

# Agentes Inteligentes en las Comunidades Virtuales de Aprendizaje

*Antonio Silva Sprock*  
[antonio.silva@ciens.ucv.ve](mailto:antonio.silva@ciens.ucv.ve)

*Yosly C. Hernández Bieliukas*  
[yosly.hernandez@ciens.ucv.ve](mailto:yosly.hernandez@ciens.ucv.ve)

*Facultad de Ciencias*  
*Universidad Central de Venezuela*  
*Caracas, Venezuela*

## Resumen

Los agentes inteligentes, específicamente los agentes inteligentes con fines pedagógicos, representan gran parte de los esfuerzos recientes en el tema, pudiendo estos trabajar junto a los instructores sin reemplazarlos, soportando la colaboración en el ambiente conformado, gracias a las funcionalidades de comunicación y autonomía que pueden presentar en el contexto. El presente informe, presenta un resumen de las tecnologías involucradas en un proyecto de desarrollo de agentes inteligentes para organizar itinerarios efectivos en los ambientes de enseñanza y aprendizaje. Presenta definiciones de agentes, agentes inteligentes y agentes pedagógicos inteligentes, incluye descripciones de proyectos desarrollados sobre agentes pedagógicos y como apoyo en la educación.

## 1 LOS AGENTES INTELIGENTES

Según Russell y Norvig, un “agente es todo aquello que puede considerarse que percibe su ambiente mediante sensores y que responde o actúa por medio de efectores” (Russell y Norvig, 1996). Sin embargo esta genérica definición de agente incluye entonces agentes humanos, quienes mediante los ojos, oídos y otros órganos que les sirven de sensores, perciben su ambiente y las piernas, boca y otras partes que les sirven de efectores. En el caso de un agente de software, sus percepciones y acciones vienen a ser las cadenas de bits codificados” (Russell y Norvig, 1996).

Un tipo de agente de software muy particular son los Agentes Inteligentes, y para tratarlos se debe explorar el papel de la Inteligencia. Es claro que la base sobre la cual se sustenta la inteligencia es el conocimiento. Y definir este concepto no es sencillo dada su complejidad. Una definición de conocimiento más completa (McGraw y

Harbinson-Briggs, 1989), menciona que es un conjunto de descripciones, relaciones y procedimientos, tales como: descripciones simbólicas de conceptos, descripciones simbólicas de relaciones y procedimientos para manipular ambos tipos de descripciones. Es la inteligencia, la característica que se agrega a los agentes de software para convertirse en agentes inteligentes.

Jennings y Wooldridge (1998) definió el Agente Inteligente como un "Sistema informático situado en un entorno, capaz de actuar de manera autónoma, para conseguir sus objetivos de diseño". Posteriormente Weiss (1999), indicó que durante la actuación autónoma pueden éstos percibir su ambiente a través de sensores y actuar sobre su ambiente a través de efectores.

La FIPA (Foundation for Intelligent and Physical Agents) define un agente como "Un proceso computacional que implementa una funcionalidad comunicativa autónoma en una aplicación" (2002).

Organizaciones como ARPA (Advanced Research Projects Agency), y su proyecto KSE (Knowledge Sharing Effort), OMG (Object Management Group) con su proyecto MASIF (Mobile Agent System Interoperabilities Facility) y Agent Society han definido estándares para la construcción de agentes (arquitecturas, protocolos de comunicación, aplicaciones etc.), pero es FIPA la que tiene más aceptación en estos momentos.

Covrigaru y Lindsay (1991) argumentan que para que un agente sea autónomo, no sólo depende de la habilidad para seleccionar metas u objetivos de entre un conjunto de ellos, ni de la habilidad de formularse nuevas metas, sino de tener el tipo adecuado de metas. Los agentes artificiales son usualmente diseñados para llevar a cabo tareas por nosotros, de forma que debemos comunicarles que es lo que esperamos que hagan. En un sistema computacional tradicional esto se reduce a escribir el programa adecuado y ejecutarlo. Un agente puede ser instruido sobre que hacer usando un programa, con la ventaja colateral de que su comportamiento estará libre de incertidumbre. Pero programar un agente de esta forma, atenta contra su autonomía, teniendo como efecto colateral la incapacidad del agente para enfrentar situaciones imprevistas mientras ejecuta su programa. Las metas y las funciones de utilidad son

dos maneras de indicarle a un agente lo que hacer, sin decirle cómo hacerlo (Guerra, 2006).

### **1.1. Ambiente**

El espacio donde un agente, o un grupo de ellos, se encuentra situado, representa el ambiente. Stuart Russell y Peter Norvig (1996) identifica diferentes tipos de ambientes:

- Accesible vs. inaccesible. Si un agente puede percibir a través de sus sensores, los estados completos del ambiente donde se encuentra, se dice que el ambiente es accesible. Un ambiente es efectivamente accesible si el agente puede percibir todos aquellos elementos en el ambiente, que son relevantes para su toma de decisiones. Observen que la accesibilidad depende no sólo del ambiente, sino de las capacidades de percepción de un agente. Entre más accesible sea un ambiente, más sencillo será construir agentes en él porque estos tiene acceso a toda la información necesaria para decidir que hacer.
- Determinista vs. no determinista. Si el próximo estado del ambiente es determinado por la acción que ejecuta el agente, se dice que el ambiente es determinista. Si otros factores influyen en el próximo estado del ambiente, éste es no determinista. Si el ambiente es inaccesible, entonces aparecerá como no determinista. Generalmente es mejor considerar el determinismo o no determinismo del ambiente, desde el punto de vista del agente. El no determinismo captura dos nociones importantes: El hecho de que los agentes tienen una esfera de influencia limitada, es decir, en el mejor de los casos tienen un control parcial de su ambiente; y el hecho de que las acciones de un agente puede fallar y no lograr el resultado deseado por el agente. Por ello, es más sencillo construir agentes en ambientes deterministas.
- Episódico vs. no episódico. En un ambiente episódico, la experiencia de un agente puede evaluarse en rondas de percepción - acción. La calidad de sus acciones dependen del episodio o ronda en turno, esto es, la calidad de la acción en los episodios subsecuentes, no depende de las acciones ocurridas en episodios previos. Dada la persistencia temporal de los agentes, estos tienen

que hacer continuamente decisiones locales que tienen consecuencias globales. Los episodios reducen el impacto de estas consecuencias, y por lo tanto es más fácil construir agentes en ambientes episódicos.

