

Omnia Año 20, No. 1 (enero-abril, 2014) pp. 11 - 28
Universidad del Zulia. ISSN: 1315-8856
Depósito legal pp 199502ZU2628

Los sistemas expertos en el ámbito educativo

Luis Montiel y Víctor Riveros***

Resumen

La presente investigación de carácter cualitativo tiene como propósito caracterizar el uso de los sistemas expertos en el ámbito educativo. Para tal efecto, se usó el tipo de indagación documental y la revisión bibliográfica de distintos autores, con base en los métodos deductivo e inductivo para la construcción teórica requerida. Los hallazgos considerados, permitirán conceptualizar una perspectiva del uso de los sistemas expertos en educación. En esta orientación teórica se incluirá los avances de la Inteligencia Artificial, que están dirigidos al desarrollo de programas computarizados, que emulan los procesos del pensamiento humano utilizando estructuras que contienen conocimiento y la experiencia de los expertos humanos.

Palabras clave: Inteligencia artificial, sistemas expertos, educación, pensamiento humano y conocimiento.

Expert Systems in Education

Abstract

This qualitative research aims to characterize the use of expert systems in education. To this effect, documentary research and a literature review of various authors were used, based on deductive and inductive methods, for the required theoretical construct. The findings will make it possible to conceptualize a perspective for the use of expert systems in education. This theoretical orientation will include advances in artificial intelligence, directed toward the development of computer programs that emulate human thought processes utilizing structures that contain knowledge and the experience of human experts.

Keywords: Artificial intelligence, expert systems, education, human thought, knowledge.

* Ing de sistemas. Msc. en computación aplicada a la investigación del (CIDTEC). Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología del Conocimiento de la Facultad de Humanidades y Educación LUZ luis.montiel@hotmail.com

** Doctor en Ciencias Humanas. Msc. en Matemáticas Aplicadas, profesor titular de LUZ. Investigador del CIDTEC. vriveros75@gmail.com

Introducción

Hoy por hoy se vislumbra los aportes que las tecnologías digitales pueden brindar al enriquecimiento de la labor educativa. Algunos piensan que la solución de los problemas asociados a los procesos de enseñanza y aprendizaje se circunscribe a replantear pedagógicamente el cómo, es decir, diseñar nuevas estrategias metodológicas donde el estudiante tenga la posibilidad de construir su propio conocimiento.

El desarrollo de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) está demandando un cambio en los tradicionales ambientes de aprendizaje algorítmicos. La utilización de software y materiales educativos computarizados como un recurso para apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje, se ha convertido en una necesidad y constituye una respuesta ante la problemática que gira en torno de la comprensión cognoscitiva de conceptos y nociones en los salones de clase.

La tendencia impuesta por los avances científico-tecnológicos demanda un cambio en los procesos de enseñanza y aprendizaje, una transformación hacia la búsqueda de nuevos métodos y estrategias didácticas, aprovechando todas las potencialidades brindadas por las TIC.

Por otra parte, una de las preocupaciones de los docentes es la toma de decisiones en torno a la forma de ejecutar el proceso didáctico desde de su planificación hasta otras actividades del quehacer educativo. En este sentido, muchas han sido las propuestas sobre la forma de planificar la acción educativa, las estrategias que se pueden aplicar y los modelos que se pueden adoptar. Esto significa como requerimiento contar con el conocimiento y la experiencia de diseñadores instruccionales expertos que hayan adquirido a lo largo del ejercicio de la profesión una experticia tal que les permita encontrar soluciones efectivas bajo ciertas condiciones del ambiente de aprendizaje a diseñar.

Sobre la base de las ideas expuestas, se pueden considerar que los sistemas expertos en el ámbito educativo presentan ciertas ventajas, en particular los creados con fines pedagógicos e instruccionales. Ya que pueden diagnosticar, depurar y corregir el desarrollo del aprendizaje de los estudiantes en un área particular de conocimiento. Además, el sistema determina el nivel cognoscitivo del alumno y lo ayuda a mejorar sus debilidades para que alcance un nivel superior de aprendizaje.

Fundamentación teórica

Sistemas expertos

Son llamados así porque emulan el razonamiento de un experto en un dominio concreto y en ocasiones son usados por éstos. Con ellos se busca una mejor calidad y rapidez en las respuestas dando así lugar a una mejora de la productividad del experto; son sistemas informáticos que simulan el proceso de aprendizaje, memorización, razonamiento, co-

municación y de acción en consecuencia de un experto humano en cualquier rama de la ciencia.

Según Cuenca (1995) un sistema experto (SE) es una aplicación informática capaz de solucionar un conjunto de problemas que exigen un gran conocimiento sobre un determinado tema. Un SE es un conjunto de programas que, sobre una base de conocimientos, posee información de uno o más expertos en un área específica. Se puede entender como una rama de la inteligencia artificial, donde el poder de resolución de un problema en un programa de computadora viene del conocimiento de un dominio específico.

