

Sistemas Inteligentes en el ámbito de la Educación.

Maite Urretavizcaya Loinaz

Dept. Lenguajes y Sistemas Informáticos. Facultad de Informática. Paseo Manuel de Lardizabal 1. San Sebastián. UPV-EHU. maite@si.ehu.es

Resumen

En este artículo se quiere dar una visión general de algunas de las actividades que realizan los sistemas inteligentes educativos. Para favorecer los procesos de aprendizaje en el estudiante existen dos planteamientos distintos. Uno, el de realizar una tutorización guiada mediante un proceso de transmisión de conocimientos a través de estrategias de enseñanza establecidas. Y otro, el de ofrecer una presentación de material docente que permita al estudiante adquirir conocimientos a través de sus propias estrategias de aprendizaje, según un planteamiento "constructivista". En particular, mostramos los Sistemas Tutores Inteligentes (STI) y los entornos que permiten la construcción de STI con planteamientos didácticos y pedagógicos conducidas por la idea de una tutorización guiada. También veremos los sistemas que incluyen tecnología hipermedia cuya propuesta se amolda fácilmente con los planteamientos constructivista. Por otro lado y desde una visión no individualizada de la enseñanza, presentamos sistemas que incluyen capacidades para un aprendizaje colaborativo. Finalmente, nos centraremos en ciertos modelos de formación, necesarios en ámbitos de la formación reglada, continua y ocupacional, y las posibilidades de abordarlos desde nuestra perspectiva tecnológica de la IA.

Palabras clave. Sistemas inteligentes educativos, nuevas tecnologías, sistemas tutores inteligentes, aprendizaje colaborativo, entornos hipermedia, herramientas de autor.

1. Introducción

La idea de aprovechar herramientas informáticas en la enseñanza se remonta a los años 50. Pero no será hasta los 80 cuando la enseñanza asistida por ordenador recobre un especial interés gracias a las técnicas de la *Inteligencia Artificial*. En aquella época surgen los denominados *Sistemas Tutores Inteligentes* (STI) con la vocación clara de desarrollar procesos de enseñanza adaptados a los diferentes usuarios/estudiantes. Sin embargo, la difusión y uso de la informática educativa, en particular de herramientas inteligentes de ayuda al aprendizaje, no se ha constatado de manera real en los procesos de formación clásicos. No se encuentran de forma generalizada en ámbitos de **formación reglada** (estudios conducentes a la obtención de un título), ni de **formación continua** (perfeccionamiento de las actividades de los trabajadores), ni tampoco de **formación ocupacional**

(formación de personas para poder desempeñar ciertas actividades).

Con la situación actual del mercado de las tecnologías de la información, -el abaratamiento de los ordenadores, el gran impulso de las comunicaciones e Internet, el desarrollo de sistemas multimedia y la cada vez mayor aceptación de herramientas informáticas por parte de la sociedad-, estamos quizás ante una situación inmejorable para abordar la demanda formativa y educativa, ofreciendo *Sistemas Inteligentes Educativos* (SIE) como herramientas de apoyo a la enseñanza/aprendizaje. Además, instituciones internacionales como la UNESCO¹, que a través de Jaques Delors lideró la comisión internacional para la educación en el siglo XXI bajo el título "*La educación encierra un tesoro*", apoyan claramente

¹ Delors, J. (1996): *La educación encierra un tesoro*. Madrid. Santillana/Ediciones UNESCO.

las nuevas tecnologías aplicadas especialmente a la educación. Así puede leerse en el documento elaborado finalmente por la comisión: "... *las sociedades actuales son de uno u otro modo sociedades de información en las que el desarrollo de las tecnologías puede crear un entorno cultural y educativo capaz de diversificar las fuentes del conocimiento y del saber.*"

Entendemos como SIEs, aquellos sistemas desarrollados en el ámbito de la didáctica cuyas capacidades hacen uso de técnicas de la Inteligencia Artificial. Para poder abordar con cierto grado de adecuación el reto de diseñar y desarrollar SIEs será necesario contar con: (1) técnicas informáticas (I.A., multimedia, comunicación de ordenadores, etc.), (2) planteamientos que faciliten la motivación del alumno frente al ordenador, (3) parámetros pedagógicos o de las ciencias de la educación que refuercen y apoyen los procesos de instrucción/aprendizaje que se lleven a cabo mediante nuevas tecnologías. El proceso de automatizar las actividades de la compleja tarea de enseñar/aprender obligará, en muchos casos, a fusionar planteamientos de las diversas disciplinas.