- Estático vs. dinámico. Si el ambiente puede cambiar mientras el agente se encuentra deliberando, se dice que el ambiente es dinámico; de otra forma, el ambiente es estático. Si el ambiente no cambia con el paso del tiempo, pero la evaluación de las acciones del agente si lo hacen, se dice que el ambiente es semi-dinámico. Los ambientes dinámicos tienen dos consecuencias importantes: Un agente debe ejecutar acciones perceptuales, por ejemplo, filtrado de información, porque aún si no ha ejecutado ninguna acción entre los tiempos  $t_0$  y  $t_1$ , el agente no puede asumir que el estado del ambiente sea el mismo en  $t_0$  que en  $t_1$ ; Otros procesos en el ambiente pueden interferir con las acciones del agente. Por lo tanto, es más sencillo diseñar agentes en ambientes estáticos.
- Discreto vs. continuo. Si hay un número limitado de posibles estados del ambiente, diferenciables y claramente definidos, se dice que el ambiente es discreto; de otra forma se dice que es continuo. Es más fácil construir agentes en ambientes discretos, porque las computadoras también son sistemas discretos y aunque pueden simular sistemas continuos con el grado de precisión deseado, una parte de la información disponible se pierde en al hacer esta aproximación. Por lo tanto, la información que manejan los agentes discretos en ambientes continuos es inherentemente aproximada.

## **1.2. Características de los Agentes Inteligentes**

Adicional a las características de que describen la flexibilidad de lo Agentes Inteligentes, en la literatura se definen algunas características que se suelen atribuir a los Agentes Inteligentes en mayor o menor grado para resolver problemas particulares. Autores como Franklin y Graesser (1997), y Nwana (1996) las definen como:

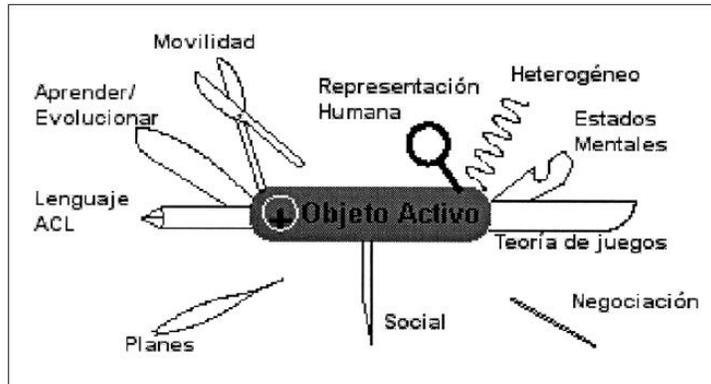
- Continuidad Temporal: se considera un agente un proceso sin fin, ejecutándose continuamente y desarrollando su función.
- Autonomía: es capaz de adaptarse aunque el entorno cambie severamente.

- Sociabilidad: le permite comunicar con otros agentes o incluso con otras entidades.
- Racionalidad: el agente siempre realiza «lo correcto» a partir de los datos que percibe del entorno.
- Reactividad: un agente actúa como resultado de cambios en su entorno. En este caso, un agente percibe el entorno y esos cambios dirigen el comportamiento del agente.
- Pro-actividad: un agente es pro-activo cuando es capaz de controlar sus propios objetivos a pesar de cambios en el entorno.
- Adaptatividad: está relacionado con el aprendizaje que un agente es capaz de realizar y si puede cambiar su comportamiento basándose en ese aprendizaje.
- Movilidad: capacidad de un agente de trasladarse a través de una red telemática.
- Veracidad: asunción de que un agente no comunica información falsa a propósito.
- Benevolencia: asunción de que un agente está dispuesto a ayudar a otros agentes si esto no entra en conflicto con sus propios objetivos.

“No existe un consenso sobre el grado de importancia de cada una de estas propiedades para un agente. Sin embargo, se puede afirmar que estas propiedades son las que distinguen a los agentes de meros programas. Según hemos visto en la definición de Jennings y Wooldridge, las características de autonomía, reactividad, pro-actividad y sociabilidad son las características básicas” (Botti et al, 1999).

Un agente es como una navaja del ejército suizo (Parunak et al, 1999), en el que se puede ver la definición básica como sólo la navaja y en el que si se necesita algún accesorio más se le añade y, si no se necesita, no hay necesidad de acarrear con todos los accesorios (figura 1).

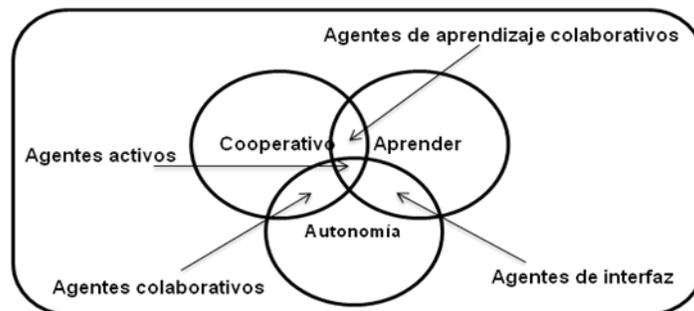
**Figura 1: navaja suiza de (Parunak et al, 1999), representando los conceptos que pueden integrar un agente.**



## 2 AGENTES PEDAGÓGICOS

Nwana (1996) clasificó a los agentes de acuerdo a tres ideas y atributos primarios que los agentes exhiben: autonomía, cooperación y aprendizaje. Utilizando estas características deriva cuatro tipos de agentes: agentes colaborativo, agentes de aprendizaje colaborativo, agentes de interfaz y agentes activos. La figura 2 muestra la tipología de agentes según Nwana.

**Figura 2: tipología de agentes según Nwana. (1996).**



El diseño de agentes pedagógicos o facilitadores siguen estos principios. Por una parte los agentes son diseñados para trabajar junto a los instructores sin reemplazarlos soportando la colaboración. Por otra parte los agentes pueden ser iniciados y paralizados y por los usuarios (instructores o estudiantes).

Los agentes pedagógicos son definidos como “autónomo y/o agente interfaz que soportan el aprendizaje humano en el contexto de un ambiente de aprendizaje interactivo” anteriormente muchos de los agentes pedagógicos habían sido desarrollados en los sistemas tutoriales inteligentes (ITSs) donde jugaban el rol de

guías o tutores, ellos le dicen a los estudiantes que deben hacer, dominan la interfaz y constantemente requieren la atención del estudiante. A diferencia de estos los agentes facilitadores de un ambiente de aprendizaje colaborativo distribuido trabajan en el background. Ellos monitorean la colaboración, coleccionan datos, procesan estadísticas y ofrecen avisos a los estudiantes e instructores, quienes toman la decisión de ignorarlos si consideran que son de baja prioridad (Johnson et al, 2000).

