

La Inteligencia Artificial en la Informática Educativa

Maikel León Espinosa, Zenaida García Valdivia

Laboratorio de Informática Educativa
Centro de Estudios de Informática
Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
Carretera a Camajuaní Km. 5 ½
Santa Clara, Villa Clara, Cuba

{mle, zgarcia}@uclv.edu.cu

Resumen: Las técnicas de Inteligencia Artificial permiten la representación del conocimiento junto a un mecanismo de inferencia mediante el cual se obtienen conclusiones después de un proceso de razonamiento o deducción, este mecanismo es aprovechado en la elaboración de Sistemas Inteligentes, que pueden utilizarse para el proceso de Enseñanza-Aprendizaje. En estos programas educativos la información que se necesita del alumno es almacenada en estructuras que posibilitan extraer conclusiones útiles, por lo que estudiantes con diferentes características y necesidades cognitivas, afectivas y motivacionales tendrán asociados diferentes materiales de estudio. Al incorporarle inteligencia a los software, estos son capaces de guiar al alumno de una forma personalizada en una enseñanza semipresencial que requiere de la independencia del estudiante. En este artículo se exponen algunas ideas desarrolladas por los autores acerca de las aplicaciones de técnicas de Inteligencia Artificial en el desarrollo de software adaptativos con fines educacionales.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes, Informática Educativa.

Abstract: The Artificial Intelligence techniques allow the knowledge representation join an inference mechanism where conclusions are obtained after a reasoning process or deduction, this mechanism is taken in the elaboration of Intelligent Systems and can be used in Teaching-Learning process. In these educational programs the information that is needed of the student is stored in structures that facilitate to extract useful conclusions, so students with different characteristic and cognitive, affective and motivational necessities will have associates different study materials.

Incorporating intelligence to the software, these they are able to guide the student in a personalized way that requires of the student's independence. In this paper some ideas developed by the authors are exposed about the applications of Artificial Intelligence techniques in the development of adaptive software with educational purposes.

Key words: Artificial Intelligence, Intelligent Teaching-Learning Systems, Computer Assisted Instruction.

1. Introducción

Si en épocas anteriores se trataba de justificar que las computadoras podían utilizarse como objeto o medio de enseñanza dentro del plan de estudios de una disciplina, hoy día se puede afirmar que no es razonable planear, impartir o investigar procesos educativos sin considerar el uso de las computadoras. Cuatro formas de utilizar las computadoras en el proceso docente educativo son:

- Lograr el dominio del aprendizaje por reforzamiento y ejercitación.
- Realizar procesos de aprendizaje por descubrimiento.
- Generar procesos de búsqueda en contexto de interacción.
- Favorecer procesos de construcción de conocimiento.

Por supuesto que esto no es una clasificación rígida, cada una de estas formas tiene sus variantes y se suelen presentar combinadas en dependencia de los objetivos que se persiguen, los contenidos de aprendizaje, los recursos a emplear y otros. Al analizar la computadora en la dimensión de medio de enseñanza-aprendizaje se hace necesario conocer que al conjunto de recursos informáticos diseñados con la intención de ser utilizados en este contexto se le denomina “software educativo”. La introducción y

la utilización efectiva de las computadoras con fines docentes es un fenómeno complejo, de amplias perspectivas y cuyos resultados serán más favorables a largo plazo, en la medida en que se tenga en cuenta la respuesta a la pregunta ¿Cómo utilizar la computadora ante cada tipo de situación educativa? Para lograr que el aprovechamiento de las computadoras en el proceso docente, tenga un papel relevante, se hace necesario dotarlas software educativos de calidad, lo que debe medirse en términos del conocimiento que sean capaces de representar y transmitir. Previo al proceso de elaboración de un software educativo, es imprescindible:

- Determinar la existencia de un problema educativo a resolver.
- Asegurar que la computadora efectivamente tiene ventajas cualitativas sobre otros medios educativos para resolver el problema.