Con los SIEs se pretende ayudar, colaborar y/o favorecer los procesos de aprendizaje como parte integrada en los modelos de enseñanza más actualizados. Es decir, su creación se enfoca más como una herramienta complementaria de la enseñanza/aprendizaje que permite aumentar la calidad del aprendizaje, que como una herramienta que sustituye en sí todo un sistema clásico de enseñanza/aprendizaje. La utilización de los SIEs implica por parte del docente una nueva y más amplia visión de sus actividades de enseñanza.

El objetivo fundamental del artículo es dar una visión de algunos contextos docentes en los que la Inteligencia Artificial (IA) puede favorecer de algún modo la mejora de los procesos de aprendizaje.

Iniciaremos nuestra exposición con una breve reseña histórica de Sistemas Informáticos Docentes. Comenzaremos desde los primeros sistemas (los más básicos) hasta los Sistemas Tutores Inteligentes (STI) surgidos hacia los años 80. Se mostrará su arquitectura básica que incluye: consideraciones didácticas (*cómo se enseña*), características de los diferentes tipos de dominios (*qué se enseña*), propuestas diferenciadas según y a quién vayan dirigidos los sistemas (*a quién se enseña*). Seguidamente mostraremos algunas propuestas en la panorámica actual especialmente apoyadas en los planteamientos didácticos instructivo y constructivo, y en las propuestas individualizadas frente a las cooperativas. En el siguiente apartado,

mencionaremos otras cuestiones sobre diferentes modelos de enseñanza y las posibles aportaciones de los SIEs. Y finalmente en las conclusiones haremos algunas observaciones añadidas al discurso del presente artículo.

2. Antecedentes de los SIE actuales

Los sistemas de enseñanza tradicionales desarrollados antes de la aparición de los primeros STIs, se conocen con el nombre de CAIs (Computer-Assisted Instruction – Enseñanza Asistida por Ordenador). Las principales características de los mismos son:

- Los cursos son muy extensos.
- La comunicación entre el tutor y el alumno no está muy refinada.
- El conocimiento del cómo y porqué se ejecutan las tareas de enseñanza están fusionados. Es decir, los sistemas de enseñanza reaccionan según modelos establecidos y con cierta independencia de las actitudes y preferencias del alumno concreto.
- El diseño e implementación de los sistemas están hechos a medida.
- El conocimiento que incluye no se ve modificado con el tiempo, no evoluciona.

Los Sistemas CAI han ido evolucionando de una manera notoria. La figura 1 muestra la evolución de los sistemas de enseñanza. En los años 50 aparecieron los primeros sistemas de enseñanza, los llamados **programas lineales**. Estos programas se caracterizaban por mostrar el conocimiento de una manera lineal. Es decir, ningún factor podía cambiar el orden de enseñanza establecido en su momento por el programador.

Esta actuación de los sistemas tenía su origen en la *teoría conductista*, defendida en su momento por B. F. Skinner (1950). Dicha teoría propugnaba que las personas funcionan por estímulos y que a igual estímulo corresponde igual respuesta. Según esto, no se debía permitir cometer errores a los alumnos, ya que éstos les daría un refuerzo negativo. Por lo tanto, en el desarrollo de una sesión de enseñanza no se tiene en cuenta para nada la aptitud del alumno.

Los sucesores de los programas lineales en el campo de la enseñanza asistida por ordenador, fueron los **programas ramificados** (Crowed 1959). Estos tenían un número fijo de temas, al igual que los programas lineales, sin embargo se diferenciaban por la capacidad de actuar según la respuesta del alumno. La mejora ofrecida por estos sistemas se consiguió gracias a la técnica de Pattern-matching y al diseño de lenguajes de autor. En cuanto a la técnica de Pattern-matching, ésta permitía tratar las respuestas del alumno como aceptables o parcialmente

aceptables, en lugar de totalmente correctas o incorrectas como exige la propuesta de Skinner. Por su parte, el material de enseñanza obtenido en los programas lineales era en general demasiado grande e intratable por medios clásicos. Por ello se

desarrollaron los "lenguajes de autor" para permitir crear material de enseñanza de forma tratable por el sistema.

