

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y DISEÑO DE PROGRAMAS EDUCATIVOS

por BEGOÑA GROS y JOSÉ L. RODRÍGUEZ ILLERA

Universidad de Barcelona

La utilización de técnicas de Inteligencia Artificial en el desarrollo de programas educativos se inició en los años setenta. Sin embargo, la complejidad de las técnicas y su adaptabilidad a los conocimientos psicopedagógicos, en ocasiones muy poco precisos, ha hecho que los progresos en este campo hayan sido lentos. No obstante, se apuntan en la actualidad diversas áreas de aplicación en las que parece haberse encontrado un camino prometedor. En este sentido, el objetivo fundamental de este artículo es mostrar las aportaciones más importantes de la inteligencia artificial a la educación así como plantear los problemas, límites y posibilidades de las líneas de trabajo actuales.

1. Introducción

La creación de diversos tipos de aplicaciones a partir del uso de técnicas de IA varían, básicamente, en función de los objetivos que se persigue alcanzar con el diseño del programa así como del tipo de conocimiento que la aplicación debe manipular.

En conjunto, resulta difícil sistematizar las críticas y desarrollos que el campo de aplicación de la IA a la educación ha recibido. Los problemas básicos que afectan a las aplicaciones de la IA a la educación pueden esquematizarse en dos grandes grupos estrechamente unidos: 1) los relativos a los presupuestos teóricos de los investigadores en relación a la educación, en el campo de la IA; y 2) los relativos a las

dificultades técnicas para implementar adecuadamente algunos de los logros de la IA.

Ambos grupos de problemas están unidos desde el momento que la IA, por su propia definición, se plantea como fin último la reproducción en máquina de determinadas actividades humanas, postulando que tales actividades, o la parte fundamental de ellas desde el punto de vista lógico, son reducibles a una escritura del conocimiento y de la acción, susceptible de ser traducida en el lenguaje electrónico de los ordenadores.

Las múltiples críticas que han recibido las aplicaciones de la IA a la educación, se podrían dividir en dos grandes grupos: a) las dirigidas a la insuficiencia del estado actual de desarrollo de las tecnologías implicadas (tanto máquinas como programas). b) las dirigidas a los presupuestos teóricos de las propias disciplinas implicadas, y especialmente de la inteligencia artificial.

El primer grupo responde más a críticas realizadas desde posiciones internas al propio campo de la IA, que constatan tanto el desarrollo actual como los programas para los próximos años, enfatizando más las posibilidades que los problemas. Este tipo de posturas encuentra algunas dificultades al pensar en las aplicaciones de la IA a la educación, si bien presenta como logros los sistemas expertos o/y tutores inteligentes realizados para enseñar o asesorar en temas muy técnicos de matemáticas, programación o ingeniería. En cambio, el segundo grupo responde más a críticas efectuadas desde el campo de la psicología y la pedagogía, que muestran las limitaciones del uso del conocimiento psicopedagógico en los sistemas desarrollados.

Las críticas y desarrollos actuales se van especificando cada vez más por lo que es posible establecer ciertas diferenciaciones que respondan a las diversas formas de utilizar la IA. En este sentido, consideraremos la existencia de tres áreas de aplicación: los micromundos, los tutores inteligentes y los sistemas expertos. Pasaremos a continuación a describir brevemente las dos primeras aplicaciones para centrarnos, posteriormente, en el análisis del uso de sistemas expertos para la automatización del diseño instructivo.

2. *Los micromundos*

Los micromundos constituyen un tipo de aplicación que muchos autores colocan en la frontera de las aplicaciones «inteligentes». Este

concepto fue utilizado por M. Minsky y S. Papert en 1971 al hacer referencia a una posible multitud de pequeñas fragmentaciones en las estrategias de resolución de problemas en dominios interactivos de aprendizaje. Posteriormente, Papert vuelve a utilizar dicho concepto en sus primeros trabajos sobre la construcción del lenguaje Logo (Papert, 1973).

Podemos definir a un micromundo como «un subconjunto de la realidad, o de la realidad construida, cuya estructura es acorde con un mecanismo cognitivo determinado y puede suministrar un entorno donde este último pueda operar de forma efectiva» (L. Rodríguez-Roselló, 1986, p. 11).

La pertinencia y justificación pedagógica de los micromundos se encuadra en el enfoque de Papert y sus continuadores sobre las aplicaciones de los ordenadores a la educación. Esto es, enfatizando una serie de parámetros de la situación/relación educativa tales como: actividad no dirigida, (auto)aprendizaje, centrada en el alumno, mayor importancia al descubrimiento que a la transmisión, autocorrección de los errores, evaluación formativa antes que conductual, etc. Muchos de estos parámetros van unidos entre sí de forma difícil de separar, o son típicamente redundantes, aunque el vector que orienta este tipo de posiciones es claro. Esta concepción tiene un buen terreno abonado en la ideología espontánea de los maestros actuales, muy influidos por posiciones «activistas», y por el propio peso de las diferentes psicologías evolutivas y/o cognitivas —la piagetiana incluida, claro está.

Algunas consecuencias de estas tomas de posición han sido: una crítica implacable de la denominada EAO, y del «*software* educativo» en general, un escaso interés por la comprobación empírica de las tesis, una enfatización del enfoque «filosófico» antes que de los ejemplos concretos.

Quizás estas posiciones respondan al espíritu de los tiempos, y sean congruentes con las formas actuales de entender la educación. Sin embargo, los ejemplos de «micromundos» realizados (ver E. Corte, 1990; R. Lawler, 1985, y P. Thomposn, 1987), a excepción del propio Logo, no suelen contarse entre los más conocidos, ni por otra parte se han extendido más allá de los campos de las ciencias «naturales», incluyendo a la geometría bi y tridimensional. Esto quiere decir que, de alguna manera, o bien las herramientas de desarrollo no son adecuadas para producir ese tipo de «entornos de interacción inteligente», o bien que hay problemas epistemológicos más complejos en la extrapolación de las ideas base piagetianas más allá de las matemáticas y la física. En cualquier caso, la aportación de este enfoque no se debe medir tanto por

sus logros (que los tiene grandes) cuanto por la incidencia crítica que ha tenido sobre otros ámbitos, y especialmente sobre la concepción más «conductista» y «dirigista» de la utilización educativa de los ordenadores.