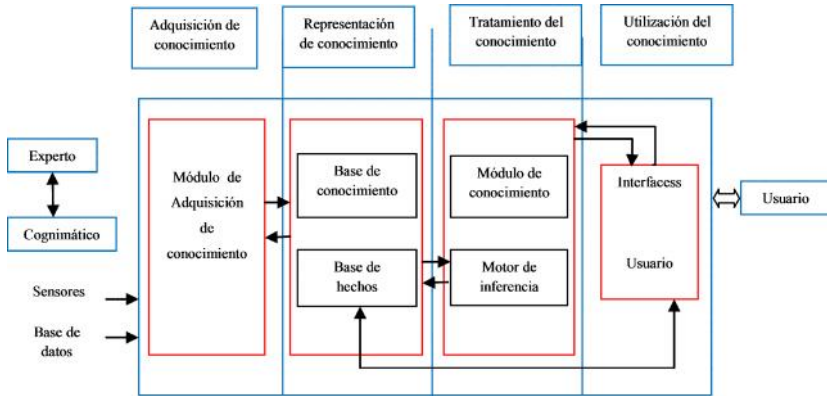
Por otra parte, Velázquez y Coca (2004) plantean que son un tipo de programa de aplicación informática que adopta decisiones o resuelve problemas de un determinado campo, como las finanzas, la medicina, la matemática, entre otros utilizando los conocimientos y las reglas analíticas definidas por los expertos en dicho campo. Los expertos solucionan los problemas utilizando una combinación de conocimientos basados en hechos y en su capacidad de razonamiento.

En los sistemas expertos, estos dos elementos básicos están contenidos en dos componentes separados, aunque relacionados: una base de conocimientos y una máquina de deducción, o de inferencia. La base de conocimientos proporciona hechos objetivos y reglas sobre el tema, mientras que la máquina de deducción proporciona la capacidad de razonamiento que permite al sistema experto extraer conclusiones. Los sistemas expertos facilitan también herramientas adicionales en forma de interfaces de usuario y los mecanismos de explicación.

Las interfaces de usuario, al igual que en cualquier otra aplicación, permiten al usuario formular consultas, proporcionar información e interactuar de otras formas con el sistema. Los mecanismos de explicación permiten a los sistemas explicar o justificar sus conclusiones, y también posibilitan a los programadores verificar y evaluar el funcionamiento efectivo de los propios sistemas. Lo anterior planteado pudiera ilustrarse en la Figura 1.

Por ello, la aplicación de sistemas expertos será adecuada donde los expertos dispongan de conocimientos complejos en un área muy delimitada, donde no existan algoritmos ya establecidos. Sobre este particular, Velázquez y Coca (2004) expresan que otro campo de aplicación es donde se encuentran teorías que resulten prácticamente imposibles de analizar todos los casos teóricamente imaginables mediante algoritmos y en un espacio de tiempo relativamente corto y razonable.

El experto encuentra a menudo una solución al problema gracias a las informaciones que posee sobre la situación problemática y a su experiencia. Mientras esta solución sea susceptible de repetición y el planteamiento del problema esté claro, existe un razonamiento que puede ser reproducido por un sistema experto.

Figura 1. Estructura de un Sistema Experto

Fuente: Chatain y Dussauchoy (1989).

Estos sistemas imitan las actividades de un humano para resolver problemas de distinta índole (no necesariamente tiene que ser de Inteligencia Artificial IA). También se dice que un sistema experto se basa en el conocimiento declarativo (hechos sobre objetos, situaciones) y el conocimiento de control (información sobre el seguimiento de una acción) (Cueña, 1995).

Para que un sistema experto sea una herramienta efectiva, los usuarios deben interactuar de una forma fácil, reuniendo dos capacidades para poder cumplirlo:

1. **Explicar sus razonamientos o base del conocimiento:** los sistemas expertos se deben realizar siguiendo ciertas reglas o pasos comprensibles de manera que se pueda generar la explicación para cada una de estas reglas, que a la vez se basan en hechos.
2. **Adquisición de nuevos conocimientos o integrador del sistema:** son mecanismos de razonamiento que sirven para modificar los conocimientos anteriores.

Sobre la base de lo anterior, se puede decir que los sistemas expertos son el producto de investigaciones en el campo de la Inteligencia Artificial, ya que ésta no intenta sustituir a los expertos humanos, sino que se desea ayudarlos, a realizar con más rapidez y eficacia todas las tareas que realiza.

