

AMBIENTE INTELIGENTE DISTRIBUIDO DE APRENDIZAJE: INTEGRACIÓN DE ITS Y CSCL POR MEDIO DE AGENTES PEDAGÓGICOS

DEMETRIO ARTURO OVALLE*
JOVANI ALBERTO JIMÉNEZ**

RESUMEN

En este artículo se describe inicialmente el marco teórico de referencia enmarcado en los Ambientes Inteligentes Distribuidos de Aprendizaje (DILE), Sistemas Tutoriales Inteligentes (ITS), Ambientes Colaborativos de Aprendizaje Apoyados en Computador (CSCL) y Sistemas Multiagente (MAS) Pedagógicos; para luego presentar el Ambiente Multiagente de Enseñanza/Aprendizaje ALLEGRO. Además de integrar las anteriores áreas de investigación de la Inteligencia Artificial Distribuida (DAI), ALLEGRO fundamenta su paradigma instruccional en tres modelos pedagógicos: el conductismo, el cognitivismo (cognición distribuida y aprendizaje basado en problemas) y la teoría histórico-social. La validación fue realizada con diversos casos de estudio en el dominio de gráfica digital para cursos de postgrado en arquitectura.

PALABRAS CLAVE: ambientes inteligentes distribuidos de aprendizaje; sistemas tutoriales inteligentes; ambientes colaborativos de aprendizaje apoyados en computador; sistemas multiagentes pedagógicos; inteligencia artificial en educación.

ABSTRACT

In this article we start describing the theory inside the Distributed Intelligent Learning Environment (DILE), Intelligent Tutorial Systems (ITS), Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL), and Multi-Agent Pedagogical Systems (MAS); therefore, we can present the Multi-Agent Teaching/Learning system

* Ingeniero de Sistemas y Computación, Universidad de los Andes. Doctorat en Informatique, Université Joseph Fourier, Francia. D.E.A. en Informatique, Institut National Polytechnique de Grenoble. Profesor Escuela de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Grupo Gidia. dovalle@unal.edu.co

** Licenciado en Docencia de Computadores, Universidad de Medellín. Magíster en Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia. Doctor en Ingeniería, Sistemas e Informática, Universidad Nacional de Colombia. Profesor Escuela de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Grupo Gidia. jajimen1@unal.edu.co

called ALLEGRO. Besides of putting all the areas mentioned and those regarding the research of Distributed Artificial Intelligence (DAI) together, ALLEGRO fundamentes its instructional paradigm in three pedagogical models: conductive, cognitive (distributed cognition and problem-based learning) and the social-historical theory. The validation was made through studying different cases handling digital graphics for graduate courses on Architecture majoring.

KEY WORDS: distributed intelligent learning environment; intelligent tutoring systems; computer-supported collaborative learning; pedagogic multi-agent systems; artificial intelligence in education.

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología informática y, en especial, la aparición y expansión de la red Internet han cambiado la forma de percibir, apreciar y aprender la realidad, dado que se sobrepasan los límites antes impuestos por la distancia, el tiempo y la cultura (Collis, 1996; Verdejo y Davies, 1997); es así como asistimos a una revolución que solo encuentra un símil en la aparición de la imprenta y en la democratización de los flujos de información que ella originó (Caro, 2002).

Estas tecnologías conducen a un cambio de paradigmas en las formas y métodos de presentar, almacenar y comunicar la información y los conocimientos, ya que además de proveer un sustento para los métodos tradicionales de enseñanza se configuran como verdaderos laboratorios de experimentación e interacción entre generadores y usuarios del conocimiento (Vicari *et al.*, 2005).

La informática como herramienta de apoyo en la educación requiere, por tanto, un proceso proactivo y simultáneo de adquisición, análisis, reflexión e interpretación de la información, de tal forma que esta se convierta en conocimiento (Ausubel, 1963).

De lo anterior se deriva la necesidad de romper y sobrepasar esquemas propios de las primeras aplicaciones de apoyo a la educación, como los sistemas virtuales y los multimedios, que no garantizan la excelencia en la formación, a pesar de que proveen posibilidades más amplias que las de un simple

libro animado. Los anteriores ejemplos se limitan a ofrecer contenidos, incluso de manera agradable y distribuida. Sin embargo, no son aplicaciones flexibles ni autónomas, es decir, no toman la iniciativa y, lo más importante, no adaptan la instrucción a las necesidades específicas de cada uno de los alumnos (Tyler, 1975; Carbonell, 1970).

La inteligencia artificial (AI) en la educación constituye un campo de interés creciente, donde se trata básicamente de aportar en la formulación y aplicación de técnicas al desarrollo de sistemas que soporten los procesos de enseñanza y de aprendizaje asistidos por computador con el propósito de construir sistemas más inteligentes (Carbonell, 1970; Murray, 1999; Andriessen y Sandberg, 1999). El término "inteligente" utilizado en estos sistemas queda determinado fundamentalmente por su capacidad de adaptación continua a las características del aprendizaje y del conocimiento de los diferentes usuarios (Wenger, 1987).

El presente trabajo se focaliza en el uso de técnicas de AI con el objetivo de mejorar algunos procesos de enseñanza y de aprendizaje. Nuestra motivación es suministrar un nuevo género de Ambientes Inteligentes Distribuido de Aprendizaje, integrando las bondades de los Sistemas Tutoriales Inteligentes y los Ambientes Colaborativos de Aprendizaje por medio de los atributos de los agentes pedagógicos de software. El capítulo 2 presenta el marco de referencia. En el capítulo 3 se explica el Ambiente Multiagente de Enseñanza/Aprendizaje ALLEGRO; en el capítulo 4 se exponen las conclusiones.



2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EDUCACIÓN

Uno de los mayores problemas en los sistemas tradicionales de aprendizaje asistidos por computador es la dificultad de suministrar una enseñanza individualizada adaptada a las necesidades y características específicas del alumno. Este problema crece con la explosión de la Internet y el surgimiento exponencial de estos sistemas que han comenzado a soportar la enseñanza a distancia mediada por computador, también conocida con el nombre de “educación virtual”. Algunos de estos sistemas se conocen comercialmente con el nombre de Sistemas de Gerenciamiento del Aprendizaje (LMS por su sigla en inglés).

También existen los Ambientes Inteligentes Distribuidos de Aprendizaje (DILE), que son sistemas más especializados que utilizan técnicas de la AI para conseguir mayores ventajas con relación a los LMS (Akhras y Self, 2002). A continuación se describen las características esenciales de los DILE y de otros sistemas educativos computarizados que utilizan técnicas de la AI.

2.1 Ambientes Inteligentes Distribuidos de Aprendizaje

Los Ambientes Inteligentes Distribuidos de Aprendizaje se forman por una configuración de ambientes de enseñanza y de aprendizaje caracterizados por el uso de una arquitectura distribuida. Esta arquitectura se plasma como una excelente alternativa de solución para la enseñanza a distancia, además de presentar ventajas sobre los sistemas tradicionales, que poseen sus recursos de enseñanza en forma centralizada (Silveira, 2001).

La tendencia de los DILE tiene razones tanto computacionales como educativas, es decir, pueden ser explicados en términos de una nueva comprensión de la psicología del aprendizaje, de la reconocida dificultad en la construcción de sistemas tutoriales y del enfoque de la enseñanza centrada en el alumno (Self, 1992).