Muchos esfuerzos en el desarrollo de agentes de aprendizaje, han sido implementados garantizando que los agentes posean características de facilitadores como las siguientes:

- Monitoreo: monitorea el progreso, colaboración, participación y tiempo de conexión. Detecta comprensión y/o desacuerdos.
- Dinámica de grupo: responsable de que los usuarios sigan una línea de escenario o métodos, dirigiendo a los usuarios en las actividades que los ayudarán a actuar en la colaboración.
- Clasificaciones: manejar la discusión cuando son detectados desacuerdos por un monitor responsable.
- Manipulaciones directas: paralizar el proceso cuando a ocurrido una interrupción en el proceso colaborativo.
- Cambio de comportamiento: observar la reacción de los aprendices como resultado de la interacción, el agente está habilitado para juzgar y monitoriar estos comportamientos.

Las dos aplicaciones típicas de agentes inteligentes son los sistemas tutores inteligentes (systems intelligent tutors - ITS) y los “compañero de aprendizaje”, (learning companion system - LCS). Los ITSs simulan a un tutor autoritario que posee una estrategia de enseñanza uno a uno, que es un experto en un dominio del conocimiento y actúa como un guía, tutor o un entrenador. Este tutor, puede adaptarse según las necesidades del estudiante. Los LCSs, son agentes pedagógicos no autoritarios, no es experto en un dominio e incluso puede cometer errores. Se adoptan actividades de aprendizaje colaborativas o competitivas, como alternativas de un tutor uno a uno. En alguno de sus roles, puede actuar igual como un tutor, como un capaz

estudiante/profesor (estudiante que enseña a otros estudiantes), colaborador, competidor, alborotador, crítico o clon (Choua et al., 2002).

Estos sistemas pueden ayudar a la labor del docente o del alumno, sin involucrarse directamente en la actividad instructiva. Un profesor auxiliar, puede proporcionarle al profesor, la carpeta de aprendizaje de los estudiantes, incluso la actuación de aprendizaje, las equivocaciones, nivel de esfuerzo y motivaciones, entre otros aspectos. Este archivador puede ayudar al profesor a entender al estudiante y responder apropiadamente a cada uno. El estudiante auxiliar, por ejemplo, puede ayudar al estudiante a coleccionar información para realizar la actividad de aprendizaje.

Los agentes inteligentes, proporcionan a los estudiantes recursos que pueden clasificarse en tres categorías: contenidos (libros, bibliotecas, museos, bases de datos, etc.); soporte computacional (calculadora, software, etc.); y comunidad (compañeros de estudio; profesores; padres; voluntarios; etc.). De esta manera el estudiante dispone de múltiples medios y de un contexto, por lo que el agente es presentado en un medio ambiente de aprendizaje social (Choua et al., 2002). Un agente educativo no sólo puede imponer directamente sus perspectivas en el estudiante, sino que también estimula el aprendizaje y colabora entre los estudiantes humanos.

A continuación se presenta una tabla que permite observar la similitud y diferencia entre la arquitectura de los sistemas ITSs y los sistemas LCSs. (ver la tabla 2).

**Tabla 1: Comparación de las componentes típicas de un ITS y la arquitectura de un LCSs (Choua et al., 2002).**

Componente	Sistema	Similitud	Diferencia
Modelo del estudiante	ITS	Ayuda a comprender el estado del estudiante	Desarrollado desde el punto de vista de un tutor
	LCS		Desarrollado desde el punto de vista de un tutor o un compañero
Módulo de enseñanza	ITS	Determina la conducta pedagógica del agente	El agente actúa como un tutor
Módulo pedagógico	LCS		El agente puede actuar como un competidor, igual que un tutor, ser crítico, un alborotador o colaborador
Módulo de dominio del experto	ITS	Determina la competencia del dominio del agente	El tutor tiene competencia de un experto
	LCS		El compañero puede tener la competencia de un excelente estudiantes, un estudiante medio o un novicio
Módulo de compañero	LCS		Provee las características del compañero

## **2.1 Líneas de investigación de los agentes inteligentes en educación**

A continuación, y a modo de ejemplo, se presentan algunas descripciones de áreas donde actúan los agentes inteligentes en educación. Con esto se espera entregar una visión del potencial de estos sistemas y presentar en forma resumida el estado actual del área. Así, se presentarán los siguientes temas:

- Interfaces que utilizan agentes inteligentes
- Agentes pedagógicos, en particular los conocidos como “Compañero de aprendizaje”
- Hipertextos adaptativos

En forma sucesiva, se están desarrollando diferentes productos tecnológicos que incluyen agentes inteligentes, los cuales van desde poder entregar información más relacionada con los estudiantes, manejo de datos del usuario ya sea para reconocerlo y/o para tomar decisiones futuras, apoyarlo en el desarrollo de la sesión de trabajo e incluso ayudarlo como cuando un compañero enseña a otro, etc.

Una línea interesante de presentar, es el trabajo de Justine Cassell del Instituto Tecnológico de Massachussets, quien ha desarrollado sistemas con agentes inteligentes, en particular de interfaces, que pueden tomar la información y representarla con discurso, con gesto, con expresión facial, con postura, etc. Estos sistemas son capaces de entender gestos de manos, faciales, detectar la presencia o ausencia del usuario, si lo conoce o no, entre otros elementos.

Estos sistemas permiten relacionarse de mejor manera con las personas. Por ejemplo, para un estudiante que ingresa a una página web y ve una interfaz que presenta un rostro humano, con el que se puede comunicar por medio del lenguaje verbal o escrito (en lenguaje natural), que es capaz de entenderlo y seguir la conversación y orientarlo en sus necesidades, entre otros elementos, al usuario humano que es principiante o inexperto, le será más gratificante, más natural, menos frustrante, más orientador y seguramente se sentirá más acogido. Para Cassell, es una de las maneras de lograr confianza con el usuario, haciendo que la máquina se comporte como los seres humanos (Ryokai et al., 2002a).

Los desarrollos de Cassell y su extensa investigación en el área del comportamiento conversacional humano, han permitido generar avances en la automatización de manera que los agentes virtuales posean una voz, aplicando reglas al discurso y a las diferentes formas de expresiones (Ryokai et al., 2002a; Ryokai et al., 2002b).

Otros avances en esta línea, son sistemas que animan a niños a desarrollar y contar sus historias, desarrollando la capacidad de representar pensamientos simbólicamente y de compartirlos con otros niños en su propio lenguaje. Uno de estos desarrollos, el “Storytelling” es un sistema que apoya el trabajo en forma colaborativa entre niños, proporcionando un ambiente para que estos aprendan las habilidades más importantes del lenguaje.