El uso de la computadora en sus diversas modalidades ofrece, sobre otros métodos de enseñanza, ventajas tales como:

- Participación activa del alumno en la construcción de su propio aprendizaje.
- Interacción entre el alumno y la máquina.
- La posibilidad de dar una atención individualizada al estudiante.
- Permite el desarrollo cognitivo del estudiante.
- Control del tiempo y secuencia del aprendizaje por el alumno.

Por su parte, la Inteligencia Artificial (IA) se enfoca como un complemento de la computación tradicional porque ofrece técnicas para enfrentar dos clases de problemas:

- Los que no tienen un algoritmo conocido para resolverlos.
- Los que por su dimensión hacen inaplicable algún algoritmo conocido para su solución.

Según Elaine Rich: “La IA es el estudio de cómo lograr que las computadoras hagan cosas que por el momento las personas hacen mejor” (Bello, 2002). Dentro de las tecnologías de la IA se encuentran los Sistemas Basados en Conocimiento (SBC), conocidos también por Sistemas Expertos (SE) y comúnmente se les denomina: “programas inteligentes”. Se pueden definir como: “Un sistema informático que simula el proceso de aprendizaje, de memorización, de razonamiento, de comunicación y de acción de un experto humano en una determinada rama de la ciencia, suministrando, de esta forma, un consultor que puede sustituirle con unas ciertas garantías de éxito” (García, 2000).

2. La Ingeniería del Conocimiento y los Sistemas Basados en Conocimiento

La Ingeniería del Conocimiento (IC) se define como el conjunto de principios, métodos y herramientas que permiten aplicar el saber científico y de experiencia a la utilización de los conocimientos y de sus fuentes, mediante construcciones útiles para el hombre. Enfrenta el problema de construir sistemas computacionales con destreza, aspirando primero a adquirir los conocimientos de distintas fuentes y, en particular, a concluir los conocimientos de los expertos y luego organizarlos en una implementación efectiva (Forsythe, 1993). La IC es el proceso de diseñar y hacer operativos los SBC, es el subcampo de la IA concerniente a la adquisición, conceptualización, representación y aplicación de conocimientos, es una de las especialidades que necesitan los modernos métodos de la IA (Reyes, 2005).

La IC es una de las disciplinas emergentes que nació en la era del conocimiento, esta disciplina ha evolucionado desde la década del setenta en la que se comenzaron a desarrollarse los SBC, los que permiten hacer la distribución electrónica del conocimiento a nivel experto y de las capacidades de solución de problemas. Tradicionalmente la IC se ha relacionado con el desarrollo de sistemas de software por computadora en el cual el conocimiento y el razonamiento juegan un papel primordial. Como disciplina, dirige la tarea de construir sistemas inteligentes proporcionando las herramientas y los métodos que soportan el desarrollo de ellos. En esta tarea se involucra la obtención de conocimiento, la familiarización con el dominio, el análisis y el diseño de la solución, y la validación del conocimiento hasta que el conocimiento acumulado de un dominio sea traducido en un código probado y refinado.

El punto clave del desarrollo de un SBC es el momento de traspasar el conocimiento que posee el experto a un sistema real (Tansley, 1993). En este proceso no sólo se han de captar los elementos que componen el dominio del experto, sino que también se han de adquirir las metodologías de resolución que utilizan estos.

Los problemas fundamentales en la construcción de los SBC son (Davis, 1982):

- Adquisición de Conocimientos: Cómo trasladar los conocimientos humanos a una representación abstracta efectiva, denominada conceptualización.
- Representación de Conocimientos: Cómo representar los conocimientos en términos de estructuras de información que una computadora puede procesar.
- Generación de Inferencias: Cómo hacer uso de esas estructuras de información para

generar información útil en el contexto de un caso específico.

Los SBC están compuestos por la Base de Conocimiento (BC), un Mecanismo de Inferencia (MI), una Interfaz de Usuario (IU) y opcionalmente incorporan un Módulo Explicativo (ME), uno de Cálculo de la Certidumbre (MCC) y uno de autoaprendizaje (MA). Cuando aparecen estos módulos opcionales algunos autores llaman al SBC, SE.