Estos ambientes tienen la tarea de captar una muestra suficientemente grande de las características cognitivas del alumno; analizar, describir e indexar la manera más apropiada para convertir esta muestra en un conjunto de experiencias de aprendizaje coherentes y acumulativas dirigiendo una participación preactiva o relativa, generando experiencias de aprendizaje. Percibe las anteriores experiencias en términos de variables de una interfaz apropiada para el alumno (Silveira, 2001).

Los DILE se caracterizan por ofrecer esencialmente tres atributos (Jiménez, 2006):

- **Adaptación.** El contenido de la instrucción se moldea continuamente de acuerdo con las necesidades específicas y las preferencias del alumno (Yasmine *et al.*, 2004).
- **Flexibilidad.** El alumno utiliza indistintamente cualquier metodología para su aprendizaje, como la individualizada o la colaborativa (Ramachandran *et al.*, 2004).
- **Autonomía.** El ambiente toma la iniciativa (proactividad) para realizar acciones pedagógicas sin la intervención de los humanos, con el propósito de que el alumno logre los objetivos de instrucción; también se refiere a la manera como el sistema evoluciona de manera independiente sin la necesidad de expertos humanos (Blanchard y Frasson, 2004; Giraffa y Vicari, 1998).

2.2 Sistemas Tutoriales Inteligentes

Los Sistemas Tutoriales Inteligentes (ITS) son ambientes computacionales que están diseñados para impartir instrucción y apoyar inteligentemente los procesos de enseñanza y de aprendizaje mediante la interacción con el alumno (Vicari, 1990; Ovalle y Jiménez, 2004). También reciben los nombres de Materiales Educativos Computarizados Inteligentes (Rueda, 1992) o Instrucción Inteligente Asistida por Computador (Carbonell, 1970; Andriessen y Sandberg, 1999; Silveira, 2001). Se les da el calificativo de “inteligentes” para contrastarlos con los sistemas tradicionales de instrucción asistida por computador,

siendo la diferencia el uso de técnicas de la AI (Larkin y Chabay, 1992).

Estos sistemas representan herramientas pedagógicas más avanzadas y suministran más experiencias de aprendizaje individualizado, lo que permite que los procesos de enseñanza y de aprendizaje sean más adaptables a las necesidades específicas o al nivel de aprendizaje de cada alumno; esto se logra por medio de la construcción y análisis que reflejan los aspectos cognoscitivo y de comportamiento.

Los ITS generan un plan instruccional basado en las necesidades del alumno, las unidades básicas de aprendizaje y los objetivos instruccionales. Este plan se diseña para identificar y definir los métodos que ayudarán al estudiante a adquirir el conocimiento. Es constantemente replanificado de acuerdo con los hallazgos encontrados en el alumno.

Los ITS son flexibles debido a que aprenden del ambiente para modificar sus conocimientos (Vicari, 1990; Vicari y Giraffa, 1996). Manejan algún tipo de experiencia sobre el dominio que se espera enseñar. Pueden razonar acerca del dominio, solucionar problemas, evaluar (Guzmán y Conejo, 2004), detectar errores, brindar sugerencias, ejemplos, simulaciones, recomendaciones y explicaciones o mostrar la traza de sus inferencias (Lelouche y Thoan, 2003), de la misma forma como lo hace un tutor humano (Ainsworth y Fleming, 2006).

La arquitectura genérica de un ITS comprende cuatro módulos (Jiménez, 2006):

- *Módulo tutor.* Es el encargado de guiar el proceso de enseñanza-aprendizaje, decide qué acciones pedagógicas realiza, cómo y cuándo.
- *Módulo experto.* Es el componente que provee el dominio del conocimiento que se pretende enseñar.
- *Módulo alumno.* Representa la imagen que el sistema tiene sobre las características de aprendizaje del alumno (Creer, 1999; Elorriaga, 1998), administra su información individualizada, su comportamiento (Limoanco y Sison, 2003), sus

limitaciones, dificultades y motivaciones; para hacer posible formular hipótesis con el propósito de replanificar la instrucción (Ovalle y Jiménez, 2004; Virvou *et al.*, 2003; Laureano y Arriaga, 2001).

- *Módulo interfaz.* Se encarga de manejar las interacciones entre el sistema y los usuarios permitiendo la comunicación con los módulos del ITS y entre el grupo de usuarios (Suebnekern y Haddawy, 2004).

2.3 Ambientes Colaborativos de Aprendizaje Apoyados en Computador

Los Ambientes Colaborativos de Aprendizaje Apoyados en Computador (CSCL) se definen como los métodos instruccionales que buscan promover el aprendizaje por medio del esfuerzo colaborativo entre alumnos en una determinada tarea de aprendizaje, suministrando un ambiente que aviva y enriquece el proceso, donde el alumno interactúa con otros colaboradores para resolver un problema (Kumar, 1998). Estos ambientes se derivan del campo de investigación de los Ambientes Colaborativos de Trabajo Apoyados en el Computador (CSCW), se refieren a un grupo de personas que trabajan conjuntamente en un mismo ambiente laboral, propiciando la colaboración con la ayuda de los computadores. La diferencia entre el CSCW y el CSCL es evidente, el propósito de éste es que los alumnos logren obtener un conocimiento en grupo, en vez de buscar la eficiencia en el trabajo (Okamoto *et al.*, 2001). Dependiendo del grupo de trabajo, la segunda C de la abreviatura puede entenderse como Cooperativo o Colaborativo (Collazos, 2004). La palabra cooperación se refiere a la búsqueda de una meta común mediante la división de tareas, mientras que la palabra colaboración hace referencia al logro de un objetivo compartiendo tareas (Johnson y Johnson, 1989; Ellis *et al.*, 1991).

Los CSCL permiten propiciar clases virtuales, las que no necesariamente requieren la presencia física de los participantes; ellos desde sus oficinas o sus hogares pueden participar en sus cursos y



ahorran de esa forma tiempo y dinero, debido a que no tienen que desplazarse con frecuencia a los sitios de estudio, que pueden estar ubicados en otras ciudades o países; incrementan así la capacidad de poder comunicarse entre ellos, expresar sus opiniones y apropiarse del conocimiento (Ovalle y Jiménez, 2004; Soh *et al.*, 2004).

En un escenario colaborativo es necesario que se den tres elementos clave (Johnson y Johnson, 1978):

- Igual participación
- Responsabilidad individual
- Interdependencia positiva

La noción de aprendizaje colaborativo se considera en un espacio tridimensional con los siguientes tres ejes (Dillenbourg, 1999):

- La escala de la situación colaborativa en términos de la cantidad de personas implicadas
- Lo que se desea aprender.
- Las aplicaciones para soportar la colaboración.

Se pueden identificar los siguientes tipos de aplicaciones (Ellis *et al.*, 1991; Kosoresow y Kaiser, 1998):

- *Interacción cara a cara.* Implica el mismo tiempo y el mismo lugar. Pueden dividirse en varias categorías: pantalla compartida para explicaciones, herramientas con respuesta de la audiencia, estaciones de trabajo con envío de texto, entornos de conversación y tormentas de ideas (Ortega y Bravo, 1998).
- *Interacción asíncrona centralizada.* Implica el mismo lugar pero diferente tiempo. Un ejemplo de esta aplicación es el foro de debate dispuesto en un computador donde las personas aportan comentarios.
- *Interacción sincrónica distribuida.* Implica el mismo tiempo pero diferente lugar. Ejemplos de estas aplicaciones son los editores sincrónicos distribuidos, los entornos de trabajo, el *chat* y la videoconferencia.