Otra línea de desarrollo son los agentes pedagógicos animados que nacen de los sistemas basados en conocimientos y los sistemas de interfaces inteligentes, como los mencionados anteriormente. En estos sistemas, los estudiantes pueden aprender y pueden practicar determinadas habilidades en un mundo virtual y el sistema puede actuar por medio de un dialogo simulando a un tutor o enseñar como si fuera uno de sus compañeros (Johnson et al, 2000).

Los sistemas que apoyan a los estudiantes son conocidos con nombres tales como “compañero de aprendizaje”, (learning companion system -LCS), “co-aprendiz”, “simulación del estudiante” y “estudiante artificial”.

En especial, estos sistemas que apoyan a estudiantes desde la perspectiva de un compañero, pueden colaborar o competir con el estudiante humano. Se pueden definir tres estrategias de usos de estos sistemas: cuando el agente inteligente, trabaja en forma independiente con una perspectiva de competición; cuando el agente inteligente colabora por medio de sugerencias; y cuando, por medio de una colaboración activa, con responsabilidad compartida, participa y apoya al estudiante humano. Incluso, se ha propuesto que estos sistemas permiten acercarse a la idea, que el estudiante humano “aprenda a aprender”, en la medida que estos últimos enseñan al sistema (a su compañero de aprendizaje). En este punto, se trata que el estudiante proporcione conocimientos y ejemplos al sistema, de esta manera podrá observar como este

resuelve los problemas, y luego, el estudiante explica si la solución es correcta o no y por qué (Choua et al., 2002).

Se ha observado, la importancia de la comunicación no verbal en los procesos de enseñanza. De esta manera, estos agentes pedagógicos, aprovechan por medio de la mirada y gestos, llamar la atención del estudiante. Mediante movimientos de cabeza y expresiones faciales, puede entregar señales y feedback claros al estudiante sin interrumpir su pensamiento. Esto los obliga a ser naturales, creíbles y parecer un ser humano. En definitiva, estos sistemas permiten aumentar los canales de comunicación (bandwidth) entre el computador y los estudiantes, junto con aumentar la habilidad del sistema de comprometerse y motivar a los estudiantes (Johnson et al., 2000).

Al actuar estos agentes en medios educacionales, para apoyar las interacciones de aprendizajes, la dificultad para estos sistemas no es sólo la de realizar la tarea, sino que se le exige un conocimiento y entendimiento profundo de cómo y por que actuar frente a cada intervención con o del usuario (Johnson et al., 2000).

Los sistemas con agentes inteligentes poseen diferentes características que son de gran utilidad como medios instruccionales, alguna de las cuales son (Johnson et al., 2000):

- Estos sistemas permiten actuar y dialogar con los agentes, de manera que en el momento de realizarse acciones, estas pueden ser vistas de diferentes ángulos.
- Los estudiantes pueden realizar preguntas en cualquier momento.
- El agente esta en todo momento “observando” el actuar del estudiante.
- El agente puede reconstruir y redefinir su actuar en cada momento a partir del actuar del estudiante.
- El agente puede adaptar su actuar a situaciones inesperadas.
- El estudiante puede tomar el control en cualquier momento.
- En caso de errores el agente ayuda a que el estudiante aprenda de ellos.
- En cualquier momento, el estudiante puede consultar en que parte del proceso se encuentra y las tareas faltantes.

- Existen otras variadas ventajas de estos agentes tales como el manejo de emociones, apoyo efectivo del trabajo colaborativo, interacciones pedagógicas adaptables, etc. (Ryokai et al., 2002a; Ryokai et al., 2002b).

Los Hipertextos Adaptativos surgen como una estrategia particular de utilización de los agentes inteligentes en sistemas educacionales, está el desarrollo de los hipertextos adaptativos. Si bien existen hipertextos que no poseen agentes inteligentes, estos presentan una serie de dificultades que pueden ser resueltas por la utilización de estos agentes.

Un Hipertexto es un documento hipermedia, como un sitio Web educativo o un CD-ROM que contienen un cuerpo coherente de materia organizada y desarrollado con propósitos educativos (Murray et al, 2000).

Un elemento importante de los hipertextos adaptativos, es la posibilidad de individualizar el acceso a la información de manera que esta se acomode y responda a la diversidad y necesidades de los usuarios posibles, junto con ser capaz de modelar al alumno y ser capaz de actualizar dicha información. Si en los sistemas tradicionales de instrucción, el alumno accede a la información en forma lineal, aquí el alumno decide la manera en que accede. Así, el estudiante no tiene a su disposición sólo la estructura del diseñador o del instructor, sino que puede elegir la manera de acceder, interactuar o interrelacionarse con la información, dependiendo de sus experiencias previas y habilidades. De esta manera, la información se ajusta a las necesidades del alumno, en lugar que este se ajuste a la información (Pérez et al, 2001).

## ***2.2 Aplicaciones de agentes inteligentes en educación***

### **2.2.1 JADE**

Java Agent framework for Distance learning Environments – JADE (Silveira, 2001).

Ofrece un conjunto de recursos para facilitar el desarrollo e implementación de ambientes computacionales para ser utilizados como instrumentos de la educación a distancia (EAD).

La arquitectura del Sistema JADE está compuesta de cuatro agentes:

- Agente Pedagógico: encargado de estructurar las actividades de aprendizaje como ejercicios y otros.
- Agente de Comunicación: responsable de administrar la comunicación entre los agentes.
- Agente de modelo estudiante: responsable de modelar al estudiante
- Agente Remoto: que se encarga de la interfaz entre estudiante y la comunicación entre el estudiante y el sistema.

### **2.2.2 MACES**

El Sistema MACES (Arquitectura Multiagentes para un Sistema Educativo Colaborativo) representa una propuesta de modelo computacional de aprendizaje a distancia, basada en concepto socio-interacionista de Vygotsky (Bocca et al, 2003). MACES implementa una interfaz de un personaje o agente animado Mediador (llamado PAT o Tutor Pedagógico y Afectivo).

En MACES se desarrollaron los siguientes agentes:

- Agente Diagnóstico: implementa el concepto de zona de desarrollo próximo de Vygotsky, tratando de transformar habilidades potenciales en habilidades reales y buscando expandir el desarrollo sócio-cognitivo del alumno.
- Agente Colaborativo: responsable de mediar/monitorear la interacción entre grupos de alumnos.
- Agente Social: establece la interacción de alumnos formando grupos de alumnos para estudio y creando un agente colaborativo para cada grupo formado.
- Agente Semiótico: responsable de presentar signos, conceptos y lenguaje al agente mediador, agente colaborativo y consecuentemente a los alumnos.
- Agente Mediador: responsable de la interfaz de comunicación del alumno con el ambiente, representando contenidos pedagógicos y actividades y también inferir los estados afectivos del alumno a fin de representar estrategias que buscan promover al alumno estados afectivos más positivos para el aprendizaje.