Características de los sistemas expertos

Los sistemas expertos están basados principalmente en las siguientes características:

1. **Representación explícita del conocimiento**
2. **Capacidad de razonamiento independiente** de la aplicación específica donde la base de conocimiento es independiente del motor de inferencia que utiliza el conocimiento de esta.
3. **Modularidad del conocimiento**, donde los elementos que lo constituyen son independientes uno de los otros. El orden en el que se introducen no influye sobre los resultados y esto permite facilidad de modificación.
4. **Capacidad de explicar sus conclusiones y el proceso de razonamiento** a través de un módulo o subsistema de explicación.
5. **Aptitud para adquirir nuevos conocimientos**, vía experto, a través de un módulo de adquisición de conocimientos
6. **Aptitud para comprender las preguntas del usuario**, razonamiento realizado por el motor de inferencia y/o procedimientos de control.
7. **Uso de heurística** vs. modelos matemáticos
8. Uso de inferencia simbólica vs algoritmo numérico
9. **Poseen aptitudes educativas.**

Estos sistemas basan su rendimiento en la cantidad y calidad del conocimiento de un dominio específico y no tanto en las técnicas de solución de problemas.

En áreas como la matemática, computación y otras técnicas como la teoría de control, se intenta resolver problemas mediante su modelado (modelo del problema). Mientras que, en los sistemas expertos se ataca el problema construyendo un modelo del “experto” o resolvidor de problemas.

Es conveniente establecer algunas diferencias entre los sistemas expertos y los tradicionales. Las mismas se presentan en el Cuadro 1.

Por otra parte, y como complemento, se hace necesario establecer algunas ventajas y desventajas del uso de los sistemas expertos. Tal como se especifican en el Cuadro 2.

Tipos de sistemas expertos

Principalmente existen tres tipos de sistemas expertos basados en:

- Reglas previamente establecidas.
- Casos o CBR (Case Based Reasoning).
- Redes bayesianas.

En cada uno de ellos, la solución a un problema planteado se obtiene:

Cuadro 1. Diferencias entre sistemas expertos y los tradicionales

Sistemas Expertos	Sistemas Tradicionales
<ul style="list-style-type: none"> • Toman decisiones • Basados en heurísticas • Dan explicaciones de los resultados • Usan reglas de inferencia • Accedan bases de conocimientos (deductivas) • Centrados en el experto y el usuario • Manejan conocimiento impreciso, contradictorio o incompleto. • Usan datos y lenguajes simbólicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Calculan resultados • Basados en algoritmos • Dan resultados sin explicaciones • Usan secuenciación, ciclos y condicionales. • Acceden a bases de datos • Centrados en el analista y el programador • Conocimientos precisos, completos y exactos. • Usan datos numéricos y lenguajes procedurales.

Fuente: Montiel y Riveros (2013) compilado de Cuenca (1995).

Cuadro 2. Ventajas y desventajas de los sistemas expertos

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Producción y productividad mayores. Pueden trabajar más rápido que los humanos. Están disponibles ininterrumpidamente de día y noche, ofreciendo siempre su máximo desempeño. Pueden duplicarse ilimitadamente, es decir, tener tantos de ellos como se requieran. • Mayor calidad. Dan la probabilidad de aumentar la calidad proporcionando asesoría consistente y reduciendo las tasas de error. • Operación en entornos peligrosos. Muchas tareas requieren que los seres humanos operen en entornos hostiles y peligrosos. • Captación de experiencia escasa y su dimensión. Uno de los principales beneficios de los sistemas expertos es su facilidad de transmitir experiencia a través de fronteras internacionales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tienen una noción muy limitada acerca del contexto de problema, es decir, no pueden percibir todas las cosas que un experto humano puede apreciar de una situación. • Pueden existir decisiones que sólo son de competencia para un ser humano y no una máquina. • No saben cómo subsanar sus limitaciones, por ejemplo, no son capaces de trabajar en equipo o investigar algo nuevo. • Son muy costosos de desarrollar y mantener.

Cuadro 2 (Continuación)

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Siempre se ajustan a las normas establecidas y son consistentes en su desempeño, es decir, no desarrollan apreciaciones subjetivas, tendencias, irracionales o emocionales. • Confiabilidad. Los sistemas expertos son confiables. No padece de olvido, fatiga, dolor o comete errores de cálculo. • Accesibilidad al conocimiento y escritos de vida. Hacen accesible el conocimiento (y la información) a mucha gente en diversos lugares. Siempre están dispuestos a dar explicaciones, asistir o enseñar a la gente, así como a aprender. • Pueden tener una vida de servicio ilimitada. Funciones incrementadas de otros sistemas expertos. La integración de un sistema experto con otros sistemas expertos hacen que estos últimos se vuelvan más eficientes, los sistemas integrados abarcan más aplicaciones, trabajan más rápido y producen resultados de mayor calidad. • Capacidad para trabajar con información incompleta o inconcreta. En contraste con los sistemas de cómputo convencionales, un sistema experto puede trabajar con información incompleta al igual que los expertos humanos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tareas que realiza un Sistema Experto Monitorización. • La monitorización es un caso particular de la interpretación, y consiste en la comparación continua de los valores de las señales o datos de entrada y unos valores que actúan como criterios de normalidad o estándares. Se trata de que el programa pueda determinar en cada momento el estado de funcionamiento de sistemas complejos, anticipándose a los posibles incidentes que pudieran acontecer.