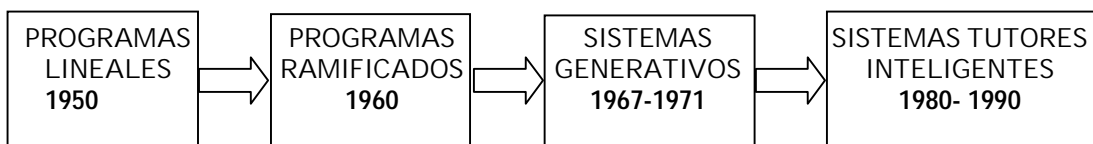


Figura 1. - Evolución de los Sistemas de Enseñanza

A finales de los sesenta y principios de los setenta (1967-1971) surgieron los **sistemas generativos** (también llamados **sistemas adaptativos**). Estos van asociados a una nueva filosofía educativa que manifiesta que "los alumnos aprenden mejor enfrentándose a problemas de dificultad adecuada, que atendiendo a explicaciones sistemáticas", es decir, adaptando la enseñanza a sus necesidades. Estos sistemas son capaces de generar un problema acorde al nivel de conocimiento del alumno, construir su solución y diagnosticar la respuesta del alumno. En general, la solución para un problema concreto no es única, sin embargo los sistemas generativos crean sólo una solución que es la base de su diagnóstico. Además, los sistemas generativos no sirven para todo tipo de dominio de enseñanza. Así como en áreas del estilo de la aritmética da buen resultado, la dificultad para generar problemas aumenta considerablemente en otras áreas de trabajo

una enseñanza individualizada. Además, de una manera cada vez más necesaria y al igual que cualquier software que se comunica con usuarios, el interfaz de comunicación corresponde con un módulo bien planificado, de fácil manipulación, y que favorece el proceso de comunicación tutor-alumno. La figura 2 representa la arquitectura básica de los STIs, siendo los modelos del dominio, pedagógico y del estudiante, los específicos de un sistema de enseñanza inteligente.

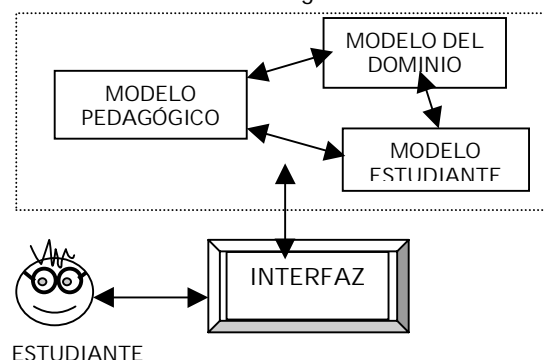


Figura 2. - Arquitectura básica de un STI

Como evolución de los sistemas CAI y con la incorporación de técnicas de I.A. aparecieron los **Sistemas Tutores Inteligentes (STI)**. En [Sleeman *et al.*, 82], [Wenger, 1987] se dispone de una buena muestra de STIs. Estos sistemas facilitan el proceso de enseñanza/aprendizaje haciéndolo más efectivo, correcto y también más agradable. Algunas de las características más importantes son:

- (1) El conocimiento del dominio está acotado y claramente articulado.
- (2) Poseen conocimiento del estudiante que les permiten dirigir y adaptar la enseñanza.
- (3) La secuencia de enseñanza no está predeterminada por el diseñador.
- (4) Realizan procesos de diagnóstico más adaptados al estudiante y más detallados.
- (5) La comunicación Tutor-Alumno mejora, permitiendo además que el alumno realice preguntas al Tutor.