### **2.2.3 AMPLIA**

AMPLIA es un Ambiente Multiagente Probabilístico Inteligente de Aprendizaje (Vicari et al, 2003). Está constituido por tres agentes inteligentes (Agente de Dominio, Agente Mediador y Agente Aprendiz).

- El Agente Aprendiz representa las creencias del alumno sobre el dominio (redes bayesianas del alumno) y el grado de confianza que el alumno tiene sobre ese conocimiento. Este agente también realiza una inferencia sobre la autonomía del alumno, con base a la observación de este, definiendo un parámetro denominado credibilidad.
- El Agente de Dominio compara la red construida por el alumno con la red del especialista, identificando puntos de conflicto que permiten una clasificación de la red (incorrecta, satisfecha, etc).
- El Agente Mediador es el responsable de seleccionar las estrategias pedagógicas, de acuerdo al grado de confianza, a la credibilidad y a la clasificación de la red del alumno.

El Agente Aprendiz representa un alumno a través de la construcción de un modelo de este alumno, en cuanto que el papel del profesor está distribuido entre los agentes: Agentes de Dominio como un especialista del mismo y un Agente Mediador como responsable del proceso de negociación.

### **2.2.4 BAGHERA**

Comunidad educativa de agentes de software que interactúan entre si de acuerdo a sus competencias y puntos de vista, cooperando y realizando colectivamente tareas educativas (Pesty, 2004). BAGHERA está compuesta de dos sistemas multiagentes, los cuales caracterizan dos niveles de decisión y ambientes (alto y bajo). El alto nivel relacionado a decisiones globales necesarias para determinar el ambiente pedagógico del sistema, en nivel bajo es responsable de diagnosticar ideas del estudiante de acuerdo a las acciones de este en la interfaz de la plataforma.

El más alto nivel está compuesto de agentes cognitivos que proveen funciones básicas del sistema educacional. Estudiantes e instructores tienen diferentes metas y

necesidades durante las actividades de aprendizaje, ellos interactúan con diferentes tipos de agentes. Los datos persistentes pueden almacenarse de los estudiantes en “schoolbags” y “electronic folders” en el caso de instructores.

Cada estudiante cuenta con tres agentes artificiales:

- Agente Interfaz del Personal del Estudiante: monitorea las acciones del estudiante notificando a otros agentes cuando es necesario tener acceso a recursos del sistema, este agente controlan el acceso de los estudiantes a su “schoolbags”.
- Agente Tutor: presenta los estudiantes problemas y situaciones con sus metas educacionales y contexto de aprendizaje, sus decisiones didácticas son basadas en las concepciones de los estudiantes. Para completar estas metas ellos son capaces de buscar en el bajo nivel cuando es necesario un diagnóstico, por ejemplo un estudiante completo un ejercicio y el tutor decide qué se puede pasar a la siguiente actividad).
- Agente Mediador: su tarea de seleccionar problemas apropiados que deben ser solucionados por los Estudiantes.

Similarmente cada instructor cuenta con dos agentes artificiales:

- Agente Interfaz Personal del Instructor: está asociado con la interfaz del instructor, este agente controla el acceso a la “electronic folders” y proveer al usuario de información acerca del ambiente de aprendizaje, este agente está relacionado con la comunicación entre agentes inteligentes y humanos, edición de nuevas actividades para los estudiantes, distribución de las actividades a los estudiantes y supervisión del trabajo hecho por los Estudiantes.
- Agente Asistente: un agente asistente es un tipo de agente personal que incluye metas y asiste al instructor en la creación y distribución de nuevas actividades, este agente controla la “electronic folders” cuando es demandada.

El sistema multiagentes de bajo nivel es la plataforma responsable por el diagnóstico de las concepciones de estudiantes. El modelo utilizado para determinar las concepciones de estudiantes es el paradigma “misconceptions” desarrollado por Confrey (1990).

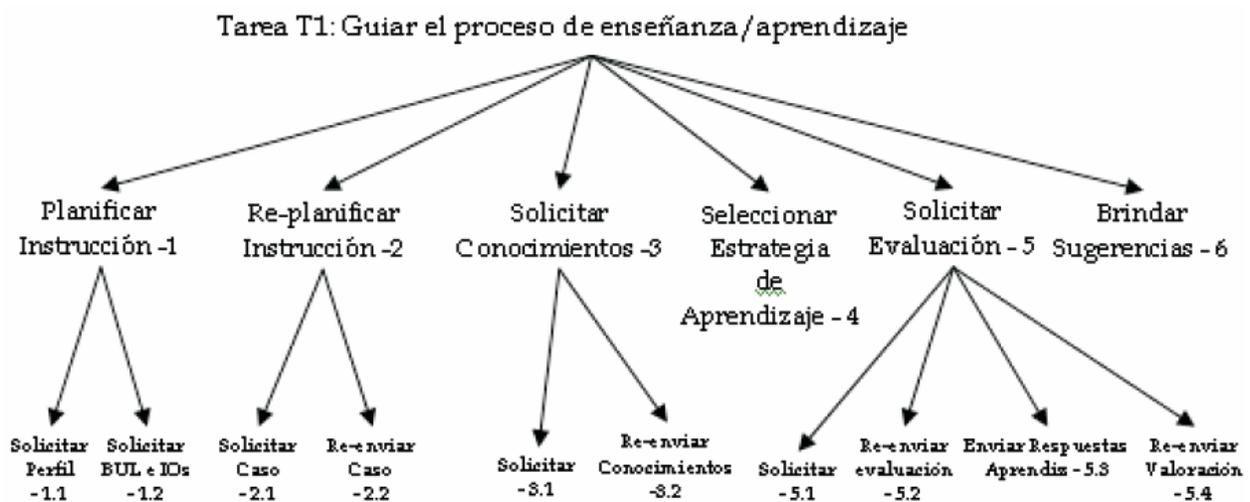
## 2.2.5 ALLEGRO

Entre la Universidad Nacional de Colombia y la Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul de Brasil, Rosa Demetrio Ovalle, Jovani Jiménez y Rosa Viccari (Ovalle et al, 2005) desarrollaron el Ambiente Multi-Agente de Enseñanza Aprendizaje ALLEGRO. Este es un ambiente conformado por un Sistema Tutorial Inteligente el cual permite brindar aprendizaje en forma individualizada y un Ambiente Colaborativo de Aprendizaje que ofrece aprendizaje en modo colaborativo. El ambiente fue modelado a través del enfoque de un Sistema Multiagentes y para establecer la planificación instruccional utiliza la técnica de razonamientos basados en casos, donde utiliza la experiencia almacenada de la solución exitosa de problemas similares pasados. La metodología utilizada en el desarrollo de ALLEGRO fué MASCommonKADS, propuesta por Iglesias (1998).

