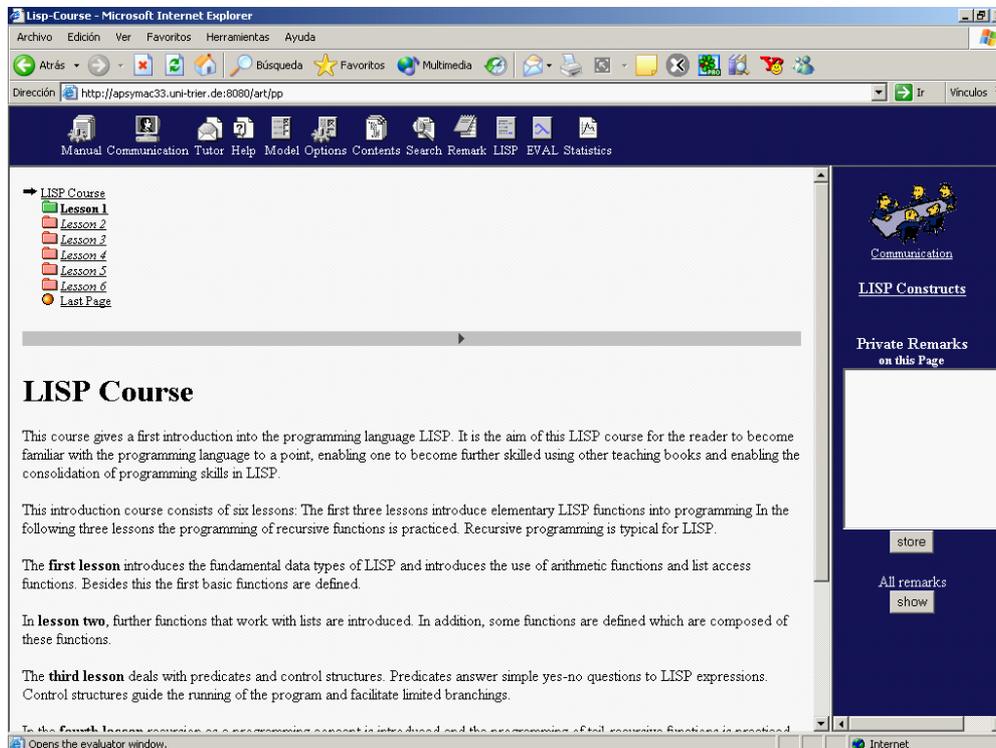
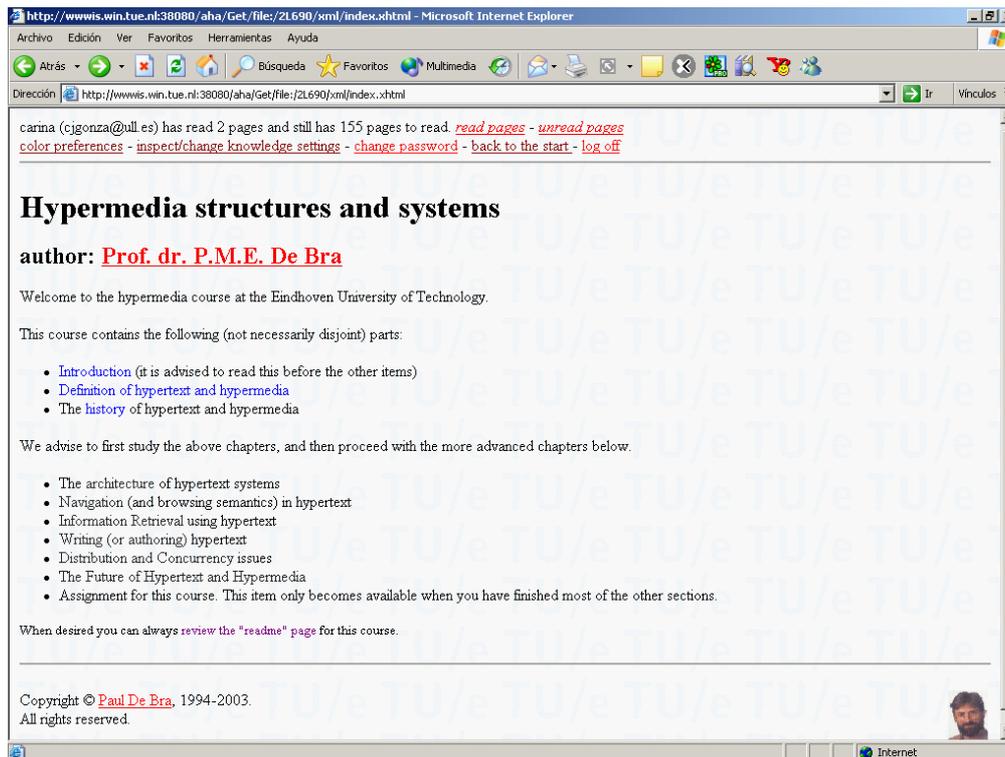