Así, los STI se caracterizan por representar separadamente la materia que se enseña (modelo del dominio) y las estrategias para enseñarla (modelo pedagógico). Por otro lado, caracterizan al alumno (a través de un modelo del estudiante) para procurar

3. Visión de los SIEs a partir de los 90

En los últimos 10 años los sistemas inteligentes desarrollados en el ámbito de la educación han experimentado un gran avance, planteando sistemas desde diferentes puntos de vista pedagógicos y didácticos. El objetivo fundamental de cualquier sistema docente es el de hacer que los estudiantes aprendan. Lo que todavía no está claro es cuál es la mejor manera de conseguirlo. ¿Debemos ofrecer un buen sistema de enseñanza? Entendiendo enseñanza como "transmisión de conocimiento que precisa de un seguimiento continuo del profesor hacia el alumno, especialmente en los procesos de resolución de problemas". Esta sería una propuesta *instructiva*. O ¿debemos construir entornos de aprendizaje en el que "el estudiante guíe sus propios proceso de aprendizaje"? Es decir, se debe ofrecer al estudiante un entorno que facilite el descubrimiento y experimentación de nuevo conocimiento. Este

planteamiento corresponde con una visión *constructiva* de los procesos de aprendizaje. En nuestra opinión ambos planteamientos son válidos y necesarios, e incluso pueden llegar a ser complementarios.

En los siguientes subapartados nos adentramos en cada una de estas propuestas.

Enfoque "instructivo"

A lo largo de una vida estudiantil, surgen muchos procesos de enseñanza más o menos efectivos. Incluso, el refuerzo en el proceso de aprendizaje en algunas materias, se realiza en muchos casos a través de un seguimiento más estrecho entre un tutor y el estudiante (¡las clases particulares!). Estos procesos centran su actividad en la transmisión de conocimiento del profesor al alumno. Las capacidades que un buen profesor presenta se centran, en muchos casos, en una estructuración y presentación acertada del conocimiento. Además de disponer de una cierta variedad de técnicas, más o menos atractivas, para mantener la atención del estudiante y facilitar la transmisión del conocimiento deseada.

El planteamiento "idílico" de los ITS es el de un buen profesor, adaptándose al estudiante con el que interactúa. Los sistemas de entrenamiento inteligente o ITS con vocación de entrenamiento, tienen también este enfoque, aunque en estos casos los procesos se dirigen más a actividades específicas de resolución de problemas. Inicialmente los STIs, aunque permiten una iniciativa mixta en las interacciones educativas y los estudiantes pueden hacer preguntas y tener algún control sobre el proceso de enseñanza, proponen una estrategia dirigida. Es decir, el proceso de enseñanza va guiado sobretodo por el tutor según las prácticas tradicionales de la enseñanza.

El diseño e implementación de los ITS se ha venido realizando de manera "ad-hoc" para un determinado dominio y bajo las estrategias pedagógicas de un determinado docente o grupo de docentes. El resultado obtenido, en muchos casos, es el de un tutor, cuyas estrategias pedagógicas suponen un corsé demasiado prieto para las aspiraciones de enseñanza de muchos docentes y estudiantes. Aunque el estudiante puede intervenir sugiriendo la realización de actividades es el tutor quien las gestiona. Ello puede provocar una actitud demasiado pasiva del estudiante, quién pierde la motivación necesaria durante cualquier proceso de aprendizaje. Además, la utilización de los STIs como medio de aprendizaje se ve afectada por la complejidad y costo de su desarrollo. Por ello existe una importante línea de trabajo en el diseño y construcción de entornos para la creación de STIs o herramientas de autor, que permite la construcción de sistemas tutores a medida.

El objetivo fundamental de estas herramientas, es acercar la tecnología de los STIs al usuario no experto, facilitando el proceso de construcción de sistemas de tutorización, y equilibrando la relación entre coste y eficiencia en su construcción. [Murray, 99] hace un buen estudio del estado del arte sobre este tipo de herramientas de autor.

Los entornos de construcción de STIs, se basan en la arquitectura general antes mencionada. El docente es el responsable de incluir los conocimientos necesarios de una determinada materia (modelo del dominio), estableciendo las relaciones pedagógicas (pre-requisito, post-requisito, parte-de, etc.), que permiten establecer las futuras sesiones de enseñanza. Por otro lado, se dispone de una amplia paleta de opciones didácticas en las que establecer el tipo de enseñanza que queremos tener (módulo pedagógico). Además deberá incluir las características de estudiante que permitirán la adaptación del sistema (modelo del estudiante).