Cuadro 2 (Continuación)

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Impartición de capacitación. Es factible que un sistema experto facilite la capacitación. El personal nuevo que trabaja con un sistema experto se vuelve más experimentado. La fusión de explicación puede servir como un dispositivo de enseñanza y de ese modo puede efectuar apuntes que tal vez se inserten en la base de conocimiento. • Mejoramiento de las funciones para resolver problemas. Un sistema experto mejora la solución de problemas permitiendo la integración de juicios de expertos de primera línea en el análisis. De este modo, un sistema experto tiene la posibilidades resolver problemas cuyo enlace y conocimiento supera a los de cualquier individuo. • Reducción del tiempo para la toma de decisiones. Con el empleo de la recomendación del sistema, un ser humano puede tomar decisiones mucho más rápido. • Reducción del tiempo fuera de servicio. Muchos sistemas expertos operacionales se emplean para diagnosticar malos funcionamientos y prescribir reparaciones. 	

Fuente: Montiel y Riveros (2013) compilado de Cuenca (1995).

- Aplicando reglas heurísticas apoyadas generalmente en lógica difusa para su evaluación y aplicación.
- Aplicando el razonamiento basado en casos, donde la solución a un problema similar planteado con anterioridad se adapta al nuevo problema.
- Aplicando redes bayesianas, basadas en estadística y el teorema de Bayes.

Otra forma y de acuerdo a la naturaleza de la tarea que realizan bajo una concepción jerárquica, los sistemas expertos se pueden tipificar de la siguiente manera:

Análisis (interpretación)

- Identificación
- Monitoreo
- Diagnóstico
- Predicción
- Control

Síntesis (construcción)

- Especificación
- Diseño
- Configuración
- Planeación
- Ensamble
- Modificación

Esta tipificación también permite el estudio de la elección de una herramienta de construcción de un sistema experto.

Con ayuda de los SE, las personas con poca experiencia pueden resolver problemas que requieren un *conocimiento formal especializado*. Se pueden obtener conclusiones y resolver problemas de forma más rápida que los expertos humanos. Estos sistemas razonan pero en base a un conocimiento adquirido y no tienen sitio para la subjetividad. Se ha comprobado que tienen al menos, la misma competencia que un especialista humano. Su uso es especialmente recomendado en las siguientes situaciones:

- Cuando los expertos humanos en una determinada materia son escasos.
- En situaciones complejas, donde la subjetividad humana puede llevar a conclusiones erróneas.
- Cuando es muy elevado el volumen de datos que ha de considerarse para obtener una conclusión.

Áreas de aplicación de los sistemas expertos

Se aplican a una gran diversidad de campos y/o áreas: Militar, informática, telecomunicaciones, química, derecho, aeronáutica, geología, arqueología, agricultura, electrónica, transporte, educación, medicina, industria, finanzas y gestión, turismo, entre otras; prácticamente todas las ramas del conocimiento. Se pueden nombrar algunos SE desarrollados en la actualidad: Dendral, XCon, Dipmeter Advisor, Mycin, CADUCEUS, R1, CLIPS, Jess, Prolog, Maple, Mathematica, Derive, Mathlab, Reduce, Macsyma, Geometer's Sketchpad, entre otros.

De acuerdo a las áreas indicadas, los sistemas expertos ejecutan tareas como las que se presentan en el Cuadro 3 de forma estructurada.

Cuadro 3. Tareas que realiza un Sistema Experto

Tarea	Descripción
Monitorización	<p>La monitorización es un caso particular de la interpretación, y consiste en la comparación continua de los valores de las señales o datos de entrada y unos valores que actúan como criterios de normalidad o estándares. En el campo del mantenimiento predictivo los Sistemas Expertos se utilizan fundamentalmente como herramientas de diagnóstico. Se trata de que el programa pueda determinar en cada momento el estado de funcionamiento de sistemas complejos, anticipándose a los posibles incidentes que pudieran acontecer. Así, usando un modelo computacional del razonamiento de un experto humano, proporciona los mismos resultados que alcanzaría dicho experto.</p>
Diseño	<p>Diseño es el proceso de especificar una descripción de un artefacto que satisface varias características desde un número de fuentes de conocimiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El diseño se concibe de distintas formas: • El diseño en ingeniería es el uso de principios científicos, información técnica e imaginación en la definición de una estructura mecánica, máquina o sistema que ejecute funciones específicas con el máximo de economía y eficiencia. • El diseño industrial busca rectificar las omisiones de la ingeniería, es un intento consciente de traer forma y orden visual a la ingeniería de hardware donde la tecnología no provee estas características. <p>Los SE en diseño ven este proceso como un problema de búsqueda de una solución óptima o adecuada. Las soluciones alternativas pueden ser conocidas de antemano o se pueden generar automáticamente probándose distintos diseños para verificar cuáles de ellos cumplen los requerimientos solicitados por el usuario, ésta técnica es llamada "generación y prueba", por lo tanto estos SE son llamados de selección. En áreas de aplicación, la prueba se termina cuando se encuentra la primera solución; sin embargo, existen problemas más complejos en los que el objetivo es encontrar la solución óptima.</p>
Planificación	<p>La planificación es la realización de planes o secuencias de acciones y es un caso particular de la simulación. Está compuesto por un simulador y un sistema de control. El efecto final es la ordenación de un conjunto de acciones con el fin de conseguir un objetivo global.</p> <p>Los problemas que presentan la planificación mediante SE son los siguientes:</p>