Figura 6: Otro ejemplo de un SEA: "De Bra's adaptive course on Hypertext".



El soporte colaborativo adaptativo es una nueva tecnología de los STIs iniciada hace cuatro años. Su objetivo es usar el conocimiento del sistema sobre los diferentes usuarios (almacenados en modelos de alumnos) para formar un grupo de aprendizaje colaborativo que coincidan en los mismos patrones (*matching collaboration group*).

El objetivo de la técnica de soporte de navegación adaptativa es mantener al alumno con una orientación del hiperespacio y navegación mediante el cambio de la apariencia de los links visibles. Este soporte puede ser considerado como una extensión de la tecnología de adaptación del currículum dentro de un contexto hipermedia. Además, este soporte de navegación adaptativa guía al alumno implícitamente al siguiente concepto o ítem de contenido a ser aprendido y el próximo problema a ser resuelto.

### 3. Líneas de investigación y aplicaciones actuales

Vamos ahora a intentar sintetizar las diversas investigaciones y aplicaciones de la IA en Educación que se están desarrollando en este momento. Algunas de las principales líneas de investigación en este campo son:

- **Meta-Teorías del Conocimiento Experto:** La representación del conocimiento experto es una de las tareas más difíciles en la construcción de un sistema basado en el conocimiento. Existen diversas metodologías y lenguajes de modelado que ayudan a realizar este proceso, desde el tradicional KL-1 o KRYPTON hasta CommonKADS, PROTEGE-II, MIKE, VITAL, KSM, IBROW3/UPML, que son utilizadas en general para sistemas expertos en cualquier disciplina. En particular, cuando hablamos de STIs uno de los puntos más importantes es representar los estados cognitivos por los que pasa un estudiante en el aprendizaje producido por estos sistemas y además modelar como se realiza el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este tema de investigación ha sido principalmente conducido por la teoría ACT\* y ACT-R (Anderson, 1983, 1987, 1993, <http://act-r.psy.cmu.edu/about/>), pero se

continúan buscando nuevas formas que permitan una sólida representación de este tipo de conocimiento experto (ARCH lab at George Mason University: <http://hfac.gmu.edu/>).

- **Razonamiento causal y simulación cualitativa:** Esta línea de investigación ha tomado relativa importancia hace una década en la literatura de la Inteligencia Artificial y trata de representar el conocimiento experto con técnicas de simulación cualitativa y aplicación cognitiva del razonamiento causal. Uno de los trabajos clásicos en razonamiento causal es SOPHIE III, (Brown y otros 1982) para resolución de problemas electrónicos. En simulación cualitativa podemos mencionar a SCHOLAR como uno de los primeros sistemas que modeló el conocimiento procedural en forma de red semántica. Otros ejemplos más actuales de simulación en los sistemas de enseñanza inteligentes pueden ser SimForest (<http://ddc.hampshire.edu/simforest/>) o SimCalc (<http://www.simcalc.umassd.edu/NewWebsite/simcalcframe.html>).