Desde el punto de vista de la IA, lo cierto es que no siempre se suelen incluir los micromundos dentro del campo. Quizás por las dificultades para separarlos claramente de las simulaciones, o quizás por no considerarlos ejemplos «puros» de la tradición de la propia IA (p.e., en los tres tomos de la obra de Cohen & Feibenbaum (1982) sobre inteligencia artificial apenas hay referencias a la concepción de Papert y a los micromundos). En parte es cierto que las simulaciones genéricas, las que no simulan una máquina o sistema concreto, ocupan un lugar ambiguo en una hipotética clasificación.

3. *Los tutores inteligentes*

La diferencia fundamental entre los tutores inteligentes (TI) y los sistemas expertos (SE) es que los primeros poseen, además de un módulo experto de representación del conocimiento y de un sistema de inferencia, un modelo del alumno y un catálogo de los errores posibles. Así, los TI «son programas de ordenador que utilizan técnicas procedentes de la IA para representar el conocimiento y llevar a cabo una interacción con el alumno» (D. Sleeman-J. Brown, 1982, p. 1). De hecho, los TI pueden poseer arquitecturas diversas, enfatizando más el tratamiento del error (como es el caso de los utilizados para enseñar lenguajes de programación como LISP o Pascal), o bien preocupándose más del tipo de alumno, su historia previa, etc.

Se podría establecer una fórmula idealizada de estas relaciones:

$ITS = SE + (\text{modelo de alumno, catálogo de errores, interfaz de diálogo})$.

Los esfuerzos que en este campo se están realizando todavía no han generado programas comercializados que puedan ser utilizados en ordenadores personales. Como en el caso de los sistemas expertos, la mayor parte de TI se encuentran en fase de desarrollo o son prototipos que se han utilizado a nivel experimental. Revisando los diversos TI desarrollados hasta el momento podemos observar la existencia de dos tipos genéricos: a) aquellos que pretenden ayudar al alumno a adquirir un determinado aprendizaje, y b) los que se centran en el diagnóstico y detección de errores.

a) Los programas tutoriales que se dirigen hacia la consecución de

un determinado aprendizaje otorgan mucha importancia a la historia del alumno durante el tiempo de interacción con el programa. La mayoría de estos tutores se centran en tareas relacionadas con la adquisición de conocimientos informáticos y con la resolución de problemas. Por ejemplo, existen tutores para ayudar a adquirir estrategias de programación (véase el programa BRIDGE, J. Bonar & R. Cunningham, 1987) o la enseñanza de lenguajes específicos de programación como es el caso del programa PROUST que enseña Pascal (W. L. Johnson & E. Solloway, 1987).

b) La mayor parte de los TI diseñados para el diagnóstico y detección de errores hacen referencia a programas sobre aritmética, álgebra y programación elemental. El aspecto fundamental de este tipo de tutores es la inclusión en el programa de una biblioteca de errores lo más amplia posible y un motor de inferencia que sea capaz de comparar con rapidez la mencionada biblioteca con las respuestas dadas por el alumno.

Un ejemplo de este tipo de tutores lo constituye el desarrollado por T. O'Shea y su equipo (1988). El programa intenta enseñar estrategias aritméticas a niños entre 7 y 12 años mediante la detección de los tipos de errores que realizan cuando efectúan una operación aritmética elemental. Para diseñar el programa, O'Shea y sus colaboradores realizaron una investigación previa que les permitiera efectuar un análisis de todos los posibles errores que efectúan los niños cuando realizan dichas operaciones. A partir de este estudio, se comenzó a desarrollar el programa que integra tres elementos: 1) Un conjunto de diagnósticos sobre el nivel del alumno, 2) una extensa taxonomía de errores de las cuatro funciones aritméticas básicas, y 3) un conjunto de reglas de producción para las cuatro operaciones aritméticas.

En definitiva, la construcción de TI se centra en el dominio de un conocimiento muy específico y en la representación de métodos de enseñanza. Idealmente, esta empresa supone tener una teoría de la enseñanza y de la naturaleza del conocimiento que debe ser enseñado. Un aspecto fundamental en la construcción de TI es la utilización de conocimientos declarativos. Generalmente, el estado del conocimiento declarativo es la base del diagnóstico de reglas, relaciones causales y es usado durante los programas tutoriales para generar soluciones cuando se compara el estado real e ideal del comportamiento del alumno.

Quizás el debate mayor en torno a los TI se haya centrado precisamente sobre el modelo de alumno que utilizan. Esto es, sobre cómo a través de la historia de la interacción y del tipo de errores que comete el alumno es posible, o no, representarse adecuadamente su forma de aprender, o, al menos, adecuar el tipo de información y de *feedback* que se le suministra.

Entre los modelos de alumno desarrollados existen ciertos modelos que han sido adoptados por los diversos TI construidos. En general, estos modelos se fundamentan en una comparación entre el estado actual del conocimiento del alumno y el estado ideal fundamentado en los conocimientos que maneja un experto sobre el tema. Básicamente existen tres modelos de representación (B. Gros, 1987): el modelo incorporado del alumno, el modelo de evolución genética o grafo genético y el modelo overlay. De este modo, en la mayor parte de TI, se realiza una comparación entre el tipo de conocimiento manejado por el experto y el utilizado por el usuario (modelo incorporado del alumno, Clancey, 1982). Así pues, la función específica del TI es conseguir que ambos tipos de conocimiento acaben coincidiendo plenamente. El modelo del grafo genético (Goldstein, 1982) utiliza esta comparación pero centrándose en la forma en que el alumno aprende en relación a como lo hace el experto y no en la manera en que éste representa el conocimiento. Por último, el modelo overlay (Burton, 1982) realiza una doble comparación; por un lado compara el tipo de conocimiento del alumno en relación al experto, y por otro lado, analiza los errores cometidos por el alumno en relación a una biblioteca de errores introducida previamente en la que se supone que están contemplados los posibles errores que puede cometer el alumno mientras realiza el aprendizaje.

Algunos autores (Elsom-Cook, 1987; Tennyson, 1987) han criticado este tipo de modelos por considerar que constituyen una visión muy simplista y no tienen en cuenta ni los estilos de aprendizaje del alumno ni sus capacidades específicas. Se apuntan algunas alternativas como la construcción de modelos del usuario (Elsom-Cook, 1987, 1990) en los que se pretende que no exista un modelo estático del alumno sino que, en cada momento, el programa produzca un modelo mediante un proceso de razonamiento inductivo sobre las observaciones concretas de las respuestas del alumno y a partir de éstas genere predicciones que no tienen por qué ser comparadas con un modelo teórico de conocimiento del experto.

Para algunos autores uno de los problemas fundamentales de los modelos desarrollados (Self, 1988; Tennyson, 1987) estriba en que ninguno de ellos se fundamenta en especificaciones teóricas comprobadas empíricamente. Han sido desarrollados desde la informática y se centran en modelos de representación del conocimiento que se configuran al margen de cualquier teoría pedagógica. Un problema importante que se desprende de este hecho es su efectividad real. De hecho, no existen estudios sobre su aplicabilidad ya que, como hemos comentado, todavía no existen programas comercializados.

Un problema que dificulta la producción de TI está relacionado con el tipo de herramientas de desarrollo utilizadas. De hecho, hasta la fecha, la mayor parte de programas han sido elaborados con lenguajes de IA (LISP, PROLOG). Son lenguajes complejos, que requieren máquinas potentes, lo cual supone invertir un gran número de horas en la producción de los materiales y que el resultado final no pueda ser usado en muchos casos en ordenadores personales. Para paliar este problema, se considera necesario el desarrollo de sistemas de autor específicos para el diseño de este tipo de programas. Existen algunos intentos al respecto (Sleeman, 1988) pero todavía no se ha producido herramientas potentes comparables a los sistemas de autor.

En definitiva, aunque el campo de aplicación de los TI es de un gran interés ya que con su desarrollo se puede mejorar la calidad de los programas educativos, existen en la actualidad numerosos problemas de diseño que hacen que los materiales todavía no tengan la consistencia y calidad esperada.

4. *La automatización del diseño instructivo*

Una de las aplicaciones más claras de los sistemas expertos en cualquier ámbito de conocimiento es la de constituirse como herramienta de ayuda y asesoramiento en una tarea para la cual se necesita un dominio de conocimiento específico. En este sentido, dentro del terreno educativo, se están desarrollando herramientas para el asesoramiento en el diseño instructivo que incorporan sistemas expertos.

El origen de esta idea surge en Norteamérica y responde a la necesidad de cubrir una importante demanda social: el desarrollo de programas de formación de adultos (para reciclaje profesional, entrenamiento militar, etc.). La mayor parte de los programas de formación utilizan tecnologías tales como los ordenadores (programas de enseñanza asistida por ordenador), el vídeo, el vídeo-interactivo, etc. En definitiva, para este tipo de tareas suele adoptarse tecnologías avanzadas en mayor medida de las que, por ejemplo, pueden encontrarse en el ámbito escolar. Sin embargo, el tipo de material generado para estos medios suele ser de bastante baja calidad. Según algunas valoraciones realizadas (Merrill, 1989; Pérez-Seidel, 1990; Muraida, 1990), el problema fundamental de este tipo de *software* es la falta de un diseño instructivo adecuado. En este sentido, el diseñador del producto suele ser un especialista en la materia o contenido que ha de enseñarse pero no tiene ningún conocimiento sobre la forma de enseñar. La automatización del

diseño instructivo intenta, pues, facilitar esta tarea asistiendo al diseñador en todas las etapas que la componen.

Los primeros prototipos aparecieron a mediados de los años 80 pero, de hecho, esta primera generación (DI_1) presenta numerosas limitaciones, por lo que ha sido necesario replantearse algunos aspectos del diseño inicial. Por ejemplo, entre 1987 y 1989 el equipo de investigación de la Universidad de Utah dirigido por D. Merrill desarrolló dos prototipos, ID EXPERT v 1.0 y ID EXPERT v 2.0. La primera versión es capaz de guiar en el análisis de un contenido limitado, realiza recomendaciones para la organización del curso y sugiere posibles transacciones a lo largo de la organización del mismo. La segunda versión del prototipo es igual a la anterior, pero se mejora el interfaz utilizando Hypercard. En ambos programas aparecen importantes limitaciones:

a) En cuanto a la coherencia del programa. El análisis del conocimiento y el diseño instructivo del mismo se efectúan de forma aislada sin ningún tipo de interrelación como si fueran dos componentes aislados.

b) En cuanto a la utilidad. Las prescripciones pedagógicas dadas por el programa son muy superficiales y de una gran simplicidad.

Por este motivo, a partir de estos primeros trabajos y después del análisis de los prototipos realizados se considera que para poder realizar un sistema complejo y que pueda ser aplicado a cualquier tipo de conocimiento es preciso no sólo diseñar un sistema experto que asesore durante el diseño instructivo sino, además, crear un conjunto de herramientas específicas para cada una de las distintas etapas que componen dicho proceso. Así pues, el objetivo de la segunda generación del diseño instructivo (DI_2) es crear un conjunto de herramientas que sean capaces de analizar, representar y guiar el proceso instructivo incorporando nuevos conocimientos acerca del proceso de aprendizaje y de enseñanza e incorporándolos todos ellos al proceso de diseño. Este planteamiento se hace extensivo a todos los proyectos de investigación sobre el tema. En este sentido, se adopta un análisis sistémico fundamentado en el SAT (Systems approach to training) que es un modelo de diseño instructivo desarrollado por el Army Research Institute (USA) en el que se considera que todo diseño instructivo está formado por cinco fases que deben estar totalmente interrelacionadas: análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación. La automatización de dichas fases (especialmente de las tres primeras) es lo que persiguen la mayoría de los prototipos diseñados (o en fase de diseño).

Son bastante los equipos que se encuentran trabajando sobre esta temática (especialmente en EE.UU.) y no pretendemos describir el

trabajo de todos ellos, pero sí nos interesa revisar el enfoque que adoptan algunos de los proyectos para poder dar una valoración posterior sobre la temática que nos ocupa.

En primer lugar, y para centrarnos en el análisis del tema, hemos de tener presente qué supone construir un sistema experto para asesorar en el DI. En este sentido, el primer problema que se plantea es la acotación del dominio de conocimiento. Curiosamente, la mayor parte de prototipos están diseñados para ser utilizados con cualquier tipo de contenido instructivo. No establecen, pues, ninguna restricción sobre el tipo de contenido a diseñar. Por consiguiente, es de suponer que las fases y tareas del diseñador han de ser lo suficientemente flexibles como para adaptarse a contenidos muy variados. En segundo lugar, es la utilización de una teoría específica sobre el diseño instructivo. Sobre este punto existen muchas variaciones, de modo que mientras unos proyectos se fundamentan en un planteamiento teórico claro, la mayor parte de ellos siguen planteamientos eclécticos retomando aspectos procedentes de diversas teorías instructivas.

El equipo de investigación de la Utah es quizá el único que se fundamenta en una teoría específica sobre el diseño instructivo. Ésta es la teoría desarrollada por el propio Merrill (denominada «component display theory», para más detalle ver Reigeluth, 1983, 1987) quien modifica y amplía algunos de los planteamientos de la teoría de Gagné con tal de adaptarlos a una instrucción más dinámica e interactiva.

Como hemos mencionado anteriormente, este equipo de investigación desarrolló algunos prototipos de DI_1 y desde 1989 están trabajando en DI_2 . El objetivo de esta segunda generación es crear un conjunto de herramientas que sean capaces de analizar, representar y guiar el proceso de diseño instructivo incorporando nuevos conocimientos acerca de los procesos de aprendizaje y de enseñanza.

DI_2 comprende los siguientes componentes (ver figura 1):

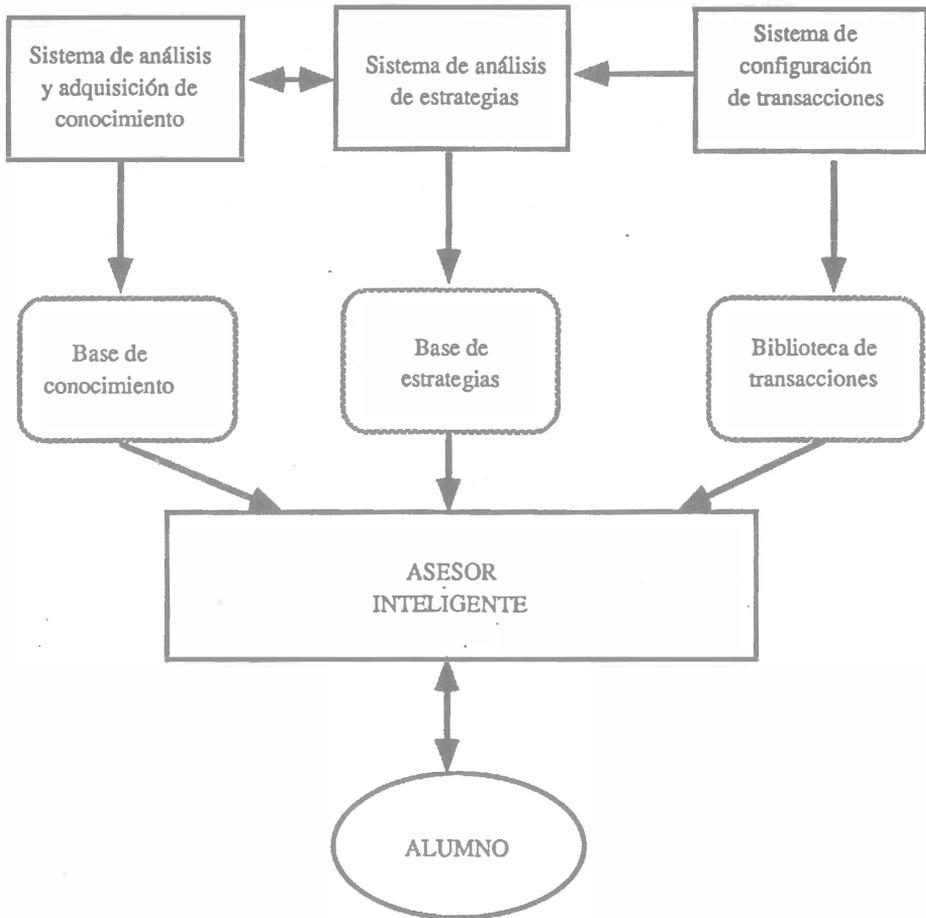
— Una base teórica que organiza el conocimiento sobre el diseño instructivo y defina una metodología para la ejecución del diseño instructivo.

— Una base de conocimientos para representar un dominio de conocimiento con el objeto de construir decisiones instructivas.

— Una serie de herramientas para el análisis y adquisición del conocimiento, el análisis de las estrategias y la configuración de las transacciones.

— Una colección de mini-expertos, cada uno aportando información

FIGURA 1
CONFIGURACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE DI₂



a una pequeña base de conocimiento relevante para una decisión o un conjunto de decisiones de un diseño particular de conocimiento.

— Una biblioteca de transacciones y la capacidad de añadir nuevas informaciones a la biblioteca existente.

— Un programa de ayuda inteligente para orientar el proceso de instrucción mediante un diálogo con el alumno.

En la actualidad se están desarrollando los siguientes módulos:

1. El sistema de análisis y adquisición del conocimiento. Este módulo pretende guiar al usuario en el tipo de información que ha de utilizar sobre la materia que pretende ser enseñada. Funciona como un almacén o «shell» que posee un conjunto de «frames» para representar cada uno de los componentes del contenido y el nivel de abstracción relacionado con cada nivel.

2. El sistema de análisis de estrategias. A través de este sistema se intenta, tal y como ya hemos señalado, obtener información específica acerca de los atributos personales del alumno. Para ello, el programa pretende actuar como guía en el análisis de estrategias de enseñanza recomendando cómo deber ser organizado el curso.

3. Las transacciones. Este módulo está formado por un conjunto de «shells» que poseen información sobre formas diferentes de interactuar con el alumno en función de los tipos de conocimiento que deban ser enseñados. De los tres módulos, éste es el que en la actualidad está menos desarrollado, pues los fundamentos teóricos no están suficientemente elaborados.

Existen proyectos en esta misma línea. Por ejemplo, el sistema SOCRATES (Subject Outline Curriculum Resource and Tutoring Expert System) (R. Ranker-R. Doucet, 1990), cuyo objetivo es entrenar a un especialista en una determinada materia a diseñar lecciones sobre el tema. Para ello, se realiza un entrenamiento en la producción de objetivos, actividades, ejemplos que deben producirse, pruebas, etc. Este sistema es muy ecléctico, pues cada uno de los módulos se fundamenta en una teoría instructiva diferente. De este modo, adopta aspectos de la teoría sobre microestrategias, de la teoría de Gagné, de Merrill, etcétera.

El proyecto AIDA (Advanced Instructional Design Advisor) (D. Muraida-M. Spector, 1990) tiene por objeto desarrollar un sistema de ayuda al DI fundamentado también en un planteamiento sistémico de integración de diversos módulos: a) Un macromódulo para ayudar a definir los objetivos del curso; b) Un minimódulo para seleccionar las

estrategias más apropiadas en la organización y diseño de los materiales del curso, y c) Un micromódulo para seleccionar y secuencializar los materiales dentro de una determinada lección. Cada módulo tendría, además, acceso a bases de datos que contendrían información sobre los cursos, ejemplos, etc. Y también cada módulo tendría acceso a un conjunto de editores para ayudar a la creación, alternación e incorporación de materiales en el curso.

Además de los proyectos mencionados, podemos encontrar otros ejemplos similares tales como IDE (Instructional Design Environment) (D. Rusell, 1990), IDIOM (K. Gustafson-T. Reeves, 1990), LOGICA (1989), etc.

5. Consideraciones pedagógicas sobre la utilización de la IA al diseño de programas educativos

Como ya se ha señalado, la mayor parte de estos proyectos se encuentran en fase de desarrollo. En este sentido, las valoraciones que pueden realizarse responden más a la concepción general de los proyectos que a los resultados obtenidos hasta el momento, al menos en lo que se refiere a la segunda generación de programas (DI₂). A pesar de ello, creemos de interés resaltar algunos aspectos que, desde nuestro punto de vista, presentan algunas limitaciones.

En todos los proyectos mencionados se trata de automatizar el diseño instructivo, mediante el razonamiento, aparentemente simple, de considerar los aspectos formales comunes a distintos programas de formación, a la vez que se realiza una descomposición en módulos del proceso mismo de diseño. Por otra parte, el énfasis es puesto más en cómo estructurar la información a transmitir que en los procesos de aprendizaje del alumno. Y, correlativamente aunque con muchos matices, la mayoría de estos programas conceden más importancia a todos los módulos relativos al profesor (análisis de los objetivos, estructuración de la información, estrategias de enseñanza, etc.), que en los relativos al modelo de alumno, formas de interacción e, incluso, análisis del error.

Caben algunas precisiones: en primer lugar, señalar que este tipo de programas se encuentra todavía en estado embrionario y que, por tanto, están muy lejos de haber alcanzado los módulos que ellos mismos proponen. Idealmente, todos contemplan la inclusión de estrategias de enseñanza, análisis del error e interacción adecuada mediante el recurso a modelos de alumno; sin embargo, en el momento actual son más

promesas que realidades. El interés que despiertan en determinados sectores formativos supondrá un desarrollo importante, y, en potencia, el tratarse de concepciones más amplias que los sistemas expertos y que los propios autores inteligentes (ambos tipos de aplicaciones serían partes o módulos de estos últimos) hará que se conformen como un horizonte de investigación a medio plazo.

En este mismo sentido, muchos de ellos resultan ser más inteligentes en los procesos de guía para el diseñador instructivo que en el resultado final para el alumno. Esto es, el énfasis se pone más en la representación del conocimiento del profesor que en la interacción resultante. A falta de poder utilizar operativamente estos programas, parece que los cursos generados con ellos sean más un prototipo de «enseñanza asistida por ordenador», en alguna de sus formas actuales, que de tutores inteligentes (el proyecto DI_2 comentado es una clara excepción a este planteamiento).

En segundo lugar, e independientemente de su desarrollo actual, está la cuestión misma de su escala. Proyectos tan ambiciosos conllevan inevitablemente un exceso de generalidad por una parte y una ligazón teórica nada desdeñable por la otra. En el caso más documentado, el proyecto DI_2 de Merrill y sus colaboradores, los módulos principales del diseño instructivo están basados en la propia teoría de Merrill modificada para adecuarse al medio informático. Aunque la teoría CDT («component display theory») posea innegables méritos, muy en la línea de la propuesta por Gagné, lo cierto es que es de una gran generalidad en cuanto a su aplicación práctica, además de ser básicamente una teoría no-social de la instrucción. En otros proyectos, la teoría es más implícita pero no por ello menos existente. Esto nos conduce a una tercera consideración.

Podríamos enunciarla abruptamente como el problema de la práctica. Esto es, cómo se pasa de teorías generales a aplicaciones educativamente interesantes. La distancia entre unas y otras parece más una cuestión de ideología educativa que de conocimientos técnicos.

En tercer lugar, la propia generalidad de las teorías utilizadas (que es, por otra parte, inevitable) puede conducir, con toda naturalidad, a un cierto mecanicismo en la «transacción» entre los contenidos temáticos y las estrategias de enseñanza generadas. De hecho, la propia teoría de Merrill es muy estricta al respecto, y responde a un gran paradigma didáctico: cada tema tiene una forma óptima de ser enseñado. Esto supone el cambio de la naturaleza pedagógica misma del ordenador: de ser un medio poderoso que vehicula opciones distintas, a convertirse en un medio que impone, a través de programas consejeros, la forma de enseñar.

Sin intención de reabrir un debate permanente, lo cierto es que la tecnología genera, de manera implícita, sus propias leyes. No se trata de leyes necesariamente rígidas, pero sí de aceptar que el medio mismo tiene mucho que decir en los procesos de comunicación. Así, por ejemplo, es a veces difícil distinguir el amplio e impreciso campo de la construcción del interfaz de comunicación, del propio de las formas y contenidos de la interacción didáctica. Viejo problema del fondo y de la forma, de la semántica y de la sintaxis, del qué se enseña y del cómo se enseña; replanteado ahora en términos de contenidos didácticos e interfaz de comunicación persona-máquina.

Se comprende fácilmente la distancia que separa este tipo de enfoque del de los micromundos. En éstos, el problema de la relación entre contenidos y formas de transmisión se resuelve por una saturación del campo del contenido en el (sub)dominio elegido, a la vez que la estrategia de enseñanza queda disuelta en una interacción-simulación con chequeo inmediato de los errores. Sin embargo, el propio interfaz de comunicación adopta la forma de una programación-secuenciación de las acciones a desarrollar en el micromundo, que es construida partiendo siempre de las acciones más elementales (primitivas, o comandos del lenguaje). El usuario aparece siempre como un constructor de mecanos que, además, prueba su funcionamiento. Por ello mismo, la saturación aludida de los contenidos es, siempre y necesariamente, potencial (nadie puede agotar todos los modelos realizables, ni conocer de antemano todos los procedimientos definibles), a la vez que formal (ningún contenido concreto está dado). La transacción entre contenidos, definidos como micromundo, y estrategias de enseñanza-aprendizaje contenidas en el programa informático (independientes de los usos que un maestro pueda vehicular a partir de ellas) es, literalmente, indeterminada en cuanto a su número, ya que dependen de cómo los alumnos lleven a cabo su aprendizaje; sin embargo, la transacción relativa a las formas de interacción persona-máquina adolecen de un interfaz arcaico—entrada mediante teclado, lenguaje de comandos, editor de procedimientos obsoleto, chequeo de errores muy simple, ausencia total de técnicas inteligentes para modelizar los errores e historia del alumno, etétera.

Por el contrario, los programas inteligentes de soporte al diseño instructivo están orientados a cómo transmitir mejor (esto es, más eficazmente) un contenido determinado, y su relativa independencia de la naturaleza de los contenidos sólo es comprensible por el alto nivel de generalidad al que funcionan. Es evidente que no se basan en una «pedagogía del error», y que los intentos fallidos del alumno para alcanzar la comprensión de un determinado objetivo sólo son vistos

como el camino menos malo que debe corregirse con rapidez. El proceso cognitivo del alumno para alcanzar la representación correcta del contenido (tenga éste la forma que sea, y se clasifique con la perspectiva que se quiera) es visto más como una resistencia a la solución correcta que como algo que debe ser valorado por sí mismo. Son programas muy basados en el profesor, o en el diseñador instructivo, y que hay que comprender en gran medida en la tradición norteamericana heredera de concepciones conductistas, neoconductistas y cognitivas de la enseñanza.

Podríamos decir que este tipo de programas no aportan nada nuevo desde el punto de vista pedagógico, y sobre todo desde el ángulo del alumno, a no ser que incluyan decididamente módulos inteligentes para tutorizar la interacción —como, de hecho, alguno de los proyectos propone.

Sin embargo, una conclusión semejante sería injusta por lo que habíamos dicho al principio: la enorme variedad de perspectivas globales con las que se contempla el tema de las aplicaciones de la IA a la educación. Los proyectos para realizar sistemas de ayuda inteligentes al diseño instructivo no responden al mismo tipo de enseñanza que los micromundos, o, incluso, que algunos sistemas expertos y tutores inteligentes. Están decididamente orientados para que su resultado sea utilizado por sujetos adultos, en contextos educativos no escolares, y en muchas ocasiones mediante un tipo de enseñanza no presencial, o a distancia. Es difícil utilizar el mismo patrón de evaluación para estas condiciones que para el uso de los ordenadores en enseñanza Primaria o Secundaria. Por eso, cuando se leen críticas duras y globales contra la EAO, las simulaciones e incluso estas aplicaciones «inteligentes», tratadas de forma genérica, es fácil rastrear la imagen escolar con la que el autor ha medido la casi totalidad de las aplicaciones informáticas a la educación. No cabe duda que en ese caso es mucho más importante lo que haga el maestro con los ordenadores que los propios programas. Pero en muchos otros que atañen por igual a la Pedagogía, y que cada vez cobrarán más importancia, la tarea del profesional educativo puede verse definida como la de un estructurador de la información de la manera más adecuada posible, para que esta información sea consumida de manera «abierta» por usuarios de diferentes edades, problemáticas personales y sociales, y en lugares diversos. Éste es el enfoque general del denominado *aprendizaje abierto* y sobre la que trabajan varios proyectos europeos en la actualidad (H. Mandl y otros, 1990).

De alguna manera, la perspectiva del aprendizaje abierto, pensado para sujetos adultos, en situación no escolar, realizado en horarios

elegidos por el usuario, y sobre temas puntuales y bien definidos, es una problemática pedagógica muy distinta que la del uso escolar de los ordenadores para niños y jóvenes en períodos de maduración cognitiva. El caso del diseño instructivo adquiere su verdadero sentido en la primera situación, en la que el objetivo se traduce en la transmisión eficaz de unos contenidos bien bajo forma referencial, bien bajo la forma de una simulación.

Por tanto, las múltiples perspectivas provienen de situaciones múltiples y buscan soluciones diversas, y desde esas posiciones deben ser comprendidas. Las críticas demasiado globales realizadas en nombre de principios pedagógicos globales pueden resultar no sólo demasiado generales (del tipo «toda la EAO no sirve para nada»), sino que especialmente pueden desconocer el sentido de algunas de estas propuestas. Y, sin embargo, es difícil no pensar en cómo muchos de estos programas refuerzan enfoques didácticos basados en una pedagogía muy dirigista, orientada exclusivamente a la consecución de objetivos y, en muchas ocasiones, basados en principios conductistas. El reto de las nuevas tecnologías, y de la informática muy especialmente, se plantea en cómo realizar programas complejos de formación, orientados a formas de aprendizaje abierto, con una interacción inteligente con el alumno, y que posean las características de una relación formativa o instructiva lo más centrada en el alumno posible.

Otras alternativas no tan inteligentes están siendo especialmente consideradas en los últimos tiempos. Nos referimos a los sistemas que organizan la información de manera hipertextual. En contra de considerar que un programa educativo o formativo debe realizar un tipo de interacción dirigida en cuanto al tipo de información que se suministra, cuándo se hace y en qué orden (con estrategias de ramificación individualizadas, sean éstas inteligentes o no), otros enfoques basados en la idea de hipertexto e hipermedia enfatizan las conexiones múltiples entre grandes cantidades de información en soportes distintos (textual, gráfica, imágenes, vídeo, sonido digitalizado, etc.), de manera que el usuario pueda «navegar» lo más libremente posible a través de la información (Casals y Llàcer, 1990).

La razón principal de esta estrategia es la del acceso a una masa de información creciente a alta velocidad; el usuario ideal, típicamente sujetos adultos, desea conocer algo antes que aprender algo. Se trata de un problema pedagógico básico: el acceso a la información y la estructuración de esa información, desimplicándolo de cualquier estrategia de enseñanza que conlleve la evaluación de aprendizaje —sólo una concepción teórica «elitista» de la educación, que limitase su utili-

zación a aquellos casos en los que se produce un aprendizaje transferible, se plantearía excluir de su campo de acción este tipo de cuestiones.

La utilización de los entornos hipermedia ha estado en la actualidad más centrada en la presentación de información y realización de tutoriales sencillos (Anmbron y Hooper (eds.), 1988; Rodríguez Illera, 1989), que en la inclusión de tareas de aprendizaje, por más que este interés esté creciendo en la actualidad (Anmbron y Hooper (eds.), 1990; Jonassen y Mandl (eds.), 1990), aunque todavía queden muchas cuestiones por resolver, ... y muchas más por plantearse.

Resulta claro que la presentación de información en formato hipermedia debería integrar las posibilidades descritas en los campos que se benefician de la inteligencia artificial en sentido amplio. Por desgracia, se trata de posibilidades que desde el punto de vista pedagógico muestran un buen número de problemas como hemos señalado. La integración de tecnologías generará sus propios problemas, pero no cabe duda que la problemática general de la interacción educativa con el ordenador va a tener que repensarse más allá de descalificaciones generales.

Dirección de los autores: Begoña Gros Salvat y José L. Rodríguez Illera, Facultad de Pedagogía, Universidad de Barcelona, Baldiri Reixac, s/n., 08028 Barcelona.

Fecha de recepción de la versión definitiva de este artículo: 20.XII.1990.

BIBLIOGRAFÍA

- ANMBRON, S. y HOOPER, K. (eds., 1988) *Interactive Multimedia. Visions of Multimedia for developers, educators & information providers* (Redmond, Microsoft Press).
- (1990) *Learning with Interactive Multimedia. Developing and using Multimedia Tools in Education* (Redmond, Microsoft Press).
- BONAR, J.-CUNNINGHAM, R. (1987) Bridge: an intelligent tutor for thinking about programming, en SELF, J. *Artificial intelligence and human learning*, pp. 391-410 (London, Chapman & Hall).
- BURTON, R. (1982) Diagnosing bugs in a simple procedural skill, en SLEEMAN, D.-BROWN, J. S. (Ed.) *Intelligent Tutoring Systems*, pp. 157-182 (London, Academic Press).
- CLANCEY, W. J. (1982) Tutoring rules for guiding a case method dialogue, SLEEMAN, D.-BROWN, J. S. (Ed.) *Intelligent Tutoring Systems*, pp. 185-200 (London, Academic Press).
- COHEN, A.-FEIGENBAUM, L. (1982) *The handbook of artificial intelligence*, 3 vols. (Reading, Addison-Wesley).
- CANALS, I. y LLÁCER, E. (1990) Reporter Olímpic. Por una metodología de diseño de interfaces «navegacionales» para los sistemas hipertexto basada en el análisis por facetas, *INSYS'90. Jornades de noves tecnologies interactives*, pp. 137-156 (Barcelona, Fundació Caixa de Pensions).

- DE CORTE, E. (1990) Aprender en la escuela con las nuevas tecnologías de la información: Perspectivas desde la psicología del aprendizaje y de la instrucción, *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 6, pp. 93-113.
- ELSON-COOK, M. & B. BOULAY (1987) A Pascal program checker, en SELF, J. *Artificial intelligence and human learning*, pp. 361-374 (London, Chapman & Hall).
- GAGNE, R. (Ed.) (1987) *Instructional Technology: Foundations* (Hillsdale, Lawrence Erlbaum).
- GROS, B. (1987) *Aprender mediante el ordenador* (Barcelona, PPU).
- (1989) *Análisis de herramientas de ayuda para la construcción de sistemas expertos aplicados al ámbito educativo* (Barcelona, ICE de la Universidad de Barcelona, Informe interno).
- (1989) La construcción de sistemas expertos aplicados a la enseñanza», *Nuevas tecnologías y enseñanzas*, pp. 137-154 (Barcelona, Graó/ICE).
- GUSTAFSON, K.-REEVEST, T. (1990) IDIOM: A Platform for a Course Development Expert System, *Educational Technology*, March, pp. 19-25.
- JONHSON, L. (1987) Modelling programmers' intentions, en SELF, J. *Artificial intelligence and human learning*, pp. 374-390 (London, Chapman & Hall).
- JONASSEN, D. H. (1988) *Instructional design for microcomputer courseware* (Hillsdale, Lawrence Erlbaum).
- JONASSEN, D. H. & MANDL, H. (eds.) (1990) *Designing Hypermedia for Learning* (Berlin, Springer-Verlag).
- KEARSKEY, G. (Ed.) (1987) *Artificial Intelligence & Instruction* (Reading, Addison-Wesley).
- LAWLER, R.-YAZDANI, M. (Ed.) (1988) *Artificial Intelligence and Education* (Norwood, Ablex Publishing).
- LAWLER, R. (1985) *Computer experience and cognitive development* (New York, Ellis Horwood).
- MANDL, H.; HRON, A.; TERGANS, S. (1990) *Computer-based systems for Open Learning* (Report, Tubingen University).
- MERRILL, M. D.; LIZ, Z.; JONES, M. (1989a) Limitations of First Generation Instructional Design, *Educational Technology*, 30, pp. 7-11.
- (1989b) Second Generation Instructional Design, *Educational Technology*, 30, pp. 7-14.
- (1990) The Second Generation Instructional Design Research Program, *Educational Technology*, March, pp. 26-31.
- O'SHEA, T. y otros (1987) Design choices for an intelligent arithmetic tutor, en SELF, J. *Artificial intelligence and human learning*, pp. 257-275 (London, Chapman & Hall).
- PAPERT, S. (1988) Microworlds: transforming education, en R. LAWLER-M. YAZDANI (Ed.) *Artificial Intelligence and Education*, pp. 79-94 (Norwood, Ablex Publishing).
- PÉREZ, R.; SEIDEL, R. (1990) Using Artificial Intelligence in Education: Computer-Based Tools for Instructional Development, *Educational Technology*, March, pp. 51-58.
- RANKER, R.; DOUCET, R. (1990) SOCRATES: A Computer-Based Lesson Development Advisor, *Educational Technology*, March, pp. 46-50.
- REIGELUTH, C. M. (Ed.) (1963) *Instructional design theories and models: An overview of their status* (Hillsdale, Lawrence Erlbaum).
- (1987) *Instructional theories in action: lessons illustrating selected theories and models* (Hillsdale, Lawrence Erlbaum).

- RODRÍGUEZ ILLERA, J. L. (1989) Multimedia interactivos en educación, *Nuevas Tecnologías y Enseñanza* (Barcelona, Graó), pp. 155-168.
- RODRÍGUEZ-ROSELLÓ, L. (1986) *LOGO: de la tortuga a la inteligencia artificial* (Madrid, Vector).
- RUSSELL, D. *et al.* (1990) Creating instruction with IDE: tools for instructional designers, *Intelligent Tutoring Media*, 1, pp. 3-16.
- SPECTOR, M.; MURAI, D. (1990) *Design and developing an advanced instructional design advisor* (Final Report Researchs Projects, Brooks AF).
- SLEEMAN, D.; BROWN, J. S. (Ed.) (1982) *Intelligent Tutoring System*, pp. 227-283 (London, Academic Press).
- SLEEMAN, D. (1988) PIXIE: A shell for developing intelligence tutoring systems, en R. LAWLER-M. YAZDANI (Ed.) *Artificial Intelligence and Education*, pp. 239-267 (Norwood, Ablex Publishing).
- TENNYSON, R.; PARL, Ch. (1987) Artificial Intelligence and Computer-Based Learning, GAGNE, R. (Ed.) *Instructional Technology: Foundations*, pp. 319-342 (Hillsdale, Lawrence Erlbaum).

SUMMARY: ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DESIGN OF EDUCATIONAL PROGRAMS.

Artificial intelligence techniques have been applied to education and training and show promise to further increase the effectiveness of training. The purpose of these techniques is to produce computer-based tools to increase the quality of software education. Some prototypes appeared from 1984 to 1988. But, those systems have a lot of problems when they are applied. The complexity of the computer languages and the pedagogical knowledge (sometimes not very specific) are some of the principal reasons.

Nowadays, there are some areas of application very interested from the pedagogical point of view. In this sense, the main goal of this article is to analyze the applications of artificial intelligence in education and to speak about the problems, trends and implications of some of the current areas of research and development.

KEY WORDS: Artificial intelligence. Cognition. Educational software. Computers and teaching.