Cuadro 3 (Continuación)

Tarea	Descripción
	<ul style="list-style-type: none"> • Existen consecuencias no previsibles, de forma que hay que explorar y explicar varios planes. • Existen muchas consideraciones que deben ser valoradas o incluirles un factor de peso. • Suelen existir interacciones entre planes de subobjetivos diversos, por lo que deben elegirse soluciones de compromiso. • Trabajo frecuente con incertidumbre, pues la mayoría de los datos con los que se trabaja son más o menos probables pero no seguros. • Es necesario hacer uso de fuentes diversas tales como bases de datos.
Control	<p>Un sistema de control participa en la realización de las tareas de interpretación, diagnóstico y reparación de forma secuencial. Con ello se consigue conducir o guiar un proceso o sistema. Los sistemas de control son complejos debido al número de funciones que deben manejar y el gran número de factores que deben considerar; esta complejidad creciente es otra de las razones que apuntan al uso del conocimiento, y por tanto de los SE.</p>
Simulación	<p>La simulación es una técnica que consiste en crear modelos basados en hechos, observaciones e interpretaciones sobre la computadora, a fin de estudiar el comportamiento de los mismos mediante la observación de las salidas para un conjunto de entradas. Las técnicas tradicionales de simulación requieren modelos matemáticos y lógicos, que describen el comportamiento del sistema bajo estudio.</p> <p>El empleo de los SE para la simulación viene motivado por la principal característica de los SE, que es su capacidad para la simulación del razonamiento de un experto humano, que es un proceso complejo.</p> <p>En la aplicación de los SE para simulación hay que diferenciar cinco configuraciones posibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un SE puede disponer de un simulador con el fin de comprobar las soluciones y en su caso rectificar el proceso que sigue. • Un SE puede disponer de un simulador con el fin de comprobar las soluciones y en su caso rectificar el proceso que sigue. • Un sistema de simulación puede contener como parte del mismo a un SE y por lo tanto él no tiene que ser necesariamente de simulación. • Un SE puede controlar un proceso de simulación, es decir, que el modelo está en la base de conocimiento del SE y su evolución es función de la base de hechos, la base de conocimientos y el motor de inferencia, y no de un conjunto de ecuaciones aritmético-lógicas.

Cuadro 3 (Continuación)

Tarea	Descripción
	<ul style="list-style-type: none"> • Un SE puede utilizarse como consejero del usuario y del sistema de simulación. • Un SE puede utilizarse como máscara o sistema frontal de un simulador con el fin de que el usuario reciba explicación y justificación de los procesos.
Instrucción	Un sistema de instrucción realizará un seguimiento del proceso de aprendizaje. El sistema detecta errores ya sea de una persona con conocimientos e identifica el remedio adecuado, es decir, desarrolla un plan de enseñanza que facilita el proceso de aprendizaje y la corrección de errores.
Recuperación de información	Los sistemas expertos, con su capacidad para combinar información y reglas de actuación, han sido vistos como una de las posibles soluciones al tratamiento y recuperación de información, no sólo documental. La década de 1980 fue prolífica en investigación y publicaciones sobre experimentos de este orden, interés que continúa en la actualidad.
Integración y migración de los sistemas expertos.	<p>Los sistemas expertos, salvo excepciones, no están aislados sino que forman parte de otros sistemas, expertos o convencionales. Existen dos tipos básicos de arquitectura de integración. En la primera, el sistema basado en el conocimiento forma parte de otro sistema principal. Así, si el sistema necesita comunicarse con el sistema basado en el conocimiento, entablará una comunicación directamente o a través de una red.</p> <p>En la segunda, el sistema basado en el conocimiento es el sistema principal y está conectado a otros sistemas basados en el conocimiento o convencionales, que le ayudan en su operación. Como ejemplo están los subsistemas que realizan complejos cálculos matemáticos necesarios durante el proceso de razonamiento.</p> <p>En ambos casos debe garantizarse una comunicación fluida de todos los sistemas, aunque estén funcionando en plataformas diferentes, ya sea directamente o a través de una red local. Este aspecto es crítico en sistemas basados en el conocimiento en tiempo real, los cuales requieren un rápido acceso a la información relevante y a las bases de datos para poder ofrecer una solución inmediata y satisfactoria.</p> <p>Por tanto, habrá que fijarse en las posibilidades de conexión a las bases de datos más conocidas y, en especial, a aquella que se esté utilizando como estándar en la organización así como la posibilidad de llamar a rutinas externas en diferentes lenguajes y viceversa, o la invocación del sistema basado en el conocimiento desde otros sistemas.</p>