Pretensiones de los SBC:

- Mejorar la calidad del conocimiento de los expertos humanos.
- Conseguir la supervivencia del conocimiento y que no muera con la muerte física del experto humano.
- Multiplicar el número de expertos y, por tanto hacer más accesible el conocimiento existente.
- Disminuir el costo del conocimiento.
- Sustituir y mejorar al experto humano.

Tipos de SBC:

- Sistemas Basados en Reglas.
- Redes Neuronales Artificiales.
- Sistemas Basados en Probabilidades.
- Sistemas Basados en Casos.
- Sistemas Híbridos (SH): combinación de dos o más tipos de SBC.

3. Aplicación de la Inteligencia Artificial en la Educación

La educación es una de las áreas de aplicación de la IA. Se plantea que el uso de las técnicas de IA en la elaboración de software educativos permite que los sistemas:

- Se adapten mejor a las características de los estudiantes teniendo en cuenta el historial de actuaciones del alumno y no a una respuesta aislada.
- Generen problemas, soluciones y diagnósticos cómo y cuándo se necesite durante una sesión de aprendizaje.

Los sistemas expertos constituyen un valioso recurso en el proceso docente porque un profesional en formación puede beneficiarse observando cómo un sistema experto resuelve un problema difícil, así como analizando las explicaciones que ofrece y los métodos de búsqueda y solución aplicados por el sistema. La aplicación didáctica de los sistemas expertos permite (Lenat, 1990):

- Resolver problemas complicados de manera que su forma de operar sirva de guía para el alumno.

- Organizar el saber disponible sobre la materia, posibilitando su aplicación directa a la solución del problema.
- Preservar el conocimiento para su utilización futura.
- Establecer una comunicación eficiente con el estudiante.
- Captar y presentar en diferentes formas las respuestas que recibe o proporciona.
- Reconocer una extensa gama de errores de razonamiento.
- Proveer conjuntos de problemas distintos y graduar su dificultad relativa.

El software educativo requiere de grupos multidisciplinarios donde intervengan al menos educadores y especialistas en computación (Shneiderman, 2006). Estos programas abarcan finalidades muy diversas que pueden ir desde la adquisición de conceptos al desarrollo de destrezas básicas, o la resolución de problemas. Otros autores suelen llamarlos Software Instructivos, Programas Instructivos o Materiales Educativos Computarizados. Existen diferentes tipos de software educativos que pueden utilizarse en el proceso de enseñanza-aprendizaje entre los que se encuentran:

- Programas de ejercitación.
- Tutoriales.
- Sistemas expertos (Durkin, 1994).
- Programas de demostración.
- Simuladores.
- Repasadores.
- Juegos.
- Sistemas de aplicación.

El relativo y creciente uso de la computación en la Educación está más relacionado con el impacto que la computación y la informática han tenido en el mundo moderno y continuará teniendo. Hay que ver a la computadora como un medio complementario a otros a que puede utilizar el profesor, pero este medio debe superar las limitaciones de los medios educativos convencionales, enfrentando el reto que le imponen los últimos avances tecnológicos. En la década de los 80 una de las áreas de aplicación de la IA que más se desarrolló fue la esfera educacional, específicamente los sistemas para entrenamiento (Tennyson, 1987). Por otra parte (Galvis, 1994) y (Alessi, 1985) incluyen a los sistemas expertos como uno de los tipos de sistemas de Enseñanza Asistida por Computadoras (EAC) que utilizan técnicas de IA. Un profesional en formación puede beneficiarse observando cómo un sistema experto resuelve un problema difícil, así como analizando las explicaciones que ofrece y los métodos de búsqueda y solución aplicados por el sistema. Es por ello que

los sistemas expertos constituyen un valioso recurso en el proceso docente.