Enfoque "constructivo"

Como ya hemos apuntado anteriormente, existe otra propuesta diferente al enfoque instructivo anterior y que Papert bautizó como *construtivismo*. En el planteamiento que propone entiende el aprendizaje como un proceso activo de construcción de conocimiento. Este planteamiento, según [Cabrera, 95], asegura además que la "mejor" forma de aprender consiste en dedicarse a construir de forma consciente algo, algún objeto. En los sistemas desarrollados según esta propuesta [Jonassen *et al.*, 92], el estudiante lleva el control de la actividad docente, construyendo su propia sesión de aprendizaje y fijando y asegurando sus propios objetivos de aprendizaje. Los **sistemas hipermedia** se adaptan perfectamente a las exigencias de este tipo de planteamientos. Estos sistemas permiten que el usuario:

- Acceda a la información de la base de conocimiento que desee.
- Disponga de una gran variedad de formas de acceso a la información.
- Redefina la estructura y contenido del material a utilizar.

El grado de libertad que ofrecen a los estudiantes estas herramientas, aun siendo su mayor ventaja, puede llegar a ser su peor enemigo. La gran movilidad del estudiante por el hiperespacio puede desorientarle de tal manera que pierda el rumbo adecuado para alcanzar sus objetivos. Por ello es necesario ofrecer al estudiante herramientas complementarias que le permita reorientar su proceso de aprendizaje.

Aprendizaje individualizado vs. cooperación

Tanto los STI's como los sistemas hipermedia presentados, centran el proceso de aprendizaje desde una perspectiva *individualizada*. Es decir, los estudiantes aprenden mediante un proceso de interacción uno a uno, sistema-estudiante. Sin embargo, existe un movimiento que propone nuevas estrategias didácticas en las que se defiende que el aprendizaje de calidad, especialmente en el aprendizaje de las ciencias [White, 99], requiere cooperación más que competición. En este sentido el aprendizaje colaborativo [Vygotsky, 78] ofrece un escenario de cooperación que permite al estudiante cuestionarse y construir su conocimiento. El estudiante aprende a dar explicaciones sobre los sucesos que experimenta, atiende a las explicaciones de sus compañeros, justifica los sucesos, etc. En la actualidad y gracias a las nuevas tecnologías de la comunicación se está favoreciendo la enseñanza en grupo o *aprendizaje colaborativo*. Un grupo de estudiantes se comunica a través de una red de ordenadores para colaborar y compartir las actividades necesarias en la resolución de una determinada tarea docente. Los sistemas con este planteamiento de colaboración desarrollan entre otras actividades tales como:

- Resolución de problemas de forma conjunta.
- Crítica de propuestas propias y ajenas.
- Justificación y Explicación de las soluciones dadas y recibidas.
- Acceso a información.

Así con este nuevo planteamiento se justifica el aprendizaje desde diferentes perspectivas (la propia y la de los compañeros), pero requiere necesariamente un seguimiento continuo y motivador del docente. Este proceso de seguimiento, que en un principio parece sencillo de abordar, puede tener una complejidad creciente dependiendo del número de estudiantes del grupo, de la complejidad de los problemas que se resuelvan, del conocimiento necesario para su resolución, etc. Todo ello, se agrava en una situación sincrónica de aprendizaje colaborativo en la que es necesario que el docente cuente con herramientas de ayuda para supervisar todas las actividades realizadas por los estudiantes en un momento determinado o motivar la realización de ciertas actividades, con el objetivo de asegurar una solución debatida, consensuada y más elaborada.

¿STI o modelos constructivos?

A pesar de los planteamientos enfrentados entre ambas propuestas, cada vez más se observa que los STIs flexibilizan su actuación según las propuestas del alumno. Y por otro lado, los sistemas constructivistas ofrecen al alumno un asesoramiento tutorizado que le permite reconducir, de forma

efectiva, su propio proceso de aprendizaje.

Además, según la perspectiva que defiende [Self, 99], los STI no disponen de un soporte de aprendizaje inherentemente contradictorio con la visión constructivista del aprendizaje. La arquitectura de un STI puede servir como marco en un proceso de aprendizaje constructivo. Para clarificar esta afirmación es necesario reconsiderar los tres componentes tradicionales de los STI.