- **Sistemas de Autor para STIs:** Uno de los problemas a la hora de diseñar un STI es la reducción del tiempo y costo de desarrollo de los mismos. Por ello, actualmente se está trabajando en el desarrollo de herramientas de autor que faciliten la tarea de diseño y programación de STIs en distintos dominios de aplicación. Algunos ejemplos de estos sistemas son KERMIT, ANDES1, ANDES2, IRIS-D, Eon, Metalinks. Algunos links son:

-[The Eon Project](http://helios.hampshire.edu/~tjmCCS/eon_www/eon.html): Intelligent Tutoring Systems Authoring Tool:  
[http://helios.hampshire.edu/~tjmCCS/eon\\_www/eon.html](http://helios.hampshire.edu/~tjmCCS/eon_www/eon.html)

-[MetaLinks](http://ddc.hampshire.edu/metalinks/): Adaptive Hyperbook Theory and Authoring Tool:  
<http://ddc.hampshire.edu/metalinks/>

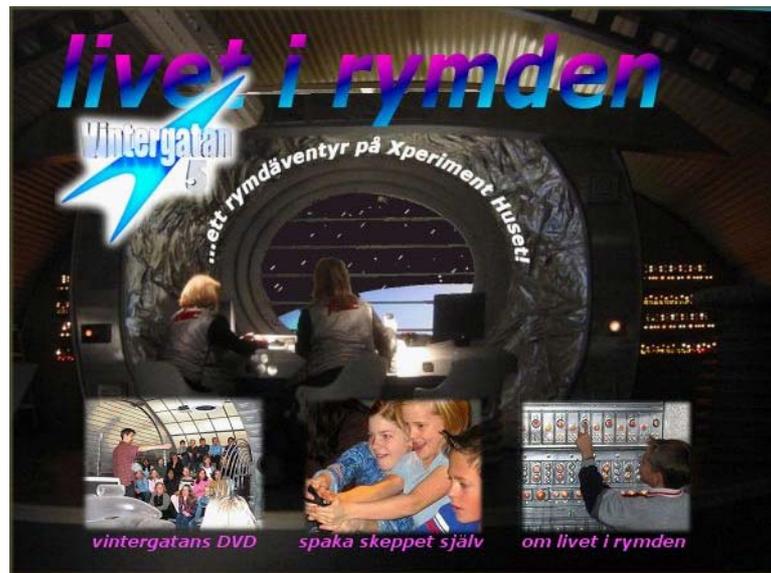
- **Nuevas arquitecturas basadas en agentes:** Una arquitectura provee una vista de alto nivel de los componentes de un sistema, así como las relaciones entre estos. Estas nuevas arquitecturas se basan en el enfoque de la IA distribuida.

La IA distribuida estudia los agentes inteligentes situados en un mundo social y desde esta perspectiva se estudian además los mecanismos sociales, los comportamientos inteligentes colectivos, arquitecturas, teorías, lenguajes y tipos de agentes. Esta tecnología, aunque reciente, está lo suficientemente madura, y tiene numerosas aplicaciones, una de ellas los STIs. Como ejemplos de estas arquitecturas podemos mencionar a los sistemas LAHBYSTOTRAIN, WHITE-RABBIT, ABITS, AMICO, JADE, Inquiry Island (<http://thinkertools.soe.berkeley.edu/Pages/sciwise.html>),...

- **Modelado del alumno y diagnóstico cognitivo:** el objetivo de este campo es potenciar la capacidad de adaptación de los sistemas a las características del alumno. Se intentan crear modelos probabilísticos que representen los estados por los que el alumno va pasando en su aproximación al conocimiento que se desea que obtengan. Estos modelos se basan principalmente en lógica difusa, redes bayesianas o *rouge set*, con el fin de modelar estados “aproximados” ya que los estados absolutos no sirven para este tipo de modelos. Esto nos permite decir que un alumno ha alcanzado un objetivo de aprendizaje con una determinada probabilidad. Todos los STIs tienen un modelo del alumno, varían en la técnica que utilizan para representar estos estados. Como ejemplos sobre las últimas aplicaciones y desarrollos de modelos del alumno podemos citar a: ACE system, Clarisse, EDUCE, EPAL Álgebra Tutor, SQL-Tutor,...