En el desarrollo de ALLEGRO permitió la construcción de los siguientes módulos:

- Modelo de Agente: describe las características de cada agente.
- Modelo de Tarea: describe las tareas realizadas por los agentes. La figura 3 muestra la descomposición de una Tarea.

**Figura 3: descomposición de la Tarea T1: guiar el proceso de Enseñanza y Aprendizaje (Ovalle et al, 2005).**



- Modelo de la Experiencia: describe el conocimiento que necesitan los agentes para llevar a cabo los objetivos encomendados.
- Modelo de Coordinación: describe las relaciones dinámicas entre los agentes software.
- Modelo de Comunicación: describe las relaciones dinámicas entre los agentes humanos y los agentes software.
- Modelo de la Organización: describe las relaciones estructurales entre los agentes.
- Modelo de Diseño: refina los modelos anteriores y decide qué arquitectura de agente es más adecuada para cada agente, así como los requisitos de la infraestructura de la red de agentes.

El aporte fundamental del ALLEGRO lo representa el funcionamiento del modelo de planificación Instruccional utilizando el razonamiento basado en casos, que inicia cuando un aprendiz no logró satisfactoriamente ganar la evaluación de la unidad básica de aprendizaje que estaba estudiando, es decir, cuando inicia el proceso, el Agente Tutor envía la solicitud al Agente Aprendiz con los datos del alumno, la unidad de aprendizaje y los objetivos instruccionales, luego el Agente Aprendiz busca (recupera) en la Memoria de Casos, aquel que contenga las mismas características. Luego de seleccionado el caso, el Agente Aprendiz lo envía al Agente Tutor con el propósito de que lo adapte a manera de solución propuesta, posteriormente en la pantalla del usuario aparece una serie de recursos a utilizar. Después de que el aprendiz voluntariamente haga el recorrido por los recursos sugeridos y de haber presentado la evaluación, el caso se revisa para observar sus resultados, es decir, para determinar la viabilidad de si se continúa guardando el caso o no.

ALLEGRO fundamenta su paradigma instruccional en tres modelos pedagógicos (Ovalle et al, 2005): Conductismo, Cognitivismo e Histórico-Social (Cognición distribuida y Aprendizaje Basado en Problemas.

### **2.2.6 MASPLANG**

Otra aplicación interesante está representado por el proyecto MASPLANG, presentado por Clara Peña (Peña, 2004). MASPLANG posee una arquitectura multiagente diseñada para dar soporte adaptativo (presentación y navegación adaptativa) a un sistema hipermedia educativo desarrollado para impartir educación virtual por la Web. Un aspecto importante de esta propuesta es la habilidad para construir un modelo de estudiante híbrido que comienza con un modelo estereotípico del estudiante basado en estilos de aprendizaje y se modifica gradualmente a medida que el estudiante interactúa con el sistema (gustos subjetivos).

El MASPLANG está compuesto por dos niveles de agentes: los intermediarios llamados Agentes de Información, que están en el nivel inferior y los de Interfaz llamados Agentes Asistentes, que están en el nivel superior.

Los Agentes Asistentes atienden a los estudiantes cuando trabajan con el material didáctico de un curso o una lección de aprendizaje. Esta asistencia consiste en la recolección y análisis de las acciones de los estudiantes para ofrecer contenidos personalizados y en la motivación del estudiante durante el aprendizaje mediante el ofrecimiento de contenidos de retroalimentación, ejercicios adaptados al nivel de conocimiento y mensajes, a través de interfaces de usuario animadas y atractivas.

Los Agentes de Información se encargan del mantenimiento de los modelos pedagógicos y del dominio y son los que están en completa interacción con las bases de datos del sistema (compendio de actividades del estudiante y modelo del dominio).

Clara Peña (2004) explica los servicios de los agentes de MASPLANG:

SONIA (Student Oriented Network Interface Agent) es un agente programable que trata de automatizar tareas de aprendizaje, ya sea permitiendo al estudiante programar sus actividades basándose en ejemplos o imitando el comportamiento del estudiante y adaptando las tareas de aprendizaje de acuerdo a esto. Es un agente reflexivo simple que funciona utilizando datos para las tareas específicas y ciertos eventos que ocurren en el entorno de aprendizaje.

Este Agente se puede programar por el momento para las siguientes tareas:

- Informar al estudiante cuando cierto compañero de clase haya ingresado al sistema.
- Sugerir la revisión de referencias bibliográficas en algunas secciones de la lección.
- Sugerir el desarrollo de los ejercicios interactivos propuestos cuando el estudiante haya llegado a una sección particular de la lección.
- Informar al estudiante cuando lleve determinado tiempo de estudio.
- Recordar al estudiante mensajes personalizados a determinado tiempo.

En el caso especial de mensajes programados por el profesor: llamar la atención de los estudiantes actualmente conectados al sistema, para, que revisen secciones específicas de una lección, resuelvan un problema en particular o ingresen al salón de chat para llevar a cabo una discusión.

Para realizar estas tareas, el agente SONIA trabaja cooperativamente con los agentes controladores, de navegación y SMIT, de la siguiente manera:

- Al Agente de Navegación, le pregunta por la existencia de recomendaciones para revisar referencias bibliográficas o hacer ejercicios interactivos.
- Al Agente Controlador, le pregunta el estado de ciertos eventos del sistema, como la hora, el ingreso de un usuario específico o la existencia de un mensaje de difusión.
- Al Agente SMIT, le envía el contenido de los mensajes que se deben representar al usuario indicando el cumplimiento de una tarea.