- *Interacción asíncrona distribuida.* Implica diferente tiempo y diferente lugar. Ejemplos de estas aplicaciones son el correo electrónico, foros de debate, grupos de interés o noticias y comunidades en la red (Kreijns *et al.*, 2005).

2.4 Agentes pedagógicos

El concepto de agente de software se remonta a la década de los 70 con el modelo de "Actor Concurrente" propuesto por Hewitt (1977). De este modelo se deriva el concepto de agente autónomo, interactivo y ejecutor-concurrente. Tenía cierto estado interno encapsulado y podía responder a los mensajes de otros objetos similares (Hewitt, 1977). Originariamente se describía a los agentes de software como "actores", luego fue Minsky (1986) quien acuñó la palabra "agente".

De acuerdo con varios autores (Marcenac y Giroux, 1998; Sycara *et al.*, 1996) se puede concluir que falta una definición formal para los agentes de software. La noción actual es aquella según la cual los agentes de software son programas que actúan en representación de sus usuarios humanos o dueños para realizar tareas complicadas de manejo de información (Gómez, 2003; Green *et al.*, 1997), se comunican por medio del protocolo de paso de mensajes y realizando sus acciones concurrentemente (Hewitt, 1977). Poseen propiedades como autonomía, habilidad social, reactividad, proactividad (Gomes *et al.*, 2004; Wooldridge y Jennings, 1995), movilidad, continuidad temporal, adaptabilidad y aprendizaje (Chiariglione, 2001; Jennings y Wooldridge, 1998; Nwana, 1996). Habitan en ciertos ambientes dinámicos y complejos, percibiendo y actuando de manera autónoma (Russell y Norving, 2003) para adaptarse al ambiente (Wooldridge, 1999; Maes, 1996); mediante lo anterior, realiza una serie de tareas o metas para las cuales fueron diseñados (Gomes *et al.*, 2004; Nwana, 1996; Franklin y Graesser, 1996). Los agentes de software pueden representar conocimiento pedagógico o desempeñar tareas de tutoría (Giraffa y Vicari, 1998) para soportar y facilitar el aprendizaje humano (Johnson y Rickel, 1998). A este tipo de agentes se les denomina "agentes pedagógicos".

Los agentes pedagógicos pueden adaptar sus interacciones instruccionales a las necesidades de los que aprenden y al estado actual del ambiente de aprendizaje, ayudándoles en la superación de sus dificultades y en el aprovechamiento de las oportunidades de aprendizaje. Poseen un conjunto de metas de enseñanza, planes instruccionales para la ejecución de esas metas (por ejemplo, estrategias pedagógicas o de enseñanza) y recursos asociados en los ambientes de aprendizaje (Giraffa y Vicari, 1998). Colaboran con los alumnos y con otros agentes, proporcionando realimentación continua durante las sesiones de trabajo (Alfaro, 2002).

Los DILE utilizan conjuntos de agentes semiautónomos debido a que la naturaleza de los problemas de enseñanza y de aprendizaje se resuelven más fácilmente con un abordaje cooperativo (Oliveira y Vicari, 1996).

3. AMBIENTE MULTIAGENTE DE ENSEÑANZA/ APRENDIZAJE ALLEGRO

El Ambiente Multiagente de Enseñanza Aprendizaje ALLEGRO es un ambiente inteligente distribuido formado, de una parte, por un ITS que permite brindar aprendizaje en forma individualizada y, de otra, por un CSCL que ofrece aprendizaje en modo colaborativo. El ambiente fue modelado mediante el enfoque de un MAS (figura 1), para validar los atributos propios de los DILE (Jiménez, 2006): autonomía, flexibilidad y adaptabilidad. El nombre de ALLEGRO surgió por el acorde, armonía y viveza de los elementos que lo integran.

Hibernate	Agentes	Interfaz Web
Spring Framework		
Servidor de Aplicaciones Tomcat		
Sistema Operativo		

Figura 1. Diseño de la estructura de la plataforma

3.1 Paradigma instruccional

ALLEGRO fundamenta su paradigma instruccional en tres teorías de aprendizaje: conductismo, cognitivismo (cognición distribuida y aprendizaje basado en problemas-PBL) e histórico-social.

Por su parte, los ITS (uno de los componentes del MAS Pedagógico ALLEGRO) cimientan su modelo instruccional en los paradigmas conductistas y cognitivistas. Este tipo de ambiente trata de convertir al alumno en experto del dominio que se está tratando. Para lograrlo realizan un plan que constantemente se modifica, de conformidad con el avance que haya logrado o con las dificultades que haya tenido. Su propósito es el de tratar de simular un buen maestro en su labor de enseñanza, resaltando la capacidad de planear los objetivos para lograr en cada etapa o sesión de aprendizaje, detectar vacíos de conocimiento en el estudiante y utilizar estrategias pedagógicas eficaces y oportunas.

El alumno cumple un papel activo, debido a que está en continua interacción con el sistema tratando de aclarar dudas, reforzando conocimientos, sin tratar de pensar mucho acerca del programa en sí mismo. Este tipo de aprendizaje es lo que explica el conductismo, es decir, el aprendizaje de procedimientos, donde se proponen unos objetivos de adquisición del conocimiento en forma secuencial para que el alumno los logre en determinadas sesiones de aprendizaje o clases (Skinner, 1954).

Cuando un alumno explora el ambiente del ITS va adquiriendo unos conocimientos de un dominio específico, los cuales modifican el conocimiento que ya tenía almacenado en sus estructuras mentales. Apoyados en los recursos de la AI y los multimedios, los ITS son herramientas que motivan al alumno para que continúe su búsqueda de más conocimientos, con el propósito de que los adquiera, los organice y los asimile (figura 2). Este avance ocurre según su ritmo de aprendizaje. De esta forma los que aprenden se convierten en constructores de su propio conocimiento y consiguen un aprendizaje más efectivo, porque se convierten en partícipes activos en su proceso formativo (Harskamp y Suhre, 2006; Piaget, 1979).

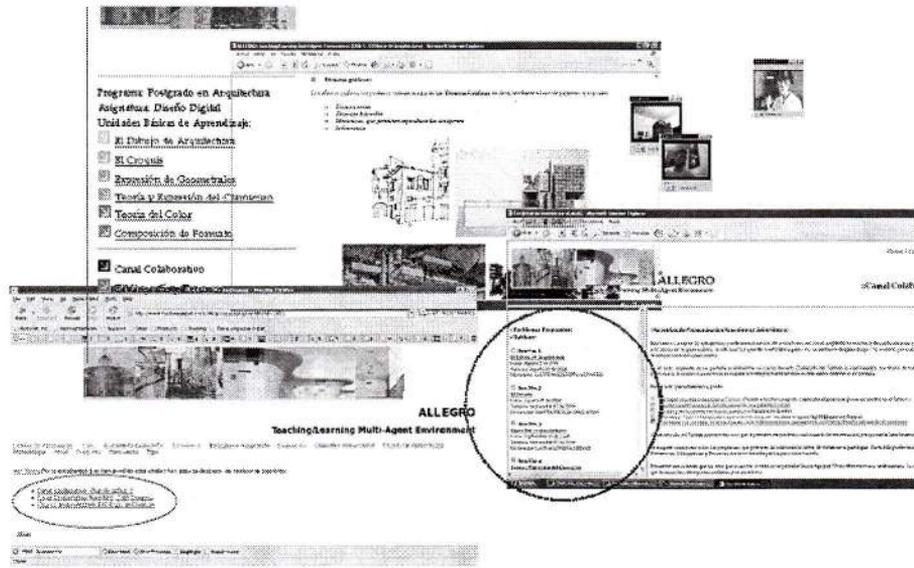
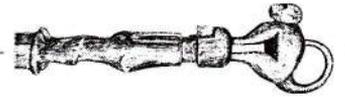


Figura 2. Ambiente Multiagente de Enseñanza/Aprendizaje ALLEGRO

Por otro lado, los CSCL (otro de los componentes del MAS Pedagógico ALLEGRO) basan su modelo instruccional en la interacción social y la motivación para buscar y apropiarse de nuevos conocimientos a las estructuras mentales existentes.