Módulo del dominio

Los diseñadores de modelos con aprendizaje constructivo, diseñan el conocimiento del dominio según la naturaleza de las situaciones, contextos e interacciones posibles. Estas representaciones que pueden parecer similares a las del modelo del dominio de los STI, sin embargo tienen un propósito muy diferente. No hay descripciones de los objetos del dominio, sino descripciones de fuentes disponibles en determinadas situaciones. Desde esta perspectiva el modelo del dominio será un subconjunto de la noción más amplia de Modelo de situación.

Modelo del estudiante

Habitualmente el modelo del alumno de un STI se utiliza para analizar las interacciones del estudiante con referencia al modelo del dominio. El objetivo es detectar la falta de conocimiento o errores para establecer una posible intervención instruccional. Desde un punto de vista constructivista el modelo particular del alumno, en cada momento, debe centrarse en los procesos interactivos del estudiante teniendo en cuenta sus acciones, el contexto en el que ocurre y sus estructuras cognitivas. Así la idea de un modelo de procesos de interacciones es un superconjunto de la idea del modelo de estudiante en los STI.

Módulo pedagógico

El módulo pedagógico determina los planes instruccionales, interpretando el modelo del estudiante con respecto al currículum que refleja el modelo del dominio. Desde el punto de vista constructivista el papel pedagógico del sistema no debe determinar los eventos instruccionales, sino proporcionar espacios de interacción al estudiante, basados en un modelo de ofrecimientos de situaciones potenciales. Así pues, tenemos una visión objetiva del dominio desarrollada con un modelo de ofrecimientos, en términos de "ítems de conocimiento" que pueden aprenderse a través de eventos o situaciones particulares.

4. Modelos de formación e IA

Los ámbitos de formación (formación reglada, continua y ocupacional) mencionados inicialmente, precisan *modelos de formación* adecuados y adaptados a las necesidades del entorno en el que se

desarrollan. Cada vez más es necesario adaptar los medios al: tipo de conocimiento que se quiere aprender, al tipo de usuario que quiere aprender (edad, formación previa, interés en la materia, etc.), disponibilidad en el tiempo para realizar actividades *síncronas* o *asíncronas* y disponibilidad en el espacio para realizar actividades *presenciales* o a *distancia*. Según las investigaciones educativas llevadas a cabo y recogidas en [García *et al.*, 00], tenemos 4 modelos de aprendizaje:

- **aprendizaje DE otros**, a través de la realización de cursos. En este apartado, podríamos incluir cualquiera de los sistemas docentes STI y sistemas multimedia, incluso sistemas lineales y ramificados.
- **aprendizaje SOLO**, mediante autoformación, estudio bibliográfico, etc. En este apartado tendrían cabida los sistemas multimedia desde un punto de vista exclusivamente constructivista.
- **aprendizaje CON otros** realizando seminarios y actividades en grupos. Claramente quedan reflejados en este apartado los sistemas desarrollados en el ámbito del aprendizaje colaborativo.
- **aprendizaje informal** o no planificado y abierto, quizás con el estudio de pequeñas unidades didácticas pero sin objetivos docente claros. En este sentido, la utilización de un sistema constructor parece que se adapta fácilmente a este tipo de necesidades.

La *formación reglada*, obliga al estudiante a superar los conocimientos de un determinado currículum. Por ello es necesario, contar con sistemas que cubran total o parcialmente estas necesidades. En este sentido y cada vez más esta proliferando la enseñanza virtual sobre la red, que combina enseñanza presencial clásica (minimizada al máximo) y no presencial. Así, la clase magistral desaparece como base de los cursos, desarrollándose documentación informatizada (libros digitales, documentos HTML, etc.). Sin embargo la IA todavía tiene camino que recorrer para facilitar y agilizar el desarrollo de buen material docente combinando eficiencia en el desarrollo y eficacia del producto desarrollado. Dependiendo del tipo de enseñanza será necesario determinar qué estrategia pedagógica se adapta mejor, instructivista o constructivista, y si es mejor una propuesta individualizada o colectiva.