SMIT (Synthetic Multimedia Interactive Tutor) es un agente sintético. Se introduce en el entorno utilizando una interfaz animada de tipo antropomórfico. Su objetivo es presentar al estudiante los mensajes (alertas, motivación, retroalimentación, etc.) provenientes de otros agentes del sistema (por ejemplo, el agente SONIA puede enviar un mensaje de alerta sobre el cumplimiento de alguna tarea para la que fue programado). La representación de cada mensaje requiere de la selección de ciertas animaciones y movimientos corporales que definen el comportamiento del agente en una situación particular. El objetivo de utilizar este agente es el de “humanizar” el entorno de aprendizaje y hacerlo más amigable y cercano al estudiante

Los Agentes Monitores (son dos, el de acciones – general actions monitor - que guarda los “clics” hechos con el ratón por el estudiante, a determinados iconos y enlaces del sistema, y el de ejercicios – exercise actions monitor - que captura las respuestas dadas por el estudiante a los ejercicios), supervisan la actividad del estudiante en el entorno de aprendizaje. La información recolectada por estos agentes permite la interpretación del comportamiento del estudiante, para verificar su estilo de aprendizaje o para refinarlo mediante técnicas de CBR; y la evaluación de su estado de conocimiento.

El Agente Adaptador de Ejercicios (exercise adapter agent), se encarga de la construcción de ejercicios adaptativos para el estudiante (considerando su estado de conocimiento o sus preferencias).

El Agente puede escoger un nivel de dificultad conveniente para las preguntas de acuerdo al progreso del estudiante en el sistema. Este proceso se lleva a cabo teniendo en cuenta los siguientes dos aspectos:

- Las preferencias del usuario, en cuyo caso es el estudiante quien configura los temas y los tipos de preguntas que desea contestar (ejercicio configurado).
- El nivel de conocimiento del estudiante, en cuyo caso es el agente quien selecciona los temas y los tipos de preguntas que el estudiante puede responder en un momento dado (ejercicio adaptado al nivel de conocimiento del estudiante).

El Agente de Navegación (browsing agent), muestra y actualiza, en el entorno de aprendizaje, el árbol de navegación del curso considerando las técnicas de ocultación y anotación para adaptación de enlaces. Este Agente también selecciona las herramientas de navegación adecuadas para cada usuario particular. La estructura de comunicaciones de este Agente, con los otros agentes del sistema es la siguiente:

- Con el Agente Pedagógico (quien es quien construye y mantiene el árbol de navegación y el diagrama de estado de los conceptos de acuerdo al modelo del estudiante), para refrescar la información a presentar.
- Con el Agente SONIA, para indicar qué nodos tienen información particular para revisar, si el estudiante le ha programado dichas alertas.

- Con el Agente Adaptador de ejercicios, si la lección tiene ejercicios asignados.
- Con el Agente SMIT, para enviar la información que será presentada al estudiante mediante interfaces amigables y atractivas (para motivar o para reforzar comportamientos).

El Agente de Usuario (user agent), crea y mantiene el modelo del estudiante (para permitir la personalización de datos y el filtrado colaborativo) de acuerdo al análisis de las acciones del estudiante (recolectadas por los Agentes Monitores) y a su estado de conocimiento. En este proceso se utilizan metodologías basadas en reglas y técnicas de CBR. La construcción del modelo del estudiante implica la definición de:

- El "quien", o el grado de especialización para determinar quien se modela y qué significa el historial de acciones del estudiante.
- El "que", o, los objetivos, planes, actitudes, capacidades, conocimiento y creencias del estudiante.
- El "como" el modelo se adquiere y se mantiene
- Y, el "cuando" ofrecer asistencia al estudiante para involucrar retroalimentación o interpretar comportamientos.

Los Agentes Pedagógico y adaptador de ejercicios, consultan el agente de usuario por información acerca del modelo del estudiante, para adaptar los contenidos y los caminos de navegación.

El Agente Pedagógico (pedagogic agent), construye y mantiene el modelo pedagógico del curso. Mediante la evaluación de las reglas de decisión pedagógica establecidas por los profesores al construir el grafo conceptual, define las acciones adecuadas para determinar patrones de navegación.

El proceso de construcción del árbol de navegación o del diagrama de conceptos se lleva a cabo a través de un constructor (en el nivel de implementación), que carga datos del modelo del dominio y construye una estructura de datos en árbol o un diagrama de barras respectivamente, después de evaluar las reglas de decisión pedagógica embebidas en el modelo pedagógico utilizando información del modelo del estudiante.

El escenario de funcionamiento del MASPLANG está definido por el tipo de usuarios y el tipo de contenidos que ofrece. Como su entorno es un sistema hipermedia educativo, los usuarios se clasifican en profesores quienes definen y preparan los contenidos para el aprendizaje adaptativo, y los estudiantes quienes llevan a cabo las actividades de aprendizaje de forma personalizada.

El perfil de aprendizaje inicial del estudiante se captura a través de la evaluación del cuestionario ILS (herramienta de diagnóstico de estilos de aprendizaje) que se asigna al estudiante en su primera interacción con el sistema. Este cuestionario consiste en un conjunto de preguntas de naturaleza psicológica cuyo objetivo es determinar los deseos, hábitos y reacciones del estudiante que orientarán la personalización de los contenidos y del entorno de aprendizaje. El modelo del estudiante se construye entonces teniendo en cuenta este perfil de aprendizaje y el nivel de conocimiento obtenido mediante el análisis de las acciones del estudiante en el entorno.

La interacción del profesor con el sistema se puede resumir de la siguiente forma: el profesor construye los objetos de enseñanza por medio de un conjunto de páginas HTML que contienen las definiciones teóricas del curso (conocimiento declarativo – significa lo que se va a enseñar). Para su desarrollo puede utilizar diferentes diseños instruccionales y formatos siempre y cuando sean compatibles con los propuestos en las categorías para el procesamiento y recepción de la información del modelo de estilos de aprendizaje. A continuación, utilizando las herramientas del profesor disponibles en el entorno puede proceder a definir, el cómo se enseñarán esos contenidos a través de la plataforma (construcción del modelo del dominio). En este caso, se construye la estructura de conceptos y las relaciones entre los elementos de esos conceptos. Finalmente, este conocimiento se almacena en la base de datos del sistema.

### ***2.3 Aspectos fundamentales de las aplicaciones de agentes inteligentes en educación***

Como aspectos fundamentales y que deben ser resaltados de las aplicaciones de agentes inteligentes en educación, descritas anteriormente, se tiene:

Solo ALLEGRO replanifica la instrucción usando la experiencia almacenada de los aprendices. MACES, AMPLIA, BAGHERA, MASPLANG y JADE no lo hacen.

Solo MACES infiere estados emotivos y el perfil afectivo del aprendiz.

Solo MACES y MASPLANG implementan agentes animados.

ALLEGRO implementa Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadoras (CSCL).

El agente colaborativo de MACES solo utiliza el canal sincrónico de comunicación en el CSCL.

AMPLIA, BAGHERA, MASPLANG y JADE no implementan CSCL.