Cuadro 3 (Continuación)

Tarea	Descripción
	Un aspecto fundamental a tener en cuenta es la portabilidad de la herramienta (herramientas multiplataforma). En este aspecto hay que valorar no sólo si la herramienta es susceptible de funcionar en diferentes plataformas sino también el coste del cambio de plataforma. Existen herramientas que permiten pasar de una plataforma a otra sin apenas esfuerzo, lo que facilitará la comercialización y el uso de los sistemas que se desarrollen

Fuente: Montiel y Riveros (2013) compilado de Cuenca (1995).

Entre los campos actuales de investigación y de aplicación de los SE se pueden especificar los siguientes:

- **Aprendizaje:** Se pretende que sea el propio computador el que adquiera el conocimiento. Existen muchas técnicas aplicables o no dependiendo del problema: aprendizaje inductivo, deductivo, redes neuronales, algoritmos genéticos.
- **Redes Neuronales:** Consisten en nodos conectados con otros mediante enlaces, simulando las redes neuronales (conexiones que forman las neuronas en el cerebro). Se investiga su utilización en muchas áreas: Visión artificial, razonamiento, aprendizaje, comprensión lenguaje natural.
- **Redes Bayesianas:** Técnica para tratar el razonamiento con incertidumbre. Su base es el Teorema de Bayes que es el método matemático exacto para tratar las probabilidades. Consiste en una red donde los nodos son hechos ciertos o no y los enlaces entre los nodos son las probabilidades condicionadas de unos hechos con respecto a otros. Propagando las probabilidades a través de la red, se pueden obtener los resultados más probables a partir de los hechos que se conocen (razonamiento). El ejemplo típico son los sistemas de diagnóstico médico.
- **Algoritmos genéticos:** Son métodos de aprendizaje inspirados en la evolución natural, y que utilizan las nociones de individuos, apareamiento, recombinación de cromosomas, mutación genética, adaptación y selección natural. Son la base de las investigaciones en vida artificial.
- Otras técnicas que se pueden mencionar son la utilización de Ontologías para representar el conocimiento, **Data Mining** para obtención de conocimiento en bases de datos y los **Agentes Inteligentes** para la recuperación de información en Internet.

Aplicación de los SE en la educación

Partiendo de una forma jerárquica y sin limitarse a ello, se pueden mencionar algunas derivaciones en educación. La primera se refiere a la aplicación de sistemas expertos para el diseño de modelos instruccionales de enseñanza y la segunda al aprendizaje asistido por computador.

En relación al primer caso es necesario plantear algunas consideraciones con respecto a la instrucción. Ésta puede ser entendida como la creación de condiciones en el entorno de aprendizaje y el conjunto de actividades articuladas por estrategias, con la intención primordial de facilitar el logro de los objetivos de aprendizaje. Según Eggen y Kauchak (2001) los modelos instruccionales son definidos como estrategias prescriptivas diseñadas para cumplir con las metas de enseñanza particulares proporcionan flexibilidad suficiente para dar lugar a que los docentes usen su propia creatividad, de la misma manera que el constructor usa su creatividad en el acto de la construcción.

Cada modelo de instrucción está basado en una teoría de aprendizaje, y ésta a su vez, sCuadro 3 (*Continuación*)e enfoca en determinadas formas de considerar al alumno y las implicaciones de la enseñanza. De modo que el modelo instruccional se convierte en una herramienta para los docentes a la hora de diseñar y planificar más eficazmente el proceso didáctico, ya que su aplicación requiere de una especificidad de resultados esperados en el alumno y el sustento filosófico y operacional de una teoría del aprendizaje.

Según Joyce y Weil (2002) un modelo instruccional, es una descripción de un ambiente de aprendizaje. Las descripciones tienen múltiples usos que van desde la planificación de currículos, cursos, unidades didácticas y lecciones hasta el diseño del material de enseñanza: libros, manuales entre otros.

Para Reigeluth (1999) analizar cómo y cuándo utilizar un modelo o una combinación apropiada, y definir cuáles serán las estrategias de instrucción más adecuadas, implica un proceso complejo de toma de decisiones que debe atender a las diferentes variables involucradas y que interactúan entre sí en el acto educativo. Aquí el docente tiene una tarea primordial, al intentar diseñar una propuesta didáctica que procure el logro de aprendizajes; y el enfoque basado en modelos reconoce, como factores que afectan dicho acto, al docente, los estudiantes y el contenido.