En (Galvis, 1994) se plantea que desde el punto de vista del usuario que aprende, un sistema experto es un sistema que además de demostrar gran capacidad de desempeño en términos de velocidad, precisión y exactitud, tiene como contenido un dominio de conocimientos que requiere de gran cantidad de experiencia humana, no solo principios y reglas de alto nivel, si no que es capaz de hallar o juzgar la solución a algo, explicando o justificando lo que halla o juzga, de modo que es capaz de convencer al usuario de que su razonamiento es correcto. Esta capacidad de razonar como un experto es lo que hace que estos sistemas sean útiles para que los aprendices ganen experiencia en dominios en que es necesario obtenerla y hagan explícito el conocimiento que está detrás de ella. En la etapa de diseño de un SE el esfuerzo intelectual que exige formalizar el conocimiento que se va a incluir puede llevar al diseñador a un mayor o más detallado conocimiento del tema que se trata, la estructura misma de un sistema experto permite ver el conocimiento y el proceso de aprendizaje desde una perspectiva sistémica como una unión de información o conocimiento y manipulación de ese conocimiento (Hayes-Roth, 1983).

Dado que un SE encierra lo que sabe un experto especialista acerca de un dominio específico, resulta razonable pensar en él como base de un sistema individualizado de aprendizaje apoyado por la computadora en ese dominio (Raeth, 1990). Los SE no constituyen la única vía para el empleo de las técnicas de IA en la enseñanza. Se pudiera hacer referencia a un término más general, como son los Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes (SEAI). Estos utilizan técnicas de IA y enfocan una sesión de trabajo como un proceso de cooperación entre el sistema y el alumno, con el objetivo de propiciar el aprendizaje. El sistema debe analizar en cada momento el comportamiento del estudiante para caracterizar su actuación y decidir cuál es la estrategia más adecuada a aplicar; qué explicarle, con qué, nivel de detalle, cuándo interrumpirle, cómo corregirle, de forma que culmine con éxito el proceso de aprendizaje, para decidir y aplicar dicha estrategia, es necesario conocer la materia que se imparte y comprender la forma en que se asimila.

Las variantes metodológicas de estos SEAI son:

- Tutores inteligentes.
- Entrenadores inteligentes.
- Sistemas inteligentes basados en simulación.
- Juegos inteligentes.
- Evaluadores inteligentes.

Sus fundamentos teóricos se apoyan en la Ingeniería del Conocimiento, las técnicas de IA, así como la

ciencia pedagógica, ya que por medio de entrevistas y sesiones realizadas con los profesores más experimentados se recopilan conocimientos valiosos que se pueden formalizar y codificar. El éxito de este tipo de sistema estará determinado por su capacidad de manipular características específicas y procesos involucrados en la instrucción, incluyendo la capacidad de establecer diálogo en lenguaje cercano al natural (Garijo, 1985).

4. Sistemas Tutores Inteligentes

Estos Sistemas Inteligentes (SI) se diferencian de los convencionales en que pueden manejar conocimiento estructurado y empírico, no procesan datos, sino conocimiento representado en forma adecuada, explican la línea del razonamiento que siguen y justifican las conclusiones a que llegan (Wenger, 1987). Se puede esbozar un esquema estructural para un Sistema Tutor Inteligente (STI) que contiene los siguientes módulos (García, 1993):

- Experto sobre el objeto de estudio: Tiene como función resolver los problemas y ejercicios, en forma simbólica y numérica en algunos casos.
- Tutor: Dirige al componente Experto con el objetivo de enseñar. Determina qué sabe el estudiante y cuál es la próxima tarea a plantear. Cuando se producen errores, el tutor no sólo debe detectarlos sino también establecer un diagnóstico que le permita al estudiante tomar una actuación adecuada para corregirlos.
- Modelo del estudiante: Representa el estado actual del conocimiento y las habilidades del alumno. Se emplea para realizar predicciones sobre el trabajo futuro.
- Bases de datos sobre el estudiante: Incluye datos personales (nombre, especialidad, etc.), así como otros relativos a capacidad del estudiante, sus generalizaciones, abstracciones y habilidades acerca del campo concreto de enseñanza.
- Módulo de explicaciones: Se encarga de ofrecer una explicación cuando el estudiante arriba a cierta conclusión.
- Adquisición automática de conocimiento: Es el módulo que “aprende” e incorpora nuevas reglas al tutor sobre la base de la experiencia de interacción con el usuario.
- Interfaz: Tiene como función comunicar al estudiante con el sistema, mediante el uso de un lenguaje cercano al natural, gráficos y notaciones especializadas.