A medida que los alumnos logran modificar sus estructuras mentales con el nuevo conocimiento, el grupo como conjunto también tiene éxito debido a que se han ayudado mutuamente para solucionar los problemas de un dominio planteado; se logra que los alumnos se apropien de lo que desean conocer, lo organicen y marchen más allá, gracias a la cohesión social, coordinados por un docente, y sin importar sus limitaciones de espacio y tiempo (Vygotsky, 1978; Lave, 1998).

La aparición de los computadores enlazados en red, y especialmente la red Internet, ha propiciado el desarrollo de los CSCL en los cuales existe una gran cantidad de oportunidades para la colaboración, la cooperación y la discusión. La discusión tiene como objetivo lograr que el alumno aprenda a definir un punto de vista y a defenderlo en un diálogo continuo con los otros participantes en un ámbito compartido. Los aportes de los alumnos a los problemas propuestos en la memoria común

del CSCL, conocida como memoria global, se dan de acuerdo con el conocimiento que cada uno de ellos posee para tratar de solucionarlos. Los participantes pueden estar distribuidos en diversos lugares. Este tipo de aprendizaje lo explican las teorías del cognitivismo (cognición distribuida y aprendizaje basado en problemas) y la histórico-social (Hutchins, 1990; REM, 1998; Samford, 2005).

3.2 Arquitectura

La arquitectura del MAS Pedagógico ALLEGRO (figura 3) está formada por dos tipos de agentes (humanos y de software). A continuación se presenta una descripción de las funciones que realiza cada uno de ellos dentro del ambiente (Jiménez *et al.*, 2005):

- *Agentes humanos.* Estos agentes pueden comunicarse entre sí para buscar una meta común mediante la división de tareas o para lograr un objetivo compartiéndolas. Se clasifican en tres grupos:
 - *Alumno.* Persona que desea aprender de un dominio específico. Recibe las instrucciones que brindan el docente y el asistente de docencia para trabajar en grupo. También se conoce con los nombres de aprendiz o estudiante.

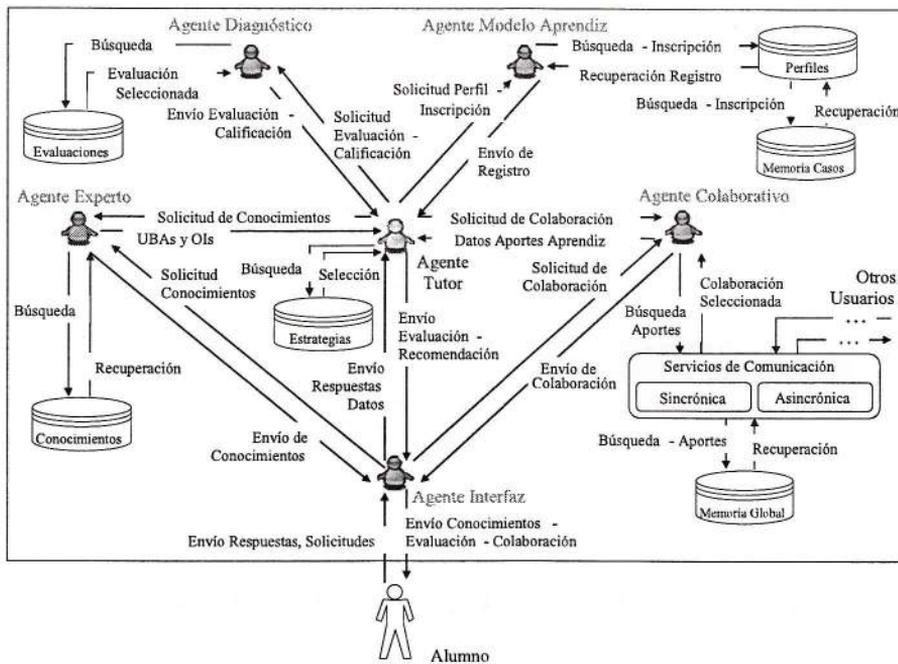


Figura 3. Arquitectura del MAS Pedagógico

- Asistente de docencia. Es el encargado de gestionar una sesión de aprendizaje, se encarga de elaborar y dar a conocer la agenda de trabajo; sugiere bibliografía o recursos pedagógicos relacionados con la unidad de estudio. Al final de un foro se ocupa de depurar (recopilar) los aportes más significativos publicados en la memoria global, los da a conocer a los demás integrantes en una plenaria y los publica a manera de conclusiones. El asistente de docencia también es conocido con los nombres de monitor, ayudante, auxiliar o moderador.
- Docente. Es el profesor humano; tiene como función acompañar a los alumnos en su proceso formativo, supervisando el aprendizaje, inspeccionando los logros y dificultades; con su actitud positiva brinda recomendaciones individuales y en grupo, registra los resultados de las evaluaciones. Interviene cuando una sesión de aprendizaje se ha salido de la trayectoria normal, brinda bibliografía a los estudiantes y al asistente de docencia. Es el encargado de programar las

unidades básicas de aprendizaje, lo mismo que los problemas propuestos.

La figura 3 presenta “otros usuarios” para referirse a la combinación de docentes, asistentes de docencia, alumnos y expertos invitados que estudian la misma temática en un mismo lapso.

- *Agentes de software.* Son agentes informáticos encargados de realizar labores para su dueño dentro de la arquitectura, en este caso, tareas de tipo pedagógico, que son su componente cognitivo, así como mostrar un comportamiento determinado. Se presentan seis tipos (Vicari et al., 2005):
 - Tutor. Es el encargado de guiar el proceso de aprendizaje, decide las acciones pedagógicas para realizar, cómo y cuándo.
 - Modelo del alumno. Es el encargado de gerenciar el modelo de aprendizaje del alumno. Este modelo comprende el estilo de aprendizaje, comprensión de los temas, limitaciones y nivel de conocimientos del alumno.
 - Interfaz. Es el puente entre los agentes humanos y los agentes de software.



- Experto. Es quien administra el conocimiento y contenidos del área o tema específico de enseñanza.
- Diagnosticador. Es el encargado de seleccionar y calificar el nivel de conocimientos del alumno.
- Colaborativo. Por solicitud del agente tutor, se encarga de buscar a otros alumnos que están tratando el mismo tema y con los cuales se puede establecer comunicación sincrónica o asincrónica para ofrecerle colaboración al alumno que la necesita.
- *Módulo dominio.* Contiene y administra el conocimiento y contenidos del área o tema específico de enseñanza.
- *Módulo tutor.* Tiene funciones pedagógicas. Se encarga de guiar el proceso de enseñanza/aprendizaje. Decide qué acciones pedagógicas realiza, cómo y cuándo. Es el encargado de tener el control sobre el sistema cuando sea necesario.
- *Módulo estudiante.* Maneja la información individualizada sobre cada uno de los estudiantes, por ejemplo, su nivel de aprendizaje y los errores cometidos, con el propósito de formular hipótesis para replanificar su modelo de aprendizaje.
- *Módulo evaluación.* Su propósito es medir el estado del conocimiento del alumno de acuerdo con el avance realizado.