- **Sistemas de aprendizaje colaborativo (CSCL):** esta rama pretende que los estudiantes trabajen en grupo para resolver un problema. En ella se crean entornos de aprendizaje en los que el alumno puede trabajar con compañeros tanto reales como simulados y de esta manera el alumno puede aprender de los comentarios de los compañeros y puede enseñarles lo que él sabe (*learning by teaching*). Ejemplos de estos entornos son LeCs o COLDEX del grupo COLLIDE (<http://www.collide.info>) dirigido por Ulrich Hoppe.

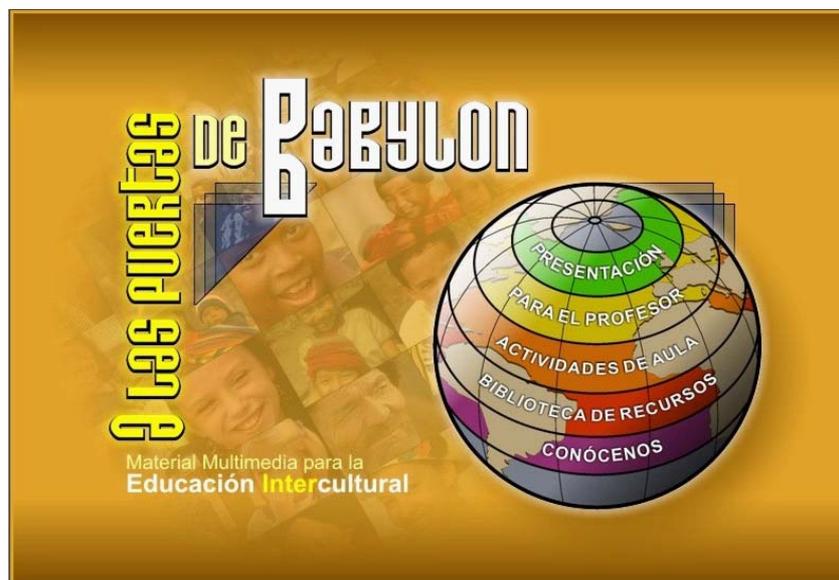
Figura 7: Aprendizaje colaborativo. Proyecto COLDEX. Museo Interactivo en Växjö, Suecia



- **Multimedia:** los nuevos medios (imagen, sonido, animación, video) como materiales de enseñanza permiten que representen información que no podría ser representada de forma textual y éstos múltiples medios de comunicación permiten aumentar la motivación de los alumnos. Estos medios son incorporados a la interface del sistema. Además de la tecnología multimedia, actualmente existen distintas metodologías especial-

mente diseñadas para el desarrollo de interfaces multimedia inteligentes, tal es el caso de la IMMPS (<http://www.dfki.uni-sb.de/imedia/lidos/papers/csi97>). Diariamente nos encontramos con estos sistemas en la escuela. Podemos citar como uno de estos ejemplos al programa sobre Interculturalidad llamado Babylon, creado por Edulab de la Universidad de la Laguna ([www.edulab.ull.es](http://www.edulab.ull.es)).

Figura 8: Programa Multimedia para la Interculturalidad. Creado por Edulab, en colaboración con el Colectivo de profesores Mavie y el Proyecto Atlántida.



**-Sistemas de enseñanza basados en Internet:** actualmente se diseñan sistemas de enseñanza en servidores de información que pueden ser utilizados por numerosos usuarios, permitiendo una estandarización de herramientas utilizadas por los alumnos (navegador estándar IE6, Netscape) que permite un aprendizaje fuera del aula y centraliza el mantenimiento del sistema de enseñanza. En estos sistemas uno de los factores claves es la adaptación del material didáctico al alumno. Como ejemplos de estos entornos podemos mencionar a los sistemas ELM-ART, (<http://www.psychologie.uni-trier.de:8000/elmart>), PAT, InterBook, VC Prolog Tutor, AST, ADI, ART-Web, ACE, Remedial Multimedia System, PT, AHA, WEST-KBNS, MetaLinks, KBS Hyperbook, CALAT, Medtec, Manic, DCG, SIETTE, ILESA, PAT-Online, PAT-Java, WITS, WITS-II, Belvedere, ADIS, (Yang-Akahori), D3-WWW-Trainer, AlgeBrain, ADELE, TEMAI,...