En (Roberts, 1983) se sugirió que los módulos de un STI se construyeran como sistemas expertos independientes, lo cual facilita su elaboración, pues

por su complejidad cada parte constituye un área de investigación diferente. Los STI no están exentos de limitaciones, (Webb ,1988), (Rosemberg, 1990) señalan las siguientes deficiencias que aun se encuentran vigentes:

- Alto costo de desarrollo.
- Alto costo del equipamiento requerido para su uso.
- Incapacidad para manipular dominios complejos.
- Carencia de métodos de representación del conocimiento que faciliten el acceso a dicho conocimiento.
- Necesidad de añadir al dominio conocimiento secundario relacionado.

Con el fin de disminuir los costos anteriormente señalados, se construyen entrenadores inteligentes, los cuales están primordialmente orientados al desarrollo de habilidades, pues no pretenden la dirección total del proceso de instrucción ni llevan a cabo la formación de conceptos nuevos. Sólo supervisan la actividad práctica del estudiante mediante el control de los errores durante la solución de los ejercicios, hacen recomendaciones y controlan la presentación dosificada de problemas y ejercicios.

5. Comparación de los sistemas convencionales e inteligentes

Para comprender las diferencias entre ambos tipos de sistemas, a continuación se comparan, considerando varios aspectos:

- **Objetivos de desarrollo:** Los sistemas de EAC convencionales han sido elaborados para mejorar la efectividad de la enseñanza a través del uso de técnicas de programación y estrategias educacionales, mientras que los SI han tratado de explorar las posibilidades de la IA en el proceso de enseñanza-aprendizaje, de aquí que el aspecto central haya sido la parte técnica del sistema (representación del conocimiento, procesamiento del lenguaje natural, mecanismos de inferencia, etc.) sin dejar de hacer énfasis en los aspectos psicopedagógicos.
- **Fundamentos teóricos:** En los sistemas convencionales se han incorporado en forma limitada algunos principios didácticos. Con la introducción de las técnicas de IA en apoyo al proceso de aprendizaje, algunos SI han podido representar mejor el proceso de cognición involucrado en las tareas específicas de enseñanza. De esta forma se dispone de diferentes métodos para realizar inferencias sobre la estructura del conocimiento del estudiante, así como se han

empleado métodos de representación del conocimiento desarrollados sobre la base de los modelos cognoscitivos de la memoria humana. Muchos sistemas convencionales están centrados en los aspectos prescriptivos de la instrucción, sin una consideración suficiente del proceso descriptivo y de diagnóstico de la instrucción. En contraste, muchos SI ponen más énfasis en el proceso descriptivo del aprendizaje y los procesos de diagnóstico que en el proceso prescriptivo. Esto denota una tendencia manifiesta a conceder mayor importancia al aprendizaje más bien que a la enseñanza.