3.3 Sistema Tutorial Inteligente

El ITS dentro del Ambiente Multiagente de Enseñanza/Aprendizaje ALLEGRO se encarga de suministrar enseñanza en forma individualizada. Se constituye por cinco módulos (figura 4):

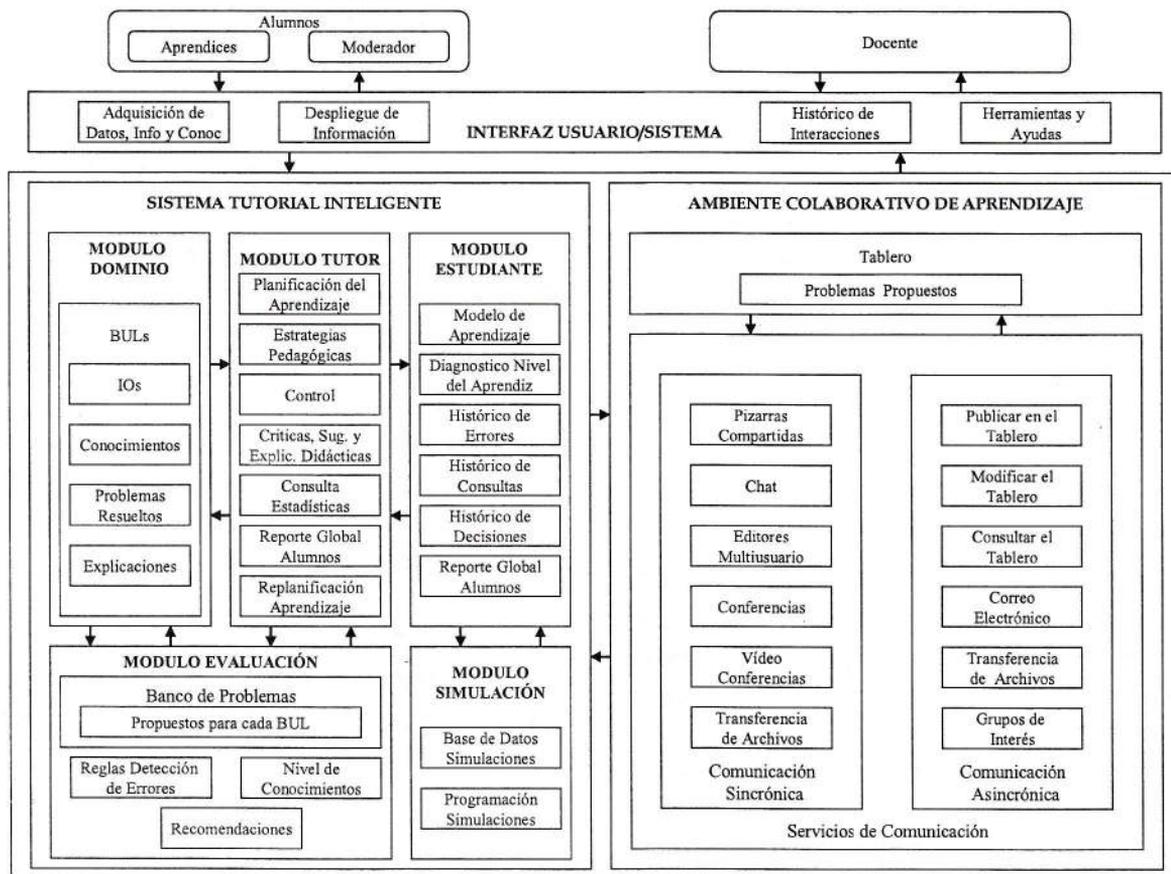


Figura 4. Componentes del Modelo de MAS para entornos integrados de ITS y CSCL

- *Módulo simulación.* Se encarga de mostrar la forma de solucionar un problema o proceso físico.

3.4 Ambiente colaborativo de aprendizaje

El CSCL dentro de Ambiente Multiagente de Enseñanza/Aprendizaje ALLEGRO se encarga de promover la enseñanza/aprendizaje por medio del esfuerzo colaborativo entre los usuarios en las sesiones de aprendizaje. Suministra un contexto que fomenta y enriquece el proceso, en el cual el alumno interactúa con los otros usuarios para solucionar un problema. Se compone de dos elementos: memoria global (tablero) y servicios de comunicación (figuras 4 y 5).

- *Memoria global de problemas propuestos.* Tiene almacenado el banco de problemas propuestos y la agenda y aportes que brindan los estudiantes para solucionar estos problemas. Cada uno de estos problemas se sitúa en un nivel de complejidad diferente y tienen la característica de propiciar la interacción social, la discusión y la colaboración. Estos problemas son elaborados por el docente y el asistente de docencia. Para dar solución a cada uno de los problemas propuestos, los alumnos se pueden comunicar entre sí utilizando los servicios de comunicación, tanto en forma sincrónica como asincrónica. El docente observa los aportes publicados en la memoria global, dándose cuenta de su calidad, de la cantidad y del nivel de avance de los autores. El nivel de avance es determinado por el grado de acercamiento de los aportes a la solución de los problemas.

De acuerdo con la programación de la agenda elaborada por el asistente de docencia y el docente, al terminar el plazo para publicar aportes, el asistente de docencia presenta una síntesis o recopilación de los aportes más relevantes o los que resolvían el problema de una manera exitosa para luego publicarlos y, si es el caso, discutirlos de manera presencial en compañía del docente (figura 5).

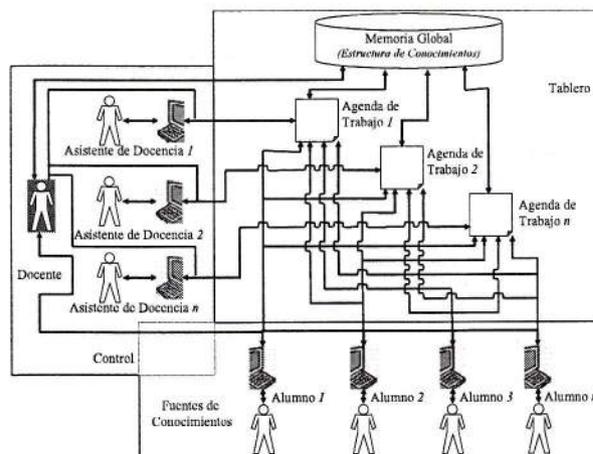


Figura 5. CSCL del Ambiente Multiagente de Enseñanza/Aprendizaje ALLEGRO

- *Servicios de comunicación.* Son componentes que permiten manejar la comunicación directa o indirecta entre los usuarios. Existen dos tipos:
 - Comunicación sincrónica. Permite al alumno interactuar directamente con los demás usuarios en tiempo real, utilizando el *chat*, las pizarras compartidas, los editores multiusuarios, la conferencia, la videoconferencia y la transferencia de archivos.
 - Comunicación asincrónica. Permite al alumno interactuar en forma indirecta con los demás usuarios sin que el tiempo sea factor relevante. Las herramientas utilizadas aquí son: correo electrónico, grupos de interés, envío y recepción de archivos. Los usuarios también pueden tener comunicación no directa por medio de la memoria global, haciendo consultas y publicaciones y modificando su contenido.