Cada uno de ellos tienen características particulares o variables que deben ser consideradas según los procedimientos y situaciones de aprendizaje específicos (Eggen y Kauchak, 2001). Existen diversos modelos instruccionales, pero su selección depende del proceso de análisis y toma de decisiones que el docente haga de manera crítica y sistemática durante el quehacer didáctico (planificación, ejecución, evaluación, entre otros).

Por lo tanto, los sistemas expertos para diseñar modelos que colaboran en la acción de planificación, diseño de la acción educativa y la aplicación pedagógica, pueden considerar en su diseño las teorías del

aprendizaje, características de la instrucción, patrones instruccionales, estrategias recomendadas, experiencia del experto. Siendo esta una tarea difícil de realizar, dado al número de variables a considerar durante la realización de un modelo específico, inclusive

En este caso el producto del sistema experto es el diseño instruccional para lograr un aprendizaje efectivo en los estudiantes receptores del contenido específico. Sin embargo, el usuario principal del sistema es el instructor del contenido a impartir.

En relación al aprendizaje asistido por computador caracterizado como un uso de las TIC, la aplicación de un sistema experto viene dada como herramienta colaborativa en el proceso enseñanza y aprendizaje de cualquier área del saber que requiera por compleja que sea o por sus características específicas. Contrario al caso anterior el producto de este sistema es el conocimiento adquirido por los alumnos que ahora se convierten en usuarios principales del sistema.

Los antecedentes de estos sistemas aplicados al proceso de enseñanza y aprendizaje son bastantes, a diferencia de los que pueden existir para el diseño y planificación didáctica, que se conocen pocos. La mayoría de las investigaciones del campo de la Inteligencia Artificial dentro de la educación, suelen estar dedicadas a proceso de aprendizaje y a la administración académica referida al manejo de información sobre los estudiantes. Según Sánchez y Lama (2007: 9) "Las más utilizadas en el campo de la educación son: las técnicas de personalización basadas en modelos de estudiantes y grupos, los sistemas basados en agentes inteligentes, las ontologías y las técnicas de web semánticas".

En el caso particular de un área específica como la matemática se puede hablar de ella como una ciencia naturalmente formativa. Además, que proporciona conocimientos indispensables de carácter práctico o instrumental, otorga toda una estructura de pensamiento. La enseñanza de ella puede contribuir decisivamente con el desarrollo de las habilidades del pensamiento y destrezas cognitivas, que fortalecen la capacidad de razonamiento, la disciplina mental y el rigor en la toma de decisiones. Por otra parte, los docentes a veces no consideran las diferencias individuales de los alumnos debido problemas inherentes entre ellos la masificación, de modo que pudiera considerarse el uso de sistemas expertos en la instrucción, para dar solución a este problema.

Lo anterior gira en torno a que el docente atienda con mayor eficacia la diversidad de los alumnos, es decir, pueda combinar la enseñanza mediante el uso de sistemas artificiales que se adapten a las características y necesidades individuales de los educandos. Por lo tanto, él puede asumir diversos roles, el de instructor cuando realiza explicaciones generales al grupo y el de guía cuando contribuye de una manera menos directa, en las sesiones de aprendizaje asistidas por computador.

Por otro parte, en matemática los sistemas de cálculo simbólico o álgebra computacional en la actualidad, tienen una interfaz de ambiente

gráfico, más accesibles en cuanto a su manejo. Entre ellos, el Maple, el Mathematica, el Derive, el Mathlab, el Reduce y el Macsyma. Estos sistemas se desarrollaron para resolver problemas matemáticos y para ser usados por matemáticos. Pero las nuevas versiones han permitido su uso en la educación matemática. A pesar de su interfaz, no es fácil el manejo por alumnos de niveles educativos inferiores, pues el carácter simbólico del sistema requiere de conocimientos básicos de matemática, que en la mayoría de los niños no están formalizados (Hurtado, 1999).

Es necesario considerar que como estrategia para el diseño de programas de computador (sistemas expertos) que pueden aportar al proceso de enseñanza y aprendizaje de las áreas, y en particular la matemática esto constituye la cuarta categoría de tipos de tecnología en la educación matemática. Desafortunadamente, muchas de las expectativas que se tuvieron con los intentos de utilizar la inteligencia artificial en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática no han tenido el éxito esperado. Estos intentos buscaban, de alguna manera, automatizar el proceso de enseñanza. Sin embargo, al no tener en cuenta el papel del docente y al simplificar la complejidad que se encuentra involucrada tanto en el contenido matemático, como en el proceso aprendizaje y comprensión de ese contenido por parte del sujeto, estos intentos se han quedado cortos con respecto a sus propósitos iniciales.

El funcionamiento del sistema didáctico depende no solamente de factores aparentemente estables como el contenido matemático. También depende de factores muy variables como la estructura social de la clase y los saberes iniciales de los alumnos. Por lo tanto, éste es un sistema extremadamente difícil de modelar para efectos producir de programas de computador capaces de reconocer y adaptarse a la variedad de situaciones posibles, a las necesidades y circunstancias que determinan el éxito del encuentro entre el sujeto y el medio.