- **Estructura y funciones de los sistemas:** Por lo general todos los componentes de un sistema convencional (contenido de la materia, información acerca del estudiante y estrategia instructiva) están almacenadas e implementadas como una simple estructura. Algunos sistemas tienen módulos separados para almacenar la componente pedagógica independientemente de sus procedimientos operacionales. Con esta estructura el estudiante tiene poca o ninguna iniciativa en el proceso instructivo. Muchos SI están básicamente organizados en una estructura modular, consistiendo de tres componentes principales de instrucción: base de conocimiento, modelo del estudiante y estrategia instructiva. Con esta estructura se facilita la interacción entre estudiante y sistema en cuanto al tipo de preguntas y respuestas que pueden realizarse. Además, algunos SI incorporan el procesamiento del lenguaje natural, lo cual posibilita iniciativas mixtas en el diálogo. También los SI usan mecanismos de inferencia para diagnosticar el estado del conocimiento del estudiante y prescribir el tratamiento remedial adecuado.
- **Métodos de estructuración del conocimiento:** En los sistemas convencionales, el análisis de tareas es un método comúnmente utilizado para identificar las tareas y subtareas que deben ser enseñadas. Dos métodos muy usados son el algorítmico y el jerárquico. En los SI, los métodos de estructuración del conocimiento que serán enseñados se determinan a partir de las técnicas de representación del conocimiento de la IA. El análisis de tareas en los sistemas convencionales es un método sistémico para identificar todas las subtareas necesarias mientras que la representación del conocimiento en la IA constituye una técnica para organizar el conocimiento como una

estructura de datos que será manipulada por el sistema. Es conveniente combinar ambos métodos, pues el análisis de tareas permite identificar los componentes necesarios del conocimiento para aprender un problema dado, mientras que las técnicas de representación del conocimiento serán útiles para organizar y manipular eficazmente los componentes del conocimiento identificados.

- Métodos de modelación del estudiante: En los sistemas convencionales se utilizan métodos cuantitativos para establecer las estrategias pedagógicas. En este sentido se aplican los juicios binarios de las respuestas de los estudiantes (correcto o incorrecto), como también los modelos matemáticos. El análisis de regresión y el teorema probabilístico de Bayes han sido utilizados para determinar el alcance del aprendizaje del estudiante y seleccionar la estrategia instructiva de manera que puedan lograrse sistemas adaptables. En un modelo cualitativo, el aprendizaje del estudiante se determina a partir del análisis de su respuesta. La modelación se logra a través de un proceso de inferencia acerca de las concepciones erróneas del estudiante. Dos métodos representativos de los que se han aplicado para modelar el aprendizaje del estudiante son:
 - Método overlay, el cual considera el modelo del estudiante como un subconjunto de un modelo articulado de la base de conocimiento del experto.
 - Método de identificación de errores, el cual representa el dominio del conocimiento como un conjunto de reglas y toma en cuenta los errores potenciales como variantes de dichas reglas, las denominadas “malas reglas” (errores que comúnmente cometen los estudiantes).
- Principios y métodos usados para la instrucción: Los sistemas convencionales de EAC están fuertemente influenciados por las teorías educativas del aprendizaje programado en sus diferentes modalidades y en consecuencia ponen el énfasis en el análisis y manipulación de respuestas del estudiante (Sharp, 2007). Un tutorial construido mediante un lenguaje de autor solamente maneja un repertorio de respuestas explícitamente especificado de antemano, lo que se traduce en un conjunto de situaciones de tipo estímulo-respuesta que deben ser obligatoriamente previstas por el autor,

puesto que no existe posibilidad para que esta clase de programas utilice sus conocimientos de otra manera. Los sistemas de instrucción basados en técnicas de IA parten de una filosofía educativa diferente, la cual sostiene que en ciertas situaciones el estudiante aprende mejor enfrentándose a problemas de dificultad apropiada en vez de atender a explicaciones sistemáticas (Gupta, 1991). Estos sistemas parten del supuesto que se pueda programar la computadora para que adquiera conocimientos sobre el tema objeto de estudio, sobre las características del estudiante y sobre la estrategia de enseñanza, todo ello apoyado en una representación cognitiva del aprendizaje. En este caso, el procesamiento de preguntas y respuestas se efectúa para realizar inferencias acerca de la comprensión conceptual que posee el estudiante del problema dado y poder determinar la estrategia instructiva más adecuada.