**-Estándares de objetos de aprendizaje y modelos de referencia:** con el objeto de desarrollar estándares técnicos, prácticas recomendadas y guías de diseño en tecnología educativa, se han creado distintos comités encargados de dictar estas normas. Actualmente, se han desarrollado numerosas guías y modelos de referencia para el desarrollo de sistemas para la enseñanza, tales como LTSC del IEEE Learning Technology Standards Committee, el IMS, del Instructional Management Systems del Global Learning Consortium o Adl Scorm, el modelo de referencia del Departamento de la Defensa de los EE. UU, el CETIS *The Centre for Educational Technology Interoperability Standards* entre otros (EML, PALO, etc...). Algunos links son:

- LTSC del IEEE Learning Technology Standards Committee, P1484 Working Groups and Study Groups, "Standard for Information Technology Education and Training Systems – Learning Objects and

Metadata",

<http://www.manta.ieee.org/groups/ltsc/2000>. y <http://ltsc.ieee.org/2000>.

- IMS, Instructional Management Systems del Global Learning Consortium, "IMS Learning Resource Meta-data Best Practices and Implementation Guide, Versión 1.0 – Final Specification", <http://www.imsproject.org/>, 2001.

- SCORM, ADL Sharable Content Object Reference Model Version 1.1, <http://www.adlnet.org/2000>

- PALO proposal of an Educative Modeling Language to describe and design learning content and learning environments at a high level of abstraction <http://sensei.lsi.uned.es/palo/>

**- Sistemas basados en dialogo y lenguaje natural:** Enseñar es el acto de comunicación que permite el traspaso de la cultura de una generación a otra. Para muchos propósitos usamos el lenguaje, pero en la enseñanza el lenguaje es fundamental. Esta línea de investigación estudia "cómo" se usa el lenguaje para enseñar y aprovecha literatura del área de la Educación sobre la interacción en el aula, estrategias, cuestionarios, y métodos de enseñanza. Asimismo, los desarrolladores de STIs necesitan un conocimiento no descriptivo, ya que necesitan poner este conocimiento de forma computacional, o sea, en forma de reglas. Aproximaciones iniciales de este estudio han sido conducidas por Collins y Carbonel en SCHOLAR (Carbonel 1970) y por Clancey en GUIDON (Clancey, 1987), pero solo son primeros intentos que solo se quedan en la superficie. Otra aplicación notable sobre este campo fue Meno-tutor (Woolf 1984). Actualmente, podemos mencionar a los sistemas ANDES o Why2-Atlas (VanLehn y otros, 2002) como sistemas de tercera generación que aprovechan la tecnología del lenguaje natural en su implementación.

- **Agentes Pedagógicos Inteligentes:** Un Agente Inteligente es un sistema natural o computacional que percibe su entorno y realiza acciones inteligentemente según sus metas. Un Agente Virtual es un agente "personificado" (que adopta una representación, con forma humana o no) que "habita" (no percibe observaciones de un entorno externo, sino que forma parte del mismo entorno, y debe ser capaz de desenvolverse, percibir e interactuar en él) en un entorno "virtual" (el entorno en el que habita el agente es creado por la computadora (puede ser textual, bidimensional, tridimensional) y puede reproducir o no un entorno real con más o menos fidelidad). Un Agente Pedagógico es un agente que toma decisiones acerca de cómo maximizar el aprendizaje de un alumno, y el "en-

torno" que observa es un estudiante en su proceso de aprendizaje; para cumplir con sus metas, un Agente Pedagógico puede actuar como un tutor virtual, como un estudiante virtual, o como un compañero de aprendizaje que ayuda al estudiante en su proceso de aprendizaje. Un área de aplicación especialmente relevante de los Agentes Pedagógicos Virtuales Inteligentes es el entrenamiento de equipos de trabajo. Esta aplicación plantea retos interesantes, como son el hecho de tener que tutelar simultáneamente a más de un estudiante, o el hecho de tener que manejar simultáneamente conocimiento "espacial" acerca del entorno y conocimiento "procedimental" acerca de las operaciones que pueden ser realizadas en el mismo.