3.5 Interfaz usuario-sistema

La interfaz usuario-sistema es compartida, en ella los usuarios a medida que exploran el ITS pueden también utilizar el CSCL (figura 6). Es el soporte gráfico que permite la interacción de los usuarios con todos los módulos del modelo. Es la encargada de presentar y recibir la información y los conocimientos. Se apoya en los recursos técnicos



ofrecidos por los multimedia (gráficos, texto, sonido, animación, video, entre otros) y puede ser accedida con cualquier navegador de Internet. Se divide en cuatro elementos:

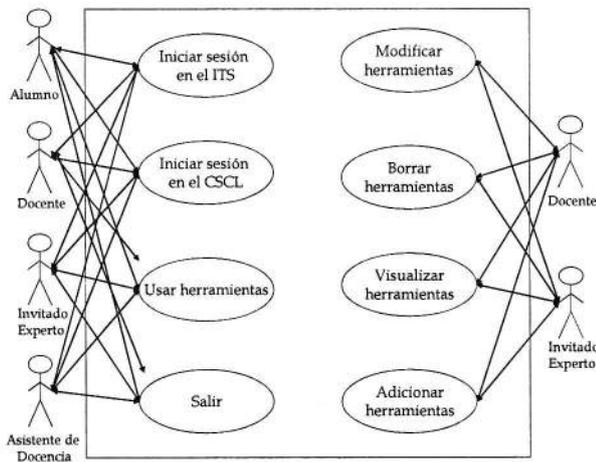


Figura 6. Casos de uso para los actores activos

- *Adquisición de datos, información y conocimientos.* Su función es tomar los datos, la información y los conocimientos que ingresan los usuarios por medio de la interacción con el teclado, los hipervínculos, los botones, íconos, ventanas y menús, entre otros.
- *Despliegue de información.* Muestra la información del contenido de las unidades de aprendizaje, lo mismo que el contenido de la memoria global.
- *Histórico de interacciones.* Guarda las interacciones que han realizado los usuarios, lo cual sirve para crear una ruta de navegación donde el usuario puede devolverse a las pantallas recorridas.
- *Herramientas y ayudas.* Son el conjunto de elementos (hipervínculos, botones, íconos, ventanas y menús, entre otros) que sirven para navegar por el sistema.

4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Para validar el Ambiente Multiagente de Enseñanza/Aprendizaje ALLEGRO se implementó un curso de gráfica digital en la Especialización en Diseño Multimedia ofrecida por la Escuela de Medios de Representación adscrita a la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia, en Medellín. El curso se configuró en dos grupos o ambientes de enseñanza/aprendizaje: uno que utilizaba ALLEGRO y el otro grupo con la manera tradicional. Ambos grupos estaban formados por 12 estudiantes. La duración del curso es de dos meses y el número de unidades básicas de aprendizaje (BUL) es de cuatro. El resumen de los ítems más relevantes evaluados puede verse en la tabla 1.

Al concluir el curso se evaluaron de manera presencial ambos grupos en conjunto. El resultado de la evaluación indicó que aquellos alumnos que utilizaron el entorno ALLEGRO presentaron mejores resultados, principalmente relacionados con las variables de memorización, lógica, abstracción, competencia lectora y razonamiento. Cabe resaltar que no se tuvieron en cuenta variables psicosociales.

De acuerdo con la comparación de los dos entornos de aprendizaje (tabla 1), se puede concluir que, desde la perspectiva pragmática de la consecución de unos objetivos de estudio, es más eficiente el uso de ambientes inteligentes distribuidos de aprendizaje, como lo es el caso de ALLEGRO.

Las dos mayores ventajas de ALLEGRO son su capacidad para suministrar enseñanza individualizada y colaborativa a la vez. Son dos procesos que, a pesar de ser antagónicos, son complementarios en educación. Para lograrlo, desde una perspectiva tecnológica, ALLEGRO utiliza el enfoque de los agentes pedagógicos. Dentro de su planificación y replanificación (figura 7), utiliza internamente la técnica de aprendizaje automático propia de la inteligencia artificial denominada razonamiento basado en casos (CBR).

Tabla 1. Comparativo del proceso de enseñanza/aprendizaje entre los dos grupos

Ítem evaluado	Grupo con enseñanza tradicional	Grupo que utilizó ALLEGRO
Número de personas	12	12
Tiempo promedio de estudio semanal	6 horas	4,5 horas
Tiempo promedio de uso de tecnología informática y de comunicaciones	0,5 horas	4,5 horas
Tiempo promedio dedicado a una unidad básica de aprendizaje (BUL)	12 horas	9 horas
Interacción con el docente durante el proceso	Poca o nula	Frecuente
Interacción con los demás compañeros de estudio	A veces	Frecuente
Interacción con otros protagonistas del proceso (experto invitado, egresados, otros profesores, entre otros)	Nulo	Frecuente
Motivación para buscar otras fuentes de información	Nula	Frecuente
Centro del proceso	Profesor	Estudiante
Flexibilidad dentro del proceso	Baja	Alta
Adaptación de los contenidos de acuerdo con las expectativas del alumno	Media	Alta
Planificación de las acciones de tutoría y contenidos	Baja	Alta
Replanificación de las acciones de tutoría y contenidos después de medir (evaluar) el proceso	Inexistente	Alta
Capacidad del entorno de aprendizaje para permitir repetir una evaluación insatisfactoria	Nula	Existente
Promedio de evaluaciones presentadas por BUL	1	2
Realimentación continua del nivel de aprendizaje y suministro de ayudas	Baja	Alta
Tutoría individualizada	Poca	Siempre
Origen de los contenidos	Centralizado	Distribuido
Capacidad para interactuar con los otros protagonistas del proceso sin importar el tiempo y el lugar	Poca	Alta
Paradigma pedagógico implementado	Tradicional, conductista	Conductista, cognitivista, histórico/social

El CBR intenta llegar a la solución de nuevos problemas de forma similar a como lo hacen los seres humanos, utilizando la experiencia acumulada hasta el momento en acontecimientos similares. Un nuevo problema se compara con los casos almacenados

previamente en la base de casos y se recuperan uno o varios. Después se utiliza y evalúa una solución sugerida por los casos que han sido seleccionados con anterioridad, para tratar de aplicarlos al problema actual.

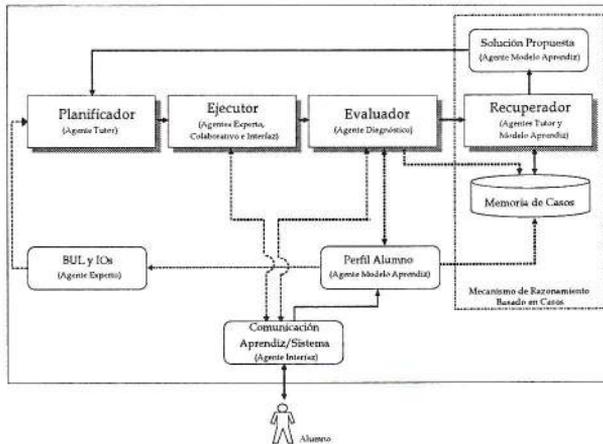


Figura 7. Modelo de planificación instruccional usando razonamiento basado en casos

Dados los anteriores resultados (tabla 1), se pretende implementar otros dominios de conocimientos, es decir, otras asignaturas. Estas asignaturas poseen la característica de tener un alto índice de deserción académica y de que se imparten a grupos de 140 personas o más en pregrado. Sería interesante mirar el comportamiento del proceso en estos dominios del conocimiento y con esa población numerosa. Dentro de las asignaturas se resaltan: cálculo I, química general, física y algoritmos y programación. Así mismo, se continuará con una nueva cohorte del curso de gráfica digital en posgrado.