Simulación de una nueva forma de aprendizaje

Las instituciones educativas deben ofrecer a sus estudiantes las herramientas para que ellos puedan diferenciar, analizar, y crear su propio aprendizaje a través de una experiencia directa con el medio, aumentando su capacidad de respuesta y su habilidad para responder a las demandas tecnológicas del medio.

Los SE son sistemas computacionales diseñados para recoger y registrar aquellos aspectos del experto humano, necesarios para la toma de decisiones, así como el comportamiento del experto ante dicha situación, y pueden ser muy útiles en la enseñanza porque simulan o imitan la realidad; son un excelente método de experimentación.

En el caso particular de un estudiante de ingeniería civil el aprendizaje aumenta considerablemente con la experimentación de sus propios cálculos estructurales de un edificio, ya que puede observar la conducta de ese edificio, encontrar y corregir las fallas en sus cálculos, sin tener que vivir realmente la experiencia, que resultaría muy costosa y altamente desmotivadora.

Algunas recomendaciones para la integración de sistemas expertos en la enseñanza

1. Generar desafíos en el contenido del programa de cada materia, que integren la simulación como método de experimentación. Elegir el modelo de simulación más adecuado al currículo.
2. Crear nuevos e innovadores procesos de enseñanza y materiales, apoyados con las contribuciones del avance tecnológico y el uso de sistemas expertos.
3. Enseñar y compartir las ideas sobre el aprendizaje eficaz basado en computadores a través de la elaboración de casos de estudio o reportes.
4. Ayudar a los estudiantes para que descubran cómo idear las preguntas significativas que contribuyan a su aprendizaje, haciendo énfasis en usar las TIC como alternativa de solución, ya que son un recurso muy completo que les permite observar, experimentar, modificar, tomar decisiones y establecer conclusiones, cuantas veces lo requieran.

Conclusiones

- La inteligencia artificial, presenta múltiples aplicaciones en distintos ámbitos de la vida en sociedad. En el campo educativo, sus más importantes aportes se circunscriben en los avances de las tecnologías que tienen que ver con los sistemas expertos y en particular los sistemas instruccionales.
- La creación de sistemas instruccionales inteligentes permite automatizar el proceso enseñanza y aprendizaje, y se ha convertido en una opción que da posibilidad de respetar la diversidad y las condiciones individuales de aprendizaje de los estudiantes.
- Un sistema experto instruccional diagnóstica, depura y corrige la ejecución de los estudiantes en un área particular de conocimiento. El sistema determina el nivel cognoscitivo del alumno y lo ayuda a mejorar sus debilidades para que alcance un nivel superior de aprendizaje.
- Los sistemas expertos instruccionales pueden convertirse en una solución para alcanzar objetivos de aprendizaje que van más allá de la simple memorización, a niveles superiores tales como: comprensión, aplicación y análisis
- En la enseñanza y el aprendizaje de ciencias formales (matemática) la crisis demanda soluciones nuevas, que permitan a los educandos aprender de una forma más interactiva (matemática asistida por computador), como complemento de la educación haciendo uso de sistemas expertos para la instrucción de la matemática tradicional.

- El uso adecuado de sistemas expertos para la enseñanza y el aprendizaje de la matemática, otorgará a los individuos un verdadero desarrollo en sus habilidades de pensamiento y toma de decisiones.
- El uso de las TIC puede ayudar a la búsqueda de ambientes de aprendizaje heurísticos donde el estudiante explore, conjeture y construya su propio conocimiento.

Referencias bibliográficas

- Chatain, Jean-Noël y Dussauchoy, Alain (1989). **Sistemas Expertos. Métodos y Herramientas**. Editorial paraninfo, S.A. Madrid España.
- Cuena, José (1995). **Notas sobre modelos de razonamiento**. Dpto. de I.A., Facultad de Informática, UPM.
- Eggen, Paul y Kauchak, Donald (2001). **Estrategias docentes. Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades del pensamiento**. Fondo de cultura económica- México, 2da. Edición.
- Hurtado, Claudio (1999). **Nuevas tecnologías de la información y comunicación en la educación matemática**. Maracaibo, Venezuela, Trabajo de Ascenso. Departamento de Matemática y Física. Facultad de Humanidades y Educación. LUZ
- Joyce, Bruce y Weil, Marsha (2002). **Modelos de enseñanza**. Gedisa-España.
- Reigeluth, Charles (1999). **Instructional design theories and models: a new paradigm of instructional theory**. Lawrence Erlbaum Associates Publishers. Washinton. USA.
- Sánchez, Eduardo y Lama, Manuel (2007). **Monografía: Técnicas de la inteligencia artificial aplicadas a la educación**. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial. No 33.
- Velázquez, Gilberto y Coca, William (2004). **Sistemas de Expertos**. Facultad de Ingeniería. Universidad Don Bosco. El Salvador.