*Figure 9. Ejemplo de Agentes Inteligentes: Autotutor desarrollado por el Tutoring Research Group de la Universidad de Memphis.*



#### 4. Conclusiones

Las aplicaciones de la IA en la Educación necesitan del trabajo multidisciplinar entre profesionales de la Educación, Informática, y Psicología y responden, en general, a demandas y problemáticas concretas de trabajo. De esta interconexión, la disciplina ha crecido incesantemente durante estos últimos años, evolucionando desde la perspectiva de la concepción de

crear sistemas donde se contemplaba solamente la interacción del alumno con el ordenador a considerar en los nuevos sistemas, el entorno social que afecta al aprendizaje del alumno mediante el ordenador.

Muchas de las aplicaciones o investigaciones que se han presentado en este trabajo han sido desarrolladas y construidas en un laboratorio y no ha habido una verdadera transferencia a la

escuela o aplicación en situaciones reales de enseñanza aprendizaje, siendo validadas con estudiantes simulados. También debo decir que la gran mayoría no pasa del estado de prototipo. Igualmente, estas iniciativas son importantes desde el punto de vista tecnológico, ya que la tecnología evoluciona sin parar y es muy importante estudiar sus posibles aplicaciones al área educativa. Demostrada su efectividad en el laboratorio, podremos trasladarlas a la realidad y analizar sus resultados.

Por el contrario, otras aplicaciones ya son una realidad en los colegios desde hace más de una década, y se ha demostrado la eficacia de los STIs frente a otros medios (Anderson y otros, 1995), y actualmente, el ámbito donde más aplicaciones podemos encontrar de técnicas consideradas "inteligentes" y entornos de aprendizaje colaborativo es en las universidades virtuales.

Como conclusión final, quiero destacar que todas estas aplicaciones tecnológicas no son más que recursos que debe ser incorporados en un entorno más amplio y complejo, como es el sistema educativo. Para que estas aplicaciones sean una realidad en las escuelas del futuro se debe impulsar la formación tanto de profesores como alumnos en el uso y en las posibilidades de las herramientas tecnológicas y por último, desarrollar políticas institucionales que dirijan la implantación de estas tecnologías en la escuela.

## 5. Bibliografía

- Anderson J., Corbert A., Koedinger K., Pelletier R. (1995). *Cognitive Tutors: Lessons Learned*. The Journal of the Learning Sciences 4(2) 167-207. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.(eds).
- Anderson, J. (1983). *The Architecture of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Anderson, J. (1993). *Rules of the Mind*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Anderson, J., Boyle, C., Farrell, R. & Reiser, B. (1987). *Cognitive principles in the design of computer tutors*. In P. Morris (ed.), *Modeling Cognition*. NY: John Wiley.
- Brown J. S., Burton R. R. and de Kleer J. (1982). *Pedagogical, Natural Language and Knowledge Engineering Techniques in Sophie I, II, and III*. D. Sleeman and J. S. Brown (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems*, London, England: Academic Press.
- Brusilovsky, P. (1998). *Adaptive Educational Systems on the World-Wide-Web: A Review of Available Technologies*. In: Proceedings of Workshop "WWW-Based Tutoring" at 4th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS'98), San Antonio, TX. Consultado en <http://www-aml.cs.umass.edu/~stern/webits/itsworkshop/brusilovsky.html> el 12 de Septiembre de 2003.
- Carbonell, J.R. (1970). *AI in CAI: an artificial intelligence approach to computer assisted instruction*, IEEE Trans. on Man-Machine, 11, 190-202.
- Clancey, W. (1987). *Knowledge-Based Tutoring: The GUIDON Program*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Conati C. and Klawe M. (2002). *Socially Intelligent Agents in Educational Games* In *Socially Intelligent Agents - Creating Relationships with Computers and Robots*. Dautenhahn K., Bond A., Canamero D, and Edmonds B., (eds). Kluwer Academic Publishers.
- Larkin J.H. and Chabay R.W. (eds.) (1992). *Intelligent tutoring systems and computer-assisted instruction: Shared issues and complementary approaches*. Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Millán E. (2000). *Sistema Bayesiano para Modelado del alumno*. Tesis doctoral. Universidad de Málaga. España.
- Mitrovic, A., and Ohlsson, S. (1999). *Evaluation of a Constraint-Based Tutor for a Database Language*. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 10.
- Moreno L, González C.S., Muñoz V., Estévez J., Aguilar R., Sánchez J., Sigut J., Piñeiro J. (2002). *Integrating Multimedia Technology, Knowledge Based System and Speech Processing for the Diagnostic and Treatment of Developmental Dyslexia*. Intelligent Tutoring Systems 2002: 168-177.
- Moreno, R. and Mayer, R. E. (2000). *A learner-centered approach to multimedia explanations: Deriving instructional design principles from*