- Áreas de aplicación: Los sistemas convencionales han sido ampliamente utilizados y construidos para una gran diversidad de materias. Sin embargo, muchos SI en sus inicios estuvieron limitados a áreas del saber relativamente bien estructuradas, como es el caso, entre otros, de:
 - La Matemática (Ej. WEST, BUGGY, LMS).
 - La programación de computadoras (Ej. BIP, PROUST, SPADE).
 - El diagnóstico médico (Ej. GUIDON).
 - La Electrónica (Ej. SOPHIE).

Esta aplicación limitada de los SI se debe al propósito inicial de sus promotores, los cuales deseaban explorar las capacidades de la IA en apoyo al aprendizaje. En la actualidad ya se construyen con otros objetivos y se diseñan para una gama cada vez más amplia de problemas.

De las comparaciones anteriores se desprende que la contribución más importante de los SI se asocia al logro de métodos más generales y flexibles de representación y manipulación del conocimiento, por lo cual constituyen recursos poderosos para lograr un uso más adecuado de las computadoras como medios auxiliares del proceso de instrucción.

6. Algunas de nuestras experiencias en la aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial en la Informática Educativa

El desarrollo de software educativos utilizando la IA se realiza desde hace muchos años en la Facultad de Matemática, Física y Computación en la

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV). Si bien en sus comienzos tuvo una fuerte dependencia del trabajo de los profesores que realizaron sus maestrías y doctorados en esa etapa, posteriormente se ha venido apoyando de forma intensa en el trabajo científico estudiantil que realizan los estudiantes de Licenciatura en Ciencia de la Computación, fundamentalmente en su incorporación al seminario científico de Informática Educativa. Ha sido muy significativa la investigación y producción de software educativos, basados fundamentalmente en técnicas de IA, por parte de los estudiantes durante la realización de Trabajos de Cursos y Diplomas, que asesorados por los profesores del grupo científico han tenido gran responsabilidad en la producción de estos sistemas. Los integrantes del Laboratorio de Investigación de Informática Educativa han realizado trabajos en diversas áreas del saber: Psicología, Matemática, Medicina, Idiomas y Computación.

Además se ha utilizado el lenguaje de Programación Lógica "Prolog" para implementar SBC, en este caso se utiliza como Método de Solución de Problemas una búsqueda a ciegas "Primero en profundidad" con una dirección de búsqueda dirigida por objetivos. El programador sólo se ocupa de escribir los programas que darán solución a su problema constituyendo estos la Base de Conocimiento que utiliza a la programación lógica como Forma de Representación del Conocimiento. Elaborar un SBC con Prolog requiere de un esfuerzo de programación, debido a que es necesario dominar el paradigma de la programación lógica, se cuenta con grupos de alumnos de la carrera de Ciencia de la Computación que como parte de su plan de estudio reciben una asignatura donde se analiza este paradigma de programación.

Uno de los últimos trabajos realizados se nombra HESEI (León, 2006), herramienta computacional que facilita la elaboración de SEAI de forma natural y efectiva por parte de profesores no expertos en el campo informático, en dominios en los que son expertos. En esta investigación se integran técnicas del Razonamiento Basado en Casos, Reconocimiento de Patrones y Mapas Conceptuales, con el objetivo de adaptar el SEAL, a través de una interfaz visual, a las características del alumno. En este trabajo se propone un método para lograr la representación, simplificación y organización del conocimiento a tener en cuenta en el diseño e implementación del modelo del estudiante tomando rasgos cognitivos y afectivos-motivacionales para caracterizar al alumno (León, 2007).

Conclusiones

Los sistemas inteligentes desarrollados para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje constituyen una vertiente fundamental del desarrollo actual de la EAC a través del uso de técnicas de IA. Por tanto se hace necesario reevaluar los resultados y experiencias alcanzadas con la aplicación de sistemas de enseñanza convencionales para lograr superar sus deficiencias con ayuda de los nuevos enfoques. En los sistemas inteligentes de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje se ha puesto mucho énfasis en el desarrollo de la ciencia computacional, pero no en el campo de la Psicología Educativa, aunque tendencias actuales ya tienen en cuenta esta importante área. Cabe esperar que nuevos desarrollos en la teoría educativa considerarán la formulación explícita de los procesos de tutoría, explicación y diagnóstico inherentes a los sistemas de enseñanza basados en la IA como un campo de ensayo para el desarrollo de teorías más precisas de enseñanza-aprendizaje.