5. CONCLUSIONES

En la actualidad se están produciendo grandes cambios en la forma en que las personas viven y aprenden, debido especialmente a los impresionantes avances en el campo de la informática y de las telecomunicaciones, lo que representa un nuevo desafío para los investigadores en el área de la inteligencia artificial en la educación.

Los resultados arrojados en dos casos de estudio utilizados para validar el Ambiente Multiagente de Enseñanza/Aprendizaje ALLEGRO demuestran el funcionamiento óptimo del entorno integrado ITS

y CSCL por medio de los agentes pedagógicos de software, logrando los tres atributos fundamentales: flexibilidad, autonomía y adaptabilidad. Lo anterior permite someter a prueba ideas educativas innovadoras con las que se enriquecen las ciencias de la computación y la educación.

Este trabajo representa un conjunto de importantes logros en el área de la inteligencia artificial en la educación, incidiendo favorablemente en el aprendizaje de los alumnos, debido a que permite brindarles enseñanza en forma individualizada, tal como lo hacen los ITS. En el momento en que el alumno considere necesaria la colaboración de los demás integrantes o cuando desee colaborarles a ellos, utiliza el ambiente colaborativo, con lo cual propicia la formación y el refuerzo de la adquisición de conocimientos en grupo.

Se hace necesario mencionar, frente al desafío de nuevas maneras de instrucción, la resistencia de algunos docentes para implementar las investigaciones y desarrollos del área de la AI en la educación. Es imperiosamente necesario innovar los métodos tradicionales de enseñanza/aprendizaje, pero antes debe hacerse una labor de concientización y formación computacional entre los docentes.

Sería interesante, como trabajo futuro, adicionar a ALLEGRO un nuevo agente encargado de buscar información personalizada (Information Recovery Software Agent) de acuerdo con la BUL de estudio para el aprendiz. También integrarle agentes emotivos (afectivos) y motivadores, los cuales están marcando la frontera de investigación dentro de los contextos de MAS pedagógicos. Así mismo, dentro del modelo de agente, resultaría innovador especificar el diseño mental BDI (Beliefs-Desires-Intentions). BDI se basa en la representación explícita de las creencias del agente, sus deseos y las intenciones del agente.

Todavía queda un largo camino por recorrer en el mejoramiento y perfeccionamiento de este tipo de ambientes de enseñanza/aprendizaje.

AGRADECIMENTOS

El trabajo descrito en este artículo es auspiciado por beca de Colciencias, en el marco del Programa de Apoyo a la Comunidad Científica Nacional por medio de los Programas de Doctorado Nacionales 2003.

BIBLIOGRAFÍA

- AINSWORTH, S. AND FLEMING, P. (2006). Evaluating authoring tools for teachers as instructional designers. En: *Computers in Human Behavior*, 22.
- ALFARO, L. (2002). Sistemas tutoriales inteligentes en ambientes de realidad virtual. En: *Memorias Congreso Latinoamericano de Sistemas, Informática, Telemática, Electrónica y Computación, CLASITEC-2002*.
- ANDRIESEN, J. and SANDBERG, J. (1999). Where is education and how about AI? En: *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10.
- AUSUBEL, D. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune and Stratton.
- BLANCHARD, E. and FRASSON, C. (2004). An autonomy-oriented system design for enhancement of learner's motivation in e-learning. En: *7th Intelligent Tutoring Systems, Maceió, Brasil*.
- CARBONELL, J. (1970). AI in CAI: An artificial intelligence approach to computer assisted instruction. En: *IEEE Trans. on Man-Machine*, 11.
- CARO, B. (2002). Estrategia de formación y cualificación de docentes. En: *Diplomado en Modelos de Enseñanza para el Aprendizaje con Mediación de NTIC*. Universidad de San Buenaventura, Medellín, Colombia.
- CHIARIGLIONE, L. (2001). FIPA: Foundation for Intelligent Physical Agents. En: *FIPA Board of Directors, Resolutions of the Osaka Meeting*.
- COLLAZOS, C. (2004). *Aprendizaje colaborativo apoyado por computador*. Universidad de Chile.
- COLLIS, B. (1996). *Tele-learning in a digital world*. Thomson Computer Press, Londres.
- DILLENBOURG, P. (1999). What do you mean by "collaborative learning"? En: *Collaborative learning: cognitive and computational approaches*. P. Dillenbourg (Eds.) *Advances in Learning and Instruction*.
- ELLIS, C.; GIBBS, S. and REIN, G. (1991). Groupware some issues and experiences. En: *Communications of the ACM*, Vol. 34, No. 1.
- ELORRIAGA, J. (1998). *Planificación de la instrucción en sistemas tutoriales inteligentes evolutivos desde un enfoque de razonamiento basado en casos*. Universidad del País Vasco. Tesis Doctoral.
- FRANKLIN, S. and GRAESSER, A. (1996). Is it an agent, or just a program?: a taxonomy for autonomous agents. En: *Proceedings of 3rd International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages Institute for Intelligent Systems*.
- GIRAFFA, L. and VICARI, R. (1998). The use of agents techniques on intelligent tutoring systems. En: *International Conference of the Chilean Society of Computer Science, Proceedings IEEE Computer Society*.
- GOMES, E.; BOFF, E. and VICARI, R. (2004). Social, affective, and pedagogical agents for the recommendation of tutorial colleagues in agent based learning environments. En: *Proceeding of Workshop Social and Emotional Intelligence in Learning Environments of 7th International Conference on ITS2004, Maceió, Brasil*.
- GÓMEZ, J. (2003). Metodologías para el desarrollo de sistemas multi-agente. En: *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial No. 18*, p. 51-63.
- GREEN, S.; HURST, L.; NANGLE, B.; CUNNINGHAM, P.; SOMERS, F. and EVANS, R. (1997). Software agents: a review. En: *Distributed agent technology: an overview*.
- GREER, C. (1999). *Student models: The key to individualized educational systems*. Springer Verlag.
- GUZMÁN, E. and CONEJO, R. (2004). A model for student knowledge diagnosis through adaptative testing. *Proceedings: 7th International Conference Intelligent Tutoring Systems, ITS2004, Maceió, Brasil*.
- HARSKAMP, E. and SUHRE, C. (2006). Improving mathematical problem solving: A computerized approach. En: *Computers in Human Behavior*, 22.
- HEWITT, C. (1977). Viewing control structures as patterns of passing messages. En: *Artificial Intelligence*, Vol. 8, No. 3, 323-364.
- HUTCHINS, E. (1990). The technology of team navigation. En: J. Galegher *et al.* (Eds.) *Intellectual teamwork-social and technological foundations of cooperative work*, Hillsdale.
- JENNINGS, N. and WOOLDRIDGE, M. (1998). Applications of intelligent agents. En: *Agent technology: foundations, applications, and markets*. Springer-Verlag, p. 7-28.
- JIMÉNEZ, J. (2006). *Un modelo de planificación instruccional usando razonamiento basado en casos en*