La *formación continua* tiene un planteamiento diferente al anteriormente visto. Desde el punto de vista pedagógico los usuarios son conocedores del dominio. Sin embargo, necesitan de la actualización y consolidación de aspectos particulares del dominio. Por ello el planteamiento es más práctico y el enfoque se realizará en sesiones de entrenamiento. Así, será interesante permitir el desarrollo de buenos

sistemas de entrenamiento, con diagnóstico y corrección precisa, que ayuden al trabajador a mantener su conocimiento correcto y actualizado.

Por último, la *formación ocupacional* surge de la necesidad de ampliar conocimientos en ámbitos alejados o complementarios a los habitualmente necesarios en el entorno profesional. Por ello, el planteamiento docente se ajustará a los deseos del propio usuario, tanto en tiempo (debido a otras actividades como las laborales), en espacio (por no poder desplazarse al lugar en el que se puedan desarrollar las actividades docentes), en el nivel de profundidad de los conocimientos que se quieren aprender, etc. En definitiva, un sistema asincrónico, no presencial y con posibilidades de regular el nivel de enseñanza, construyendo a voluntad las propias sesiones de enseñanza, se adapta mejor a este tipo de formación.

5. CONCLUSIONES

En este artículo hemos querido dar una visión general del estado del arte de los sistemas inteligentes educativos. De algún hemos pretendido unir tres aspectos diferenciados: algunas estrategias pedagógicas del aprendizaje con respecto a las necesidades de formación, las facilidades de comunicación que nos ofrecen las nuevas tecnologías, y las aportaciones desarrolladas desde la perspectiva de la Inteligencia Artificial.

En este sentido, hemos presentado los STIs y entornos de construcción de STIs, los sistemas que incluyen modelos colaborativos y los sistemas hipermedia.

De estos sistemas hay aspectos comunes en los que todavía es necesario trabajar e investigar.

En cuanto a la tarea de resolución de problemas, cualquiera de los sistemas presentados necesita de los nuevos enfoques que aseguren la calidad en los procesos de aprendizaje. Tomando como propia la máxima de los ingenieros que "hacer se aprende haciendo", es necesario incluir sistemas de simulación de actividades, entornos de realidad virtual, etc., que permitan formarse una idea más real del dominio.

En cuanto a la tarea de "evaluación de lo aprendido" o "nivel de aprendizaje", cualquiera de los sistemas vistos, aunque quizás más aquellos con iniciativa individualizada, precisan de herramientas para la autoevaluación. Es necesario que los estudiantes conozcan sus progresos como refuerzo y guía de su propio proceso de aprendizaje.

Por otro lado la adaptación de los sistemas, no sólo debe estar basada en el estudiante con el que se interactúa (en el caso de la enseñanza individualizada) o del grupo de estudiantes (en el caso de los modelos de colaboración), sino que debe

agrupar a todas las interacciones realizadas a lo largo de la actividad docente para permitir la automejora automática o semiautomática. Es decir, es necesario incluir dispositivos de control y evaluación en las herramientas.

En cuanto a la complejidad de estos sistemas docentes, no por su aspecto externo (interfaz) sino por la diversidad de actividades que se pueden realizar, los sistemas precisan de ayuda inteligente. El objetivo será asesorar a los usuarios a cerca de usos y posibilidades de los sistemas docentes que le son desconocidos. Para conseguirlo se podrán utilizar bien agentes autónomos o bien modelo de usuarios adecuados para estas necesidades.

Quedan en el tintero otras propuestas educativas no mencionadas: entornos de desarrollo de material en plataformas telemáticas, entorno para diseño de sistemas constructivos adaptativos, agentes inteligentes para docencia y su reusabilidad, libros inteligentes, etc. El conjunto de actividades que deben facilitar estas herramientas sigue abierto al estudio tanto para los investigadores en el área de la IA como para los de otras áreas como la pedagogía y la didáctica.

Referencias

Aiken R.M. and Epstein R.G. "Ethical Guidelines for AI in Education: Starting a conversation". *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2000. Vol. 11, num. 2. Pp.

Baker M. "The roles of models in Artificial Intelligence and Education research: a prospective view". *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2000. Vol. 11, num. 2. pp. 122-143.

Brecht B. "Determining the Focus as Instruction: Content Planning for Intelligent Tutoring Systems" Universidad de Saskatchewan, Saskatoon Canada, 1990.

Cabrera A. "Informática educativa: La revolución constructorista". *Informática y Automática*. Vol.18-1/1995. pp.24-31.

Ciliberti N. Y Galagovsky L.R. "Las redes conceptuales como instrumento para evaluar el nivel de aprendizaje conceptual de los alumnos. Un ejemplo para el tema de la dinámica". *Enseñanza de las ciencias*, 1999. Vol. 17, num. 1, pp. 17-29.

Collins, A., Neville, P. & Biellaczyc, K. "The role of different Media in designing Learning Environments" *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. 2000. Vol. 11, num. 2, pp. 144-162.

Cumming G. And McDougall A. "Mainstreaming AIED into Education?" *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 2000. Vol. 11, num. 2, pp. 197-207

Fernández, B., Vaquero, A., Fernández-Valmayor, A. Y Hernández L. "Informática educativa: revisión y análisis de los problemas de la utilización de las computadoras en la enseñanza". *Informática y Automática* (1997). Vol. 13, Num. 3, pp.3-18.

García C.M. y Lavié J.M. "Formación y Nuevas tecnologías: Posibilidades y condiciones de la Teleformación como espacio de aprendizaje". <http://prometeo.cica.es/teleformacion/articulo/teleformacion.html>.

Gil D., Carrasco J., Dumas-Carré A., Furió C., Gallego R., Gené A., González E., Guisasola J., Martínez-Torregrosa J., Pessoa de Carvalho A. Salinas J. Tricárico H. Y Valdés P. "Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? Debates. Enseñanza de las ciencias, 1999. Vol. 17, num. 3, pp. 503-512.

Jonassen D., Mayes T. and McAleese R. "A Manifiesto for a constructivist Approach to Uses of Technology in Higher Education". Eds. Duffy, Lowyck and Jonassen, 1992. pp. 231-147.

Lacruz M., Bravo C y Redondo M.A. "Educación y nuevas tecnologías ante el siglo XXI"

Luckhart C and Steuck. "The future of Intelligent Tutoring System". In *Intelligent Tutoring Systems. Evolutions in Design* (Eds.) Burns H., Parlett J.W. and Luckhardt C. Lawrence Erlbaum associates, publishers, 1991.

McCalla G. "The fragmentation of Culture, Learning, Teaching and Technology: Implication for the Artificial Intelligence in Education Research Agenda in 2010". Vol. 11, num. 2, pp. 177.195.

Murray, T. "Authoring Intelligence Tutoring Systems: An Analysis of the State of the Art". *International Journal of Artificial Intelligence in Education* (1999) 10, 98-129.

Nwana S. "Intelligent Tutoring Systems: an overview". *Artificial Intelligence Review*, 1990. Num. 4, pp. 251-277.

Self J. "The defining characteristics of intelligent tutoring systems research: ITs care, precisely". *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 1999. Vol. 10, num. 3-4, pp. 350-364.

Sokolnicki T. "Towards knowledge-based tutors: a survey and appraisal of Intelligent Tutoring Systems" *The Knowledge Engineering Review*, 1991. Vol.6:2, pp. 59-95.

Sleeman D. and Brown J.S. "Intelligent Tutoring Systems" ISBN 0-12-648680-8-Academic press, 1982.

Valverdu F., Sancho T., Mor E., Santanach F. y Abad A. "Agentes Inteligentes y Libros Digitales" 5º coloquio europeo sobre autoformación Universidad abierta, formación virtual y aprendizaje. Barcelona (1999).

Vigotsky L.S.. "Mind in society: The development of higher psychological processes". Cambridge MA: Harvard University Press, 1978.

Vivet M. "Research in Advanced Educational Technology: Two Methods". Scanlon E. And O'Shea T. Eds. *New directions in Educational Technology*. NATO Asi Series, Vol 96, pp. 177-189.

Wenger E. "Artificial Intelligence and Tutoring Systems". ISBN 0-934613-26-5- Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1987.

White R.T. "Condiciones para un aprendizaje de calidad en la enseñanza de las ciencias. Reflexiones a partir del proyecto PEEL" Traducción de la ponencia del V congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias (Martínez C.). *Enseñanza de las ciencias*, 1999. Vol. 17, num.1, pp. 3-12.