Referencias

- ALESSI, T. (1985). *Computer-Based Instruction: Methods and Development*.
- BELLO, R. (2002). *Aplicaciones de la Inteligencia Artificial*, Universidad de Guadalajara.
- DAVIS, R. (1982) *Knowledge-based systems in Artificial Intelligence*. McGraw-Hill.
- DURKIN, J. (1994) *Expert Systems. Design and Development*. Prentice Hall International.
- FORSYTHE, D. (1993) *Engineering Knowledge: The Construction of Knowledge in Artificial Intelligence*. Social Studies of Science.
- GALVIS, A. (1994). *Ingeniería de Software Educativo*. Ediciones Uniandes, Colombia.
- GARCÍA, Z. (1993). *Investigación y elaboración de Sistemas de Enseñanza Inteligentes*. Ciencias de la Computación. Santa Clara, Cuba, UCLV.
- GARCÍA, Z. (2000). *Hipermedia para la enseñanza de las estructuras básicas de control de la programación estructurada*. V Congreso Iberoamericano de Informática Educativa. Chile.
- GARIJO, F. (1985). *Sistemas inteligentes de Enseñanza Asistida por Computador*. Mundo Electrónico, España, No.154, pp. 77-82.
- GUPTA, U. (1991) *Validating and verifying knowledge-based systems*. IEEE Computer Society Press.
- HAYES-ROTH, F. (1983) *Building expert systems*. Addison-Wesley.
- LENAT, D. (1990) *Building Large Knowledge-Based Systems*. Addison-Wesley.
- LEÓN, M. (2006). *HESEI: Herramienta para Sistemas de Enseñanza/Aprendizaje Inteligentes*. Villa Clara.

- LEÓN, M. (2007) Concept Maps Combined with Case-Based Reasoning to Elaborate Intelligent Teaching-Learning Systems. Seventh International Conference on Intelligent Systems Design and Applications. IEEE Computer Society Press. Rio de Janeiro, Brasil.
- RAETH, P. (1990) Expert systems. A software technology for modern applications. IEEE Computer Society Press.
- REYES, C. (2005). Análisis de la relación entre la ingeniería del conocimiento y la gestión del conocimiento. *Intangible Capital* - Nº 9 - Vol. 1, ISSN: 1697-9818.
- ROBERTS, F. (1983). Intelligent-Computer Assisted Instruction: An exploration and overview. *Educational Technology*, Vol.23, No.12, pp. 7-12.
- ROSEMBERG, R. (1990) A critical analysis of research on Intelligent Tutoring Systems. *Expert Systems and Intelligent CAI*. Englewood Cliffs, New Jersey, Educational Technology Publications.
- SHARP, H. (2007) *Interaction Design. Beyond Human-Computer Interaction*. 2ª Ed. Chichester, Hoboken, NJ: Wiley.
- SHNEIDERMAN, B. (2006) *Diseño de interfaces de usuario. Estrategias para una interacción persona-computadora efectiva*. Mexico: Addison Wesley.
- TANSLEY, D. (1993) *Knowledge-based systems analysis and design: a KADS developer's Handbook*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall.
- TENNYSON, R. (1987). Introduction to special issue: Artificial Intelligence in Education. *Educational Technology*, Vol.27, No.5, pp. 7-8.
- WEBB, G. (1988). A knowledge-based approach to computer-aided learning. *International Journal of Man-Machine Studies*, No.29, pp. 257-285.
- WENGER, E. (1987) *Artificial intelligence and tutoring systems: Computational and cognitive approaches to the communication of knowledge*, California, Morgan Kaufmann Publishers, Inc.