- cognitive theory*. Interactive Multimedia. Electronic Journal of Computer Enhanced Learning.
- Ohlsson, S. (1994). Constraint-Based Student Modelling. En J. E. Greer, & G. McCalla (eds), *Student Modelling: The Key to Individualized Knowledge-Based Instruction*. Vol. 125 (pp. 167-190). Berlin: Springer-Verlag.
- Polson M.C. and Richardson J.J. (eds.) (1998). *Foundations of Intelligent Tutoring Systems*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- VanLehn K Jordan P., Rosé P., Bhembe D., Böttner M., Gaydos A., Makatchev M., Pappuswamy U., Ringenberg M., Roque A., Siler S., Srivastava R. (2002). *The Architecture of Why2-Atlas: A Coach for Qualitative Physics Essay Writing*. Intelligent Tutoring Systems 2002: 158-167.
- Woolf, B. (1984). *Context-Dependent Planning in a Machine Tutor*. Ph.D. diss. Dept. of Computer and Information Science. University of Massachusetts at Amherst. COINS Technical Report 84-21.
- IMMPS. Intelligent Multimedia Presentation Systems. <http://www.dfki.uni-sb.de/imedia/lidos/papers/csi97>
- IMS. Instructional Management Systems del Global Learning Consortium. <http://www.imsproject.org/>
- INQUIRY ISLAND. Thinkertools of UC Berkeley. <http://thinkertools.soe.berkeley.edu/Pages/sciwise.html>
- LTSC. IEEE Learning Technology Standards Committee. <http://www.manta.ieee.org/groups/ltsc/> y <http://ltsc.ieee.org/>
- METALINKS. Adaptive Hyperbook Theory and Authoring Tool. <http://ddc.hampshire.edu/metalinks/>
- PALO. Proposal of an Educative Modelling Language. <http://sensei.lsi.uned.es/palo/>
- SCORM. ADL Sharable Content Object Reference Model Version 1.1. <http://www.adlnet.org/>
- SIMCALC. Tool for Mathematics. University of Massachusetts-Dartmouth. <http://www.simcalc.umassd.edu/simcalcframe.html>
- SIMFOREST. Simulation-based software to support inquiry learning. <http://ddc.hampshire.edu/simforest/>
- ACT\* y ACT-R. Teorías Cognitivas. <http://act-r.psy.cmu.edu/about/>
- THE EON PROJECT. Intelligent Tutoring Systems Authoring Tool. [http://helios.hampshire.edu/~tjmCCS/eon\\_www/eon.html](http://helios.hampshire.edu/~tjmCCS/eon_www/eon.html)

### Enlaces online

- ARCH Lab. George Mason University. <http://hfac.gmu.edu/>
- AUTOTUTOR . Tutoring Research Group. Universidad de Memphis. <http://www.autotutor.org>
- COLLIDE. Collaborative Learning in Intelligent Distributed Environments. University Duisburg-Essen. <http://www.collide.info>.
- EDULAB. Laboratorio de Educación y Nuevas Tecnologías. Universidad de La Laguna. <http://www.edulab ull.es>
- ELM-ART. Episodic Learner Model- Adaptive Remote Tutor. <http://www.psychologie.uni-trier.de:8000/elmart>

---

### ABOUT THE AUTHORS / SOBRE LOS AUTORES

**Carina S. Gonzalez** ([cjgonza@ull.es](mailto:cjgonza@ull.es)): Es Ingeniera Informática, siendo su principal área de interés en la investigación la aplicación de la IA e Interfaces Multimedia en la Educación, sobre la cual ha realizado la tesis doctoral y continúa trabajando en diversos proyectos de investigación. Su dirección postal es Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. C/ Delgado Barreto s/n CP 38204. La Laguna. Tenerife. España. Teléfono: +34 922319151.