- sistemas multi-agente para entornos integrados de sistemas tutoriales inteligentes y ambientes colaborativos de aprendizaje. Universidad Nacional de Colombia. Tesis Doctoral.
- JOHNSON, D. and JOHNSON, R. (1978). Cooperative, competitive and individualistic learning. *Journal of Research and Development in Education*, Vol. 12.
- JOHNSON, D. and JOHNSON, R. (1989). Cooperation and competition: theory and research. Edina, MN: Interaction Book Company.
- JOHNSON, L. and RICKEL, J. (1998). Pedagogical agents. En: *International Conference on Autonomous Agents. Proceedings of the 3rd Annual Conference on Autonomous Agents*. Seattle, Estados Unidos.
- KOSORESOW, A. and KAISER G. (1998). Using agents to enable collaborative work. En: *IEEE Internet Computing*.
- KREIJNS, K.; KIRSCHNER, P.; JOCHEMS, W. and BUUREN, H. (2005). Measuring perceived sociability of computer-supported collaborative learning environments. En: *Computers & Education*, en proceso de edición.
- KUMAR, V. (1998). Computer-supported collaborative learning: issues for research. Department of Computer Science, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada. Disponible en: <<http://www.sfu.ca/~vivek/personal/papers/CSCLIssuesForResearch.pdf>>. Último acceso: julio de 2004.
- LARKIN, J. and CHABAY, R. (1992). Intelligent tutoring systems and computer assisted instruction: shared issues and complementary approaches. Hillsdale, N. J., Erlbaum.
- LAUREANO, A. and ARRIAGA, F. (2001) Techniques of design in intelligent teaching systems. En: *University Digital Journal* Vol. 2, No 1.
- LAVE, J. (1998). Cognition in practice: mind, mathematics and culture in everyday life (*Learning in doing*): Cambridge University Press.
- LELOUCHE, R. and THOAN, T. (2003). Using a framework in the development of an intelligent tutoring system. En: *IEEE International Conference on Information Reuse and Integration IRI'03*, Las Vegas, Estados Unidos.
- LIMOANCO, T. and SISON, R. (2003). Learner agents as student modeling: design and analysis. En: *IEEE Computer Society. Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT'2003*, Los Alamitos, Estados Unidos.
- MAES, P. (1996). Intelligent software easing the burdens that computers put on people. MIT Media Laboratory. *IEEE Expert Intelligent Systems*, Vol. 11, No. 6.
- MARCENAC, P. and GIROUX, S. (1998). GEAMAS: A generic architecture for agent-oriented simulations of complex processes. En: *Applied Intelligence*, Vol. 8, No. 3.
- MINSKY, M. (1986). *The society of mind*. New York: Simon and Schuster.
- MURRAY, T. (1999). Authoring intelligent tutoring systems: an analysis of the state of the art. En: *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10.
- NWANA, H. (1996). Software agents: an overview. En: *Knowledge Engineering Review*, Vol. 11, No. 3.
- OKAMOTO, T.; KAYAMA, M. and CRISTEA, A. (2001). Proposal for collaborative learning standardization. En: *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Techniques ICALT'01*, Madison, Wisconsin, Estados Unidos.
- OLIVEIRA, F. and VICARI, R. (1996). Are learning systems distributed or social systems? En: *European Conference on AI in Education*.
- OVALLE, D. and JIMÉNEZ, J. (2004). Millennium: A learning framework based on integrating model of intelligent tutoring systems and computer supported collaborative learning. En: *Proceedings of 1st LEDGRAPH Workshop (Distance Learning Environments for Digital Graphic Design Representation) of 7th International Conference on ITS2004*, Maceió, Brasil.
- PIAGET, J. (1979). *El mecanismo del desarrollo mental*. Madrid: Editora Nacional.
- RAMACHANDRAN, S.; REMOLINA, E. and FU, D. (2004). FlexiTrainer: A visual authoring framework for case-based intelligent tutoring systems. En: *7th International Conference on ITS2004*, Maceió, Brasil.
- RHEM, J. (1998) Problem-based learning: an introduction. En: *The National Teaching & Learning Forum*, Vol. 8, No. 1.
- RUEDA, F. (1992) La inteligencia artificial: sus principios básicos y sus aplicaciones educativas. En: *Cyted-D Ribie-Col*, Vol. 1.
- RUSSELL, S. and NORVING, P. (2003) *Intelligent agents*. En: *Artificial intelligence: a modern approach*. 2nd edition. Prentice Hall Series in Artificial Intelligence.
- SAMFORD (2005). Traditional versus PBL classroom. Samford University. En línea: [<http://www.samford.edu/pbl/what3.html#>] Fecha de acceso: Agosto de 2005.
- SELF, J. (1992). Computational mathematics: the missing link in intelligent tutoring systems research? En: Costa, E. (Ed.). *New directions in intelligent tutoring systems research*. Berlin: Springer-Verlag.

- SILVEIRA, R. (2001). Modelagem orientada a agentes aplicada a ambientes inteligentes distribuidos de ensino: JADE Java agent framework for distance learning environments. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tesis Doctoral.
- SKINNER, B. (1954). The science of learning and the art of teaching. En: *Harvard Educational Review*, 24 (2).
- SOH, L.; JIANG, H. and ANSORGE, C. (2004). Agent-based cooperative learning: a proof-of-concept experiment. En: *ACM Special Interest Group on Computer Science Education SIGCSE'04*. Estados Unidos.
- SUEBNUKERN, S. and HADDAWY, P. (2004). A collaborative intelligent tutoring system for medical problem-based learning. En: *Proceedings of the 9th International Conference on Intelligent User Interface*, Funchal, Portugal.
- SYCARA, K.; PANNU, A.; WILLIAMSON, M.; ZENG, D. and DECKER, K. (1996). Distributed intelligent agents. *IEEE expert: intelligent systems and their applications*, Vol. 11, No. 6.
- TYLER, R. (1975). Educational benchmarks in retrospect: educational change since 1915. En: *Viewpoints*, 51(2).
- VERDEJO, F. and DAVIES, G. (1997). The virtual campus: trends for higher education and training. En: *IFIP Series*. Chapman & Hall.
- VICARI, R. (1990). Um tutor inteligente para a programação em lógica: idealização, projeto e desenvolvimento. Universidade de Coimbra. Tesis Doctoral.
- VICARI, R.; OVALLE, D. y JIMÉNEZ, J. (2005). ALLEGRO: Ambiente multi-agente de apoyo a la enseñanza/aprendizaje utilizando planificación instruccional y razonamiento basado en casos (CBR). En: *Memorias del XIII Congreso Iberoamericano de Educación Superior en Computación. 31st Latin-American Conference on Informatics -CLEI-*, Cali.
- VIRVOU, M.; MANOS, K. and KATSIONIS, G. (2003). An evaluation agent that simulates students' behaviour in intelligent tutoring systems. En: *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics SMC'03* Vol. 5.
- VYGOTSKY, L. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge MA, Harvard University Press.
- WENGER, E. (1987). *Artificial intelligence and tutoring systems*. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann.
- WOOLDRIDGE, M. and JENNINGS, N. (1995). Intelligent agents: theory and practice. En: *The Knowledge Engineering Review*, Vol. 10, No. 2.
- WOOLDRIDGE, M. (1999) *Intelligent Agents*. En: *A modern approach to distributed artificial intelligence*. Gerhard Weiss (Eds.) MIT Press.
- YAMMINE, K.; RAZEK, M., AÏMEUR, E. and FRASSON, C. (2004). Discovering intelligent agent: a tool for helping students searching a library. En: *7th Intelligent Tutoring Systems*, Maceió, Brasil.