Solo ALLEGRO utiliza OA.

Solo AMPLIA implementa redes probabilísticas.

En BAGHERA los conocimientos son presentados por medio de problemas a resolver por el aprendiz.

BAGHERA y MASPLANG implementan perfil de aprendizaje inicial de los estudiantes y concepciones de estudiantes, permitiendo así conocer ideas iniciales y preferencias, entre otras.

### **3 CONCLUSIONES**

Educación Permanente en la actualidad representa un papel relevante en las reformas educativas de todos los países.

Las bondades que ofrecen los Agentes y los Sistemas Multiagentes, tales como la autonomía, flexibilidad y adaptabilidad pueden ser aplicarlas a un ambiente de enseñanza y aprendizaje computacional, y considerando las necesidades, perfiles y preferencias de los usuarios, esas bondades cobran especial relevancia.

Existe un creciente aumento de formación, tradicional, a distancia, educación continua, entre otros, la cual permite ver a estos sistemas basados en agentes inteligentes como sistemas de apoyo a dichos procesos formativos, permitiendo desarrollar mejores seguimientos, retroinformación, interacción con cada usuario, manejo de una visión del grupo y de cada estudiante, manejo de grupos, incentivos, adaptación a las necesidades, etc.

Existen diferentes experiencias de investigación de agentes inteligentes, que están siendo apoyo en la relación entre los usuarios humanos y los sistemas computacionales.

Para el desarrollo de muchos de estos sistemas, entre otros, se requerirá teóricos de la comunicación, lingüistas, especialistas en gráficos y animación, sin embargo, cabe señalar que si bien estos sistemas están logrando resultados interesantes, estos deben ser insertados bajo una filosofía y un modelo pedagógico sólido.

La secuenciación y generación dinámica de secuencias de presentación de contenidos a través de OA, con el fin de satisfacer necesidades personalizadas de aprendizaje, surge como alternativa viable de investigación, presentando la posibilidad de gestionar el conocimiento de un ambiente virtual de enseñanza y aprendizaje. De tal forma que la personalización y reusabilidad representan un eje de trabajo importante en un futuro próximo. De igual manera el poder incorporar variables difusas al diagnóstico de las concepciones de estudiantes representa una oportunidad de investigación interesante. Los agentes representan una interesante opción ante tal necesidad.

Aún falta mucho trabajo por hacer para poder construir sistemas flexibles y adaptativos que realicen la promesa de Internet: educación efectiva para toda la vida, a la medida en todo lugar y todo momento.

## Referencias

- Bocca, E., Jaques, P., Vicari, R. (2003). Modelagem e Implementação da Interface para Apresentação de Comportamentos Animados e Emotivos de um Agente Pedagógico Animado. *RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação*. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul 1(2).
- Botti, V., Carrascosa, C., Julian, V., Soler, J. (1999). The ARTIS Agent Architecture: Modelling Agents in Hard Real-Time Environments. *Proceedings of the MAAMAW'99. Lecture Notes In Computer Science*, vol. 1647. Springer – Verlag.
- Choua, C., Chanb T. & Linc C. (2002). Redefining the learning companion: the past, present, future of educational agents, *Computer & Education*.
- Confrey, J. (1990). A review of the research on students conceptions in mathematics, science, and programming. In: Courtney C. (Ed.) *Review of research in education*. American Educational Research Association.
- Covrigaru, A. and Lindsay, R. (1991). Deterministic Autonomous Systems. *AI Magazine*, Fall:110–117.
- Franklin, S., Graesser, A., Johnson, W.L. & Shaw, E. (1997). Using Agents to Overcome Deficiencies in Web-Based Courseware. Documento presentado en *Proceedings of the workshop "Intelligent Educational Systems on the World Wide Web"*, 8th World Conference of the AIED Society, Kobe, Japan.
- Foundation for Intelligent Physical Agents. (2002). FIPA Abstract Architecture Specification, <http://www.fipa.org/specs/fipa00001>.
- Guerra-Hernández, A. (2006). *Agentes: Conceptos básicos*. Departamento de Inteligencia Artificial. Universidad Veracruzana.
- Iglesias, C. (1998), *Definición de una metodología para el desarrollo de Sistemas Multi-Agente*, PhD thesis, Universidad Politécnica de Madrid.
- Jennings, N. Wooldridge, M. (1998). *Applications of Intelligent Agents*. Queen Mary & Westfield College. University of London.
- Johnson W.L, Rickel J.W. & Lester J.C. (2000). Animated Pedagogical Agents: Face-to-Face Interaction in Interactive Learning Environments, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11(2000).
- Mc.Graw, K and Harbinson-Briggs, K. (1989). *Knowledge Acquisition. Principles and Guidelines*. Prentice Hall.

- Nwana, H. (1996). *Software Agents: An Overview*. Intelligent Systems Research. AA&T, BT Laboratories, Ipswich, United Kingdom.
- Ovalle, D., Jiménez, J. y Viccari, R. (2005). *Sistemas de Enseñanza / Aprendizaje basados en Agentes Inteligentes Pedagógicos*. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 2(2). Universidad Nacional de Colombia.
- Parunak, H., Van D., and Odell, J. (1999). *Engineering Artifacts for Multi-Agent Systems*, ERIM CEC.
- Pérez T., Gutiérrez J., López R., González A. & Vadillo J. A. (2001). *Hipermedia, adaptación, constructivismo e instructivismo*. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 3(2).
- Pesty, S y Webber, C. (2004) *The Baghera Multiagent Learning Environment: An Educational Community of Artificial and Human Agents*. *European Journal for the Informatics Professional*. Vol. V, No. 4.
- Russell, S. y Norvig, P. (1996). *Inteligencia Artificial: un enfoque moderno*. Prentice - Hall. México.
- Ryokai, K., Vaucelle, C., & Cassell, J. (2002a). *Literacy Learning by Storytelling with a Virtual Peer*. Documento presentado en *In Proceedings of Computer Support for Collaborative Learning 2002*. Disponible en <http://web.media.mit.edu/~justine/publications.html>
- Ryokai, K., Vaucelle, C. & Cassell, J. (2002b). *Virtual Peers as Partners in Storytelling and Literacy Learning*. *Journal of Computer Assisted Learning*.
- Silveira, R. (2001). *Modelagem Orientada a Agentes Aplicada a Ambientes Inteligentes Distribuídos de Ensino – JADE - Java Agent framework for Distance learning Environments*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tesis Doctoral.
- Weiss, G. (1999). *Multiagent Systems: A modern Introduction to Distributed Artificial Intelligence*. MIT Press.