

116 29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE PSICOLOGIA

AREA EDUCATIVA

"ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO
DE PROGRAMAS DE INSTRUCCION ASISTIDA POR
COMPUTADORA Y SU IMPACTO EN LA EDUCACION"

ELSA CRUZ PRIETO PEREZ

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

ABRIL DE 1990



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

1. Introducción.....	1
2. Computación y Educación.	
2.1. Aplicaciones de la computación en la educación.....	5
2.2. Papel de la computación en la enseñanza.....	6
2.3. Esquema de clasificación de la enseñanza mediante computadora.....	9
2.3.1. Evolución de la computadora como medio instruccional.....	10
2.3.2. La computadora como herramienta de aprendizaje.....	11
2.4. Modalidades instruccionales en la computación aplicadas a la enseñanza.....	13
2.4.1. Ejercicios rutinarios ('drill and practice').....	13
2.4.2. Juegos educativos.....	14
2.4.3. Simuladores.....	15
2.4.4. Programas tutoriales.....	20
2.5. Modalidades instruccionales y software educativo.....	29
3. Instrucción Asistida por Computadora (CAI).	
3.1. Antecedentes.....	31
3.2. Historia de la CAI.....	32

3.3.	Características CAI e ICAI.....	34
3.3.1.	Influencias teóricas.....	35
3.3.2.	Metas de desarrollo.....	36
3.3.3.	Estructura y sistemas funcionales.....	37
3.3.4.	Principios instruccionales.....	38
3.3.5.	Métodos de estructuración del conocimiento.....	40
3.3.6.	Métodos de modelamiento del estudiante.....	41
3.3.7.	Formatos instruccionales.....	42
3.3.8.	Disciplinas.....	43
3.3.9.	Desarrollo del sistema.....	44
3.3.10.	Validación del sistema.....	45
3.3.11.	Diferencias en la terminología de CAI e ICAI.....	46
3.4.	Limitaciones y perspectivas de la instrucción asistida por computadora.....	50
3.4.1.	Evidencia empírica.....	50
3.4.2.	Limitaciones.....	53
3.4.3.	Perspectivas.....	57
4.	Diseño Instruccional Cognitivo y Software Educativo.	
4.1.	Diseño instruccional (DI) con un enfoque cognitivo.....	61
4.2.	Fases del diseño instruccional.....	63
4.3.	DI e instrucción autodiseñable.....	64
4.4.	DI y software educativo.....	66

5. Lineamientos para el Diseño de Software Educativo.	
5.1. Modelo del estudiante.....	67
5.2. Modelo del tutor.....	71
5.2.1. Representación del conocimiento y naturaleza del aprendizaje.....	71
5.2.2. Estrategias instruccionales.....	74
5.3. Modelo de evaluación.....	79
5.3.1. Evaluación del aprovechamiento del aprendizaje.....	79
5.3.2. Evaluación de la efectividad instruccional del software.....	80
6. Conclusiones.....	84
Bibliografía	90

Introducción

A partir de la pasada década ha crecido significativamente la presencia de la computación en la educación. Sus aplicaciones a esta van desde las actividades propias de la administración escolar hasta aquellas involucradas en el apoyo y la optimización del proceso enseñanza-aprendizaje.

La utilización de la computadora en el aula se ha efectuado en gran medida a través de la enseñanza mediante computadora, dentro de la cual existen varias modalidades como: Instrucción asistida por computadora (Computer aided instruction CAI), Instrucción basada en computadora (Computer based instruction CBI), Instrucción manejada por computadora (Computer managed instruction CMI), Aprendizaje manejado por computadora (Computer managed learning CML), Educación asistida por computadora (Computer assisted education CAE), Educación basada en computadora (Computer based education CBE), Educación basada en telecomunicaciones (Computer based educational telecommunications CBET) y la Alfabetización Informática (Computer literacy CL) entre otras.