Soledad González, C. (2004). Sistemas inteligentes en la educación: una revisión de las líneas de investigación y aplicaciones actuales. *RELIEVE*: v. 10, n. 1, p. 3-22.  
[http://www.uv.es/RELIEVE/v10n1/RELIEVEv10n1\\_1.htm](http://www.uv.es/RELIEVE/v10n1/RELIEVEv10n1_1.htm)

### ARTICLE RECORD / FICHA DEL ARTÍCULO

<b>Reference / Referencia</b>	González, Carina Soledad (2004). Sistemas Inteligentes en la Educación: Una revisión de las líneas de investigación actuales. <i>Revista ELectrónica de Investigación y EValuación Educativa</i> , v. 10, n. 1. <a href="http://www.uv.es/RELIEVE/v10n1/RELIEVEv10n1_1.htm">http://www.uv.es/RELIEVE/v10n1/RELIEVEv10n1_1.htm</a> . Consultado en (poner fecha).
<b>Title / Título</b>	Sistemas Inteligentes en la Educación: Una revisión de las líneas de investigación actuales. [ <i>Intelligent Systems in Education: A review of current research lines</i> ]
<b>Authors / Autores</b>	Carina Soledad González
<b>Review / Revista</b>	Revista ELectrónica de Investigación y EValuación Educativa (RELIEVE), v. 10, n. 1
<b>ISSN</b>	1134-4032
<b>Publication date / Fecha de publicación</b>	2004 ( <b>Reception Date</b> : 2003 Oct 27; <b>Approval Date</b> : 2004 March 30; <b>Publication Date</b> : 2004 April 5)
<b>Abstract / Resumen</b>	<p><i>In this paper we presented the main applications of IA in Education, such as Intelligent Tutorial Systems, Adaptive Hipermedia Systems and Computer Support for Collaborative Learning (CSCL). We will see what it are, which are the main problems of design and techniques used in the adaptation process of the system to the user. Finally, we will refer to the central areas of research and development at this moment.</i></p> <p>En este artículo se desea realizar un recorrido por las principales aplicaciones de la IA en la Educación, tales como los Sistemas Tutoriales Inteligentes y Sistemas de Enseñanza Inteligentes Distribuidos a través de Internet. Veremos qué son, cuáles son las principales cuestiones que se plantean en su diseño y qué técnicas se utilizan para crear el proceso de adaptación del sistema al usuario. Finalmente, enumeraremos y describiremos las principales líneas de investigación que actualmente centran la atención de los profesionales de este campo</p>
<b>Keywords / Descriptores</b>	<i>Artificial Intelligence, Intelligent Tutorial Systems, Hypermedia, Adaptive Interfaces</i> Inteligencia artificial, Sistemas tutoriales inteligentes, Hipermedia, Interfaces Adaptativas.
<b>Institution / Institución</b>	Universidad de La Laguna (España)
<b>Publication site / Dirección</b>	<a href="http://www.uv.es/RELIEVE">http://www.uv.es/RELIEVE</a>
<b>Language / Idioma</b>	Español (Title, abstract and keywords in english )

## Revista ELectrónica de Investigación y EValuación Educativa (RELIEVE)

[ ISSN: 1134-4032 ]

© Copyright, RELIEVE. Reproduction and distribution of this articles it is authorized if the content is no modified and their origin is indicated (RELIEVE Journal, volume, number and electronic address of the document).

© Copyright, RELIEVE. Se autoriza la reproducción y distribución de este artículo siempre que no se modifique el contenido y se indique su origen (RELIEVE, volumen, número y dirección electrónica del documento).