Esta proliferación de aplicaciones de las computadoras a la educación ha creado confusión en cuanto a la terminología y conceptualización de los usos de la computación en el ambiente escolar. De tal forma que

dependiendo del autor es que una clasificación puede incluir aspectos o la totalidad de otras, lo que ha impedido un acuerdo en cuanto al establecimiento de una taxonomía universal.

El abordar la problemática anterior implicaría un trabajo de reconceptualización técnica que rebasa los objetivos de esta tesina, por lo que solo nos ocuparemos de la instrucción asistida por computadora (CAI). Consideramos que esta es uno de los productos más difundidos y completos dentro de las diversas modalidades de la utilización de la computación en la enseñanza, puesto que comprende varias estrategias instruccionales y, además -especialmente en los programas inteligentes- cuenta con un perfil del estudiante el cual contiene la suficiente información para que a través de un mecanismo diagnóstico el programa seleccione la estrategia instruccional más adecuada a las necesidades del alumno.

Las bondades o ventajas que ofrecen estos programas, como serían las de ofrecer una instrucción homogénea, la de descargar de trabajo al docente, la posibilidad de una rápida actualización de los materiales educativos, la de reducir los costos de la instrucción y el ofrecer una instrucción individualizada (Quintero y Ursini, 1988) han propiciado una presencia cada vez mayor de la instrucción

asistida por computadora en la enseñanza de temas específicos.

Sin embargo, a pesar de las posibilidades que ofrece la computación para el fomento de un aprendizaje activo y de las alentadoras perspectivas que brinda la inteligencia artificial (IA) con el desarrollo de los sistemas expertos, el diseño del software educativo se ha realizado en su mayoría al margen de las teorías del aprendizaje y sus derivaciones en tecnologías instruccionales (Castañeda y López, 1988; Park y Seidel, 1987; Carrier y Sales, 1987; Rosenberg, 1987; Tennyson, 1987). Además, no existen evaluaciones sistemáticas y rigurosas que den cuenta de las aportaciones de la CAI a la educación, lo cual impide una valoración confiable y objetiva de estos programas (Aguilar y Díaz Barriga, 1988).

Existen diversos esfuerzos por incorporar los elementos de la psicología instruccional al diseño del software educativo (Castañeda y López, 1988; Hajovy y Christensen, 1987; Tennyson, 1987). Sin embargo la mayoría de los trabajos realizados en este sentido provienen de científicos ajenos a la psicología o a la pedagogía, surgen generalmente de profesionistas de la computación y de las disciplinas propias en las que se desarrollan los programas.

Consideramos importante para el psicólogo educativo el abordar esta problemática desde la perspectiva de la psicología instruccional pues sus contribuciones permitirán tanto el avance de la disciplina, como el facilitar que la enseñanza mediante computadora no se convierta en una vistosa y altamente tecnificada enseñanza tradicional, que no promueva ni facilite el aprendizaje significativo, así como el autodidactismo y la creatividad de los alumnos.

En el presente trabajo, se abordan en la parte de Computación y Educación las aplicaciones y el papel de la computación en la enseñanza, así como los esquemas de clasificación de la enseñanza mediante computadora y las modalidades instruccionales utilizadas en esta. El siguiente capítulo, está dedicado a la revisión de la historia, las características y la evidencia empírica de la instrucción asistida por computadora. El cuarto apartado intenta destacar la importancia del diseño instruccional con un enfoque cognitivo en el desarrollo del software educativo. En el quinto capítulo se proponen algunos lineamientos para el diseño del software educativo y, finalmente se plantean conclusiones sobre el trabajo.

2. Computación y Educación

2.1 Aplicaciones de la Computación en la Educación

Las aplicaciones de la tecnología computacional a la educación se han llevado a cabo desde fines de los años cincuenta, sus usos se pueden situar en dos áreas: la administración escolar y la enseñanza mediante computadora.

Los usos de la computación en la administración de sistemas educativos se encuentran en los registros escolares de los estudiantes, en análisis estadísticos, en la calificación de exámenes y en la clasificación y búsqueda de la información (Friend, 1987). Al respecto podemos decir que la utilización de la computación en este campo ha sido exitosa y ha repercutido en la difusión de la "cultura computacional".

La utilización de la computación en el proceso enseñanza-aprendizaje, se ha efectuado a través de la enseñanza mediante computadora dentro de la cual podemos encontrar varias modalidades (CAI, CML, CL, CBI, etc.) las que a su vez utilizan distintas estrategias instruccionales como juegos, ejercicios rutinarios (drill and practice), simuladores y tutoriales entre los más comunes.

También la IA ha sido aplicada a la enseñanza, algunos autores como Sleeman y Brown (1982 en Cercone y hc Italia) definen dos directrices fundamentales en las aplicaciones de la IA a la educación. La primera es la que intenta aplicar las técnicas de la IA (especialmente las utilizadas en la solución de problemas, representación de conocimiento y procesamiento de lenguaje natural) para producir sistemas tutoriales mucho más eficaces y atractivos que los sistemas tradicionales de instrucción asistida por computadora. En la segunda, se utiliza la computadora como una herramienta de "construcción" donde se induce al estudiante a que desarrolle constructos conceptuales propios, proporcionándole un ambiente propicio y ampliamente interactivo, donde la computadora se convierte en una herramienta de construcción del conocimiento. Un ejemplo de estas experiencias lo constituye el trabajo de Papert con los microcosmos y el ambiente LOGO.

2.2. Papel de la computación en la enseñanza

Respecto a la función de las computadoras en la educación, existen diversas apreciaciones, como la "revolucionaria" y la "reformista" citadas por Papert (1982). La posición revolucionaria plantea que la presencia de la computadora por sí misma producirá un cambio trascendental, pues llegará el momento en que las máquinas

de enseñanza en los hogares y redes de conexión entre computadoras volverán obsoleta a la escuela.

La posición "reformista" (Op. cit.) opina que la computadora no abolirá a las escuelas sino que las servirá. Al respecto Papert sostiene que se debe reconocer a la integración dialéctica entre el contenido, la pedagogía y la tecnología, y que esta última por sí misma no nos hará avanzar ni educativa ni socialmente. Y al respecto señala:

"Mi filosofía es revolucionaria (...) pero la revolución que yo avizoro es de ideas no de tecnologías. Consiste en nuevas comprensiones de dominios temáticos específicos y en nuevas comprensiones del proceso mismo de aprendizaje. Consiste en la fijación de un rumbo nuevo y mucho más ambicioso de las perspectivas de las aspiraciones educacionales." (Op. cit; p.211)

Finalmente Papert plantea que la tecnología computacional tiene dos papeles: uno instrumental, en el cual las computadoras propiciarán que las ideas lleguen a núcleos más amplios de la población, y el otro heurístico, donde la utilización de las computadoras cataliza el surgimiento de ideas y promueve el desarrollo intelectual de los aprendices por las siguientes razones:

- Si se aprovechan educativamente las oportunidades de dominar el arte de pensar deliberada y mecánicamente como

una computadora," (...) el educando al imitar este tipo de pensamiento se vuelve capaz de expresar lo que es el pensamiento mecanico y lo que no. El ejercicio puede conducir a una mayor confianza en la capacidad de elegir un estilo cognoscitivo que se adecue al problema". (Op. cit; p.42)

- Aunque obviamente no es necesario trabajar con computadoras para adquirir estrategias de aprendizaje efectivas, la estructuración de procedimientos y algoritmos que se dá con el desarrollo de un programa computacional, es una forma accesible y poderosa de iniciarse en el camino de lograr más claridad respecto a las propias estrategias de organización y autorregulación.

Por su parte Calderón (1989, p.45) señala que "el papel de las computadoras, con su poder para almacenar grandes volúmenes de datos, simular los fenómenos de la naturaleza y presentarlos en forma ágil y atractiva a los estudiantes, los está convirtiendo en los instrumentos más revolucionarios de la educación".

En este sentido, Laborda (1986) sostiene que la computadora al integrar imagen, sonido y la promesa no muy lejana de la comunicación en lenguaje natural hombre-máquina, la convierte en una herramienta metodológica de gran potencial en la educación, siempre y cuando no se reproduzca un modelo pedagógico tradicional, sino que la

innovación tecnológica lleve implícita una pedagogía creativa.

Creemos que el punto de vista de Calderon es valido pero incompleto pues apreciaciones de esta naturaleza son las que han limitado el desarrollo del software educativo, puesto que solo visualizan las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías, pero no se plantea el fundamento pedagogico que puede capitalizarlas y hacer de las computadoras instrumentos que realmente revolucionen a la educación.

Coincidimos con las posturas de Papert y Laborda ya que no sólo consideran las posibilidades tecnologicas en si mismas sino el sustrato conceptual e ideológico que plantea la conjunción de los avances tecnicos y pedagogicos, y establece así un panorama mas prometedor para el uso de la computadora en la educación.

2.3 Esquemas de clasificacion de la enseñanza mediante computadora

Las computadoras han sido utilizadas de diversas formas en el proceso enseñanza-aprendizaje, estas aplicaciones han dado paso al surgimiento de multiples modalidades como las mencionadas anteriormente, lo cual ha impedido contar con una taxonomia o esquema unico de

clasificación, ya que no existe una clara diferenciación entre las características definitorias de cada modalidad, y dependiendo del autor se realiza una conceptualización que puede involucrar algunas o la totalidad de las características de una categoría.

No es menester de este trabajo el hacer alguna propuesta de reconceptualización teórica que permita proponer algún esquema de clasificación, por lo que tomaremos para nuestro marco de referencia dos esquemas, el primero es el citado por Knezek, Rachlin y Scanell (1988) a partir de la evolución de la computadora como medio instruccional y el segundo el planteado por Taylor (citado en Knezek, Rachlin y Scanell, 1988) en función de la utilización de la computadora como herramienta.

2.3.1 Evolución de la Computadora como Medio Instruccional

En este esquema se propone a la Educación basada en computadora (Computer based education) como una categoría general que abarca a la Instrucción asistida por computadora (Computer assisted instruction CAI) entendida como programas que se desempeñan como tutores o ensayistas, a la Instrucción manejada por computadora (Computer managed instruction CMI) a la cual corresponden programas que guardan un registro del desempeño del estudiante en clase para ayudar al maestro a planear y dirigir la instrucción, y

a la Educación basada en telecomunicaciones (Computer based educational telecommunications CBET) donde se utiliza a la computadora como un medio de comunicación a través de la distancia o el tiempo.

- * Instrucción Asistida por Computadora (CAI)
- EDUCACION BASADA EN * Instrucción Manejada por Computadora (CMI)
- COMPUTADORA (CBE) * Educación Basada en Telecomunicaciones (CBET)

2.3.2 La Computadora como herramienta de aprendizaje

Este esquema fue propuesto por Taylor en función de la utilización de la computadora como una herramienta de apoyo al aprendizaje, plantea tres categorías:

Tutor.- En esta modalidad el programa guía o instruye al estudiante, la máquina es programada por los "expertos" en alguna disciplina del conocimiento y el estudiante es instruido a través de la ejecución del programa.

Herramienta (Tool).- En esta categoría la computadora funciona como una herramienta que apoya el aprendizaje, la máquina tiene programadas algunas herramientas como análisis estadístico, procesamiento de textos, etc., de tal forma que el alumno utiliza estas herramientas para manipular o procesar información.

"Tutoreado" (Tutee).- Aquí la computadora funciona como alumno, el estudiante instruye (programa) a la computadora. Esta modalidad ofrece grandes posibilidades para que el alumno maneje su propio ambiente de aprendizaje, un ejemplo lo constituye la utilización de lenguajes de programación para el aprendizaje de alguna disciplina, como en el caso del Logo.

Consideramos que el esquema de Educación basada en computadora (Computer based education) como categoría que engloba de manera general las distintas modalidades que la enseñanza mediante computadora ha abarcado a lo largo de su desarrollo, ofrece una categorización que aunque no fina, ni detallada, sí es práctica y permite la ubicación de las diversas aplicaciones de la computación en el proceso enseñanza-aprendizaje.

En cuanto a la clasificación expuesta por Taylor a partir no de las particularidades de las diferentes formas en que se utiliza la computadora como medio instruccional, sino de su uso como herramienta de aprendizaje creemos que es más creativa y útil que la anterior, pues sin encasillar las características de los programas, permite identificar con mucha precisión los usos que se le pueden dar a la computadora como herramienta de apoyo al aprendizaje, cuestión muy valiosa para el diseño del software educativo.

2.4. Modalidades Instruccionales en la Computación aplicada a la enseñanza

En la "instrucción mediante computadora existen diversas modalidades como ejercicios rutinarios (drill and practice), los juegos, los simuladores y los tutoriales entre los más usuales, a continuación expondremos cada una:

2.4.1 Ejercicios Rutinarios (Drill and Practice)

A esta modalidad instruccional Delval (1986) la ha llamado en español ejercicios rutinarios, consiste en la presentación de ejercicios en forma de preguntas o problemas y a partir de las respuestas correctas o incorrectas del alumno se provee la retroalimentación.

La estrategia instruccional ejercicios rutinarios (drill and practice) asume que el estudiante ha recibido alguna instrucción previa del tema que se presenta en el programa; en esta modalidad el maestro es el responsable de proveer la instrucción y seleccionar los materiales de acuerdo a las necesidades de los alumnos.

Manion (1985) plantea que los programas de ejercicios rutinarios (drill and practice) al estar diseñados para ayudar a los estudiantes a revisar y reforzar una habilidad,

pueden contribuir a mantener, mejorar y automatizar habilidades basicas. Por su parte, Delval (1986) sostiene que el uso de estos programas puede servir para consolidar habilidades, ademas permiten que el alumno trabaje individualmente a su ritmo y hacen posible que los alumnos lentos o con necesidades especiales se ejerciten por su cuenta.

El exito en el uso de un programa de ejercicios rutinarios (drill and practice) depende en gran medida de que se use en un ambiente propicio para el aprendizaje de la tarea y de que tan atractiva sea la presentacion del material para el estudiante. El uso efectivo de graficos, color y sonido asi como la variacion en el metodo de presentacion y reforzamiento y, la progresion en el nivel de dificultad en el contenido, son claves para mantener la atencion y la motivacion del alumno (Wright y Forcier, 1985).

2.4.2 Juegos Educativos

Los Juegos educativos segun Hawkridge (1983) estan disenados para proveer practica de habilidades en una forma que motive tanto la practica del estudiante como la exploracion dirigida al descubrimiento de principios.

Delval (1986) divide a los juegos educativos en dos clases, los de contenido que sirven para transmitir una

serie de informaciones a partir de una disciplina y, los de **procesos** que tienen la función de desarrollar una estrategia cognitiva de carácter general. Otra clasificación de los juegos es la que hacen Park, Perez y Seidel (1987) en la cual nos hablan de los **juegos intrínsecos** en los cuales el aprendizaje de reglas y habilidades constituye el principal objetivo instruccional; y de los **juegos extrínsecos** los cuales se utilizan como un "consejero auxiliar" para mantener el aprendizaje y facilitar la motivación.

Las actividades de los juegos son excelentes ejercicios mentales que promueven el desarrollo cognoscitivo porque por una parte, requieren del procesamiento de hechos y de hacer inferencias para la solución de problemas y por la otra, para ganar se necesita demostrar un dominio de habilidades específicas y conceptos con una alto grado de precisión y eficiencia (Wright y Forcier, 1985; Manion, 1985).

2.4.3 Simuladores

Los simuladores son sistemas analógicos que representan o reconstruyen fenómenos o eventos, y se utilizan con el fin de reproducir un proceso o fenómeno de la realidad, para comprenderla mejor a través de su manipulación o experimentación.

Según Wright y Forcier (1985, p.99) un simulador "(...) está diseñado para presentar los hechos, reglas y conceptos de un modelo de acuerdo a la interpretación del modelador y reaccionar a cualquier manipulación de las variables presentadas en el modelo diseñado".

Estos autores, clasifican a los programas de simulación en dos tipos: **modelos del mundo real** los cuales presentan y controlan un microcosmos o un modelo de un ambiente real y los **modelos intrínsecos** en los que se crea un ambiente artificial para la exploración.

En un programa de simulación el papel del maestro es el de preparar al alumno para el manejo del programa, dándole información, monitoreando su desempeño y guiando la discusión durante la actividad para asegurar que se alcancen los objetivos de la instrucción.

En estos programas, el alumno evalúa situaciones, toma decisiones basándose en los datos simulados, responden a la retroalimentación y pueden discutir los resultados con el maestro o con sus compañeros.

Laurillard (1987) destaca como rasgos característicos de un programa de simulación a los siguientes:

a) el estudiante tiene acceso al objeto del dominio, pero solo a través de los comandos definidos en el programa:

no es posible hacerlo a través de descripciones en lenguaje natural;

b) el conocimiento del programa sobre el objeto del dominio está restringido a las operaciones sobre el mismo; puesto que es una descripción algorítmica de la información que entra (input) pero no tiene una descripción alternativa para las manipulaciones de esta información;

c) la retroalimentación dada es intrínseca en el sentido de que muestra los resultados de las manipulaciones del estudiante (inputs) en términos de los comportamientos resultantes del sistema. Una retroalimentación de este tipo proporciona únicamente lo que se tiene explícitamente programado;

d) el programa proporciona metas explícitamente programadas en la forma de opciones para cambiar una variable pero no puede manejar las iniciativas de los estudiantes; todas las decisiones son tomadas mediante las opciones predefinidas de los menús.

Bondades de los Programas de Simulación

La simulación es considerada como un avance pedagógico respecto a la forma de un tutorial convencional (op. cit.).

así como una de las ayudas didácticas más prometedoras (Laborda 1986), por las siguientes razones:

a) Los simuladores pueden ofrecer una genuina práctica para la solución de situaciones reales, las cuales no pueden reproducirse por peligro, distancia, costo o tiempo;

b) Habilidades cognitivas de alto nivel están involucradas en la síntesis de hechos, reglas y conceptos para la solución de problemas; los programas de simulación permiten que esta síntesis tome un lugar dentro del salón de clases;

c) Los simuladores pueden ser muy útiles en cualquier disciplina del conocimiento, al respecto Laborda (op.cit; p.37) comenta: "Con la simulación se puede operar en todas las materias escolares. (...) Su uso permite no solo asegurar el aprovechamiento de los alumnos sino también una preparación más efectiva para su contacto con situaciones de la vida real".

d) Los simuladores dan al aprendiz un acceso directo y control sobre las relaciones esenciales y mecanismos del dominio. En la enseñanza de ciencias esto permite al alumno llegar a actuar cerca de lo que significa "actuar como científico" (Niman, 1985).

Limitaciones y Perspectivas de los Programas de Simulación

a) los programas de simulación no están capacitados para manejar las iniciativas o manipulaciones del estudiante, por lo que no pueden dar respuesta a todas las inquietudes que éste plantea en su proceso de aprendizaje. Es por ello, que no pueden darle el control sobre la manipulación y el contenido del dominio, como lo podría hacer un tutor inteligente;

b) las experiencias que ofrecen los simuladores permiten al estudiante desarrollar su propio conocimiento conceptual del dominio, porque el simulador les da un contacto directo con el contexto que ellos están tratando de entender, así como un ambiente ricamente interactivo.

Existe una gran variedad de programas de simulación, desde aquéllos que no ilustran o reflejan una situación real hasta los que son fieles imitaciones del mundo, como lo pueden ser por ejemplo, los simuladores de vuelo o los quirúrgicos. Independientemente de las limitaciones que puedan tener los programas de simulación, creemos que constituyen una promisoría herramienta didáctica por las razones planteadas anteriormente.

2.4.4 Programas Tutoriales.

En esta parte realizaremos una breve revisión de los programas tutoriales, se denominan así porque la computadora se convierte prácticamente en un sustituto del instructor en la enseñanza de temas específicos.

En estos programas se le dejan a la computadora las iniciativas de la instrucción con el objeto de que, mediante la interacción con el estudiante, éste aumente o mejore sus conocimientos o habilidades en una disciplina. (Friend 1987)

Quintero y Ursini (1983) exponen las argumentaciones de los partidarios del enfoque tutorial, los cuales plantean que estos programas constituyen una necesidad en los sistemas educativos actuales por las siguientes razones:

a) Ante el avance de la revolución científico-técnica, en la actualidad existe una creciente necesidad de personal altamente calificado en una gran variedad de temas;

b) La demanda cada vez mayor de instructores con una calificación alta y homogénea;

c) La necesidad de reducir los costos de la instrucción, los cuales están estrechamente relacionados con su duración y el pago de salarios al personal académico y administrativo.

Además, los partidarios de los tutores consideran que

2.4.4 Programas Tutoriales.

En esta parte realizaremos una breve revisión de los programas tutoriales, se denominan así porque la computadora se convierte prácticamente en un sustituto del instructor en la enseñanza de temas específicos.

En estos programas se le dejan a la computadora las iniciativas de la instrucción con el objeto de que, mediante la interacción con el estudiante, éste aumente o mejore sus conocimientos o habilidades en una disciplina. (Friend 1987)

Quintero y Ursini (1988) exponen las argumentaciones de los partidarios del enfoque tutorial, los cuales plantean que estos programas constituyen una necesidad en los sistemas educativos actuales por las siguientes razones:

a) Ante el avance de la revolución científico-técnica, en la actualidad existe una creciente necesidad de personal altamente calificado en una gran variedad de temas;

b) La demanda cada vez mayor de instructores con una calificación alta y homogénea;

c) La necesidad de reducir los costos de la instrucción, los cuales están estrechamente relacionados con su duración y el pago de salarios al personal académico y administrativo.

Además, los partidarios de los tutores consideran que

estos programas ofrecen las siguientes ventajas:

- a) Reducción del tiempo de adiestramiento;
- b) Disminución de la dependencia de instructores altamente calificados;
- c) La posibilidad de una rápida actualización de los materiales educativos;
- d) Una calidad alta y uniforme de instrucción, accesible a gran escala;
- e) Una instrucción "individualizada" en el sentido de que el estudiante puede avanzar a su propio ritmo.

En función de sus características estructurales O Shea (1983) clasifica a los programas tutoriales en:

- a) Tutores Lineales
- b) Tutores Ramificados
- c) Tutores con Capacidad Generativa
- d) Tutores Inteligentes.

Tutores Lineales.

Estos fueron los primeros programas tutoriales que se elaboraron, estaban fuertemente influenciados por los principios del condicionamiento operante, mismos que consideraban a la enseñanza como la adecuada disposición de contingencias de reforzamiento, de lo cual se infiere que el material instruccional requiere de una organización que maximice la probabilidad de un respuesta correcta.

A los mecanismos genéricos para administrar las contingencias de reforzamiento Skinner las llamo "Máquinas de Enseñanza", las que constituyeron las bases de la instrucción programada, el aprendizaje con máquinas, la instrucción individualizada y de la enseñanza interactiva (O'Shea 1983; Kearsley 1987). Es a partir de la teoría conductual que surgen las primeras experiencias en la instrucción basada en computadora en los años cincuenta, con los tutores lineales que fueron los primeros ejemplos de instrucción programada utilizando las computadoras.

A pesar de las limitaciones de estos programas tanto por el rígido esquema instruccional como por las limitaciones propias de la tecnología computacional en aquellos tiempos, la principal contribución de la programación lineal es su énfasis en la importancia de la retroalimentación y la individualización. (O'Shea 1983).

Los rasgos distintivos de los programas skinnerianos puestos en práctica en los tutores lineales son:

- 1) Un material es presentado en un marco al estudiante. Este material ha sido preparado para llevar al estudiante a través de pequeños pasos hacia la conducta deseada;
- 2) El estudiante da una respuesta e inmediatamente es informado de si es correcta o no. Esta retroalimentación funciona como contingencia de reforzamiento o de castigo;

3) El programa pasa al siguiente marco, el cual ha sido predefinido por el diseñador del material y es independiente de las respuestas del estudiante, ya que el material está organizado en una secuencia óptima a juicio del diseñador y se supone que en cada parte tiende a maximizar la probabilidad de una respuesta correcta.

Tutores Ramificados.

Ante la rigidez de la estrategia instruccional de los programas lineales, se fueron proponiendo mejoras que llevaron al surgimiento de los tutores ramificados. Crowder, precursor del nuevo enfoque que sustenta a los tutores ramificados plantea en 1959, que el problema pedagógico esencial es el de controlar un proceso de comunicación estudiante-máquina a través de la retroalimentación, de esta forma la secuencia del material instruccional está controlada por la respuesta del estudiante.

La interacción estudiante-máquina bajo este enfoque, se enriquece significativamente respecto a los tutores lineales, ya que a partir de las respuestas del alumno se determinan las acciones de instrucción más adecuadas, razón por la cual estos programas marcan el principio de los materiales de naturaleza adaptativa, puesto que el programa -centro de ciertas limitantes- es capaz de responder a las necesidades

individuales de los estudiantes en materia de secuencias instruccionales.

Es importante señalar que la capacidad de adaptación de los programas ramificados se circunscribe a la naturaleza predeterminada de los contenidos de las ramificaciones del programa.

Los principales rasgos de los tutores ramificados los podríamos resumir en los siguientes puntos:

1) Se presenta un marco al estudiante el cual por lo general contiene una mayor cantidad de información que los marcos de los tutores lineales, puesto que en estos programas no se trata de asegurar la respuesta correcta del estudiante limitando la cantidad de información que se le presenta para inducir esa respuesta.

2) El estudiante responde a una pregunta de opción múltiple. Las respuestas aceptables pueden ser varias; no se circunscribe a una sola respuesta correcta;

3) El estudiante recibe un comentario a su respuesta por parte del programa, y puede ser que repita el marco o bien que seleccione un nuevo marco (de un repertorio predefinido) de acuerdo con su respuesta.

Tutores con Capacidad Generativa

Estos tutores tuvieron su origen tanto en los deseos de

algunos diseñadores de facilitar la preparación del material instruccional y en una filosofía educativa diferente, en la cual se plantea que en algunas situaciones el estudiante aprende mejor intentando resolver problemas de una dificultad apropiada que de atender a una exposición sistemática.

En estos programas, la forma de interacción con el estudiante se enriquece a través de la solución de problemas por parte de éste, los cuales son generados por el programa con un grado de dificultad acorde a un diagnóstico que se actualiza constantemente. Al estudiante se le concibe como un ente activo, no como el receptor de una exposición sistemática tal como es considerado en los tutores lineales y ramificados.

El rasgo distintivo de estos programas es que tienen la capacidad de generar nuevos problemas, basándose en las combinaciones de los diferentes elementos de una larga base de datos.

Aunque en principio la capacidad generativa de estos tutores parece un elemento de enormes posibilidades educativas, en la práctica los programas limitan su dominio de acción a familias de problemas de naturaleza convencional susceptibles de resolverse por métodos algorítmicos. Además los criterios de jerarquización y selección de los problemas, suelen basarse en modelos muy simples de la competencia y la

actividad de los estudiantes (Quintero y Ursini, 1988).

Al respecto, estos autores (op. cit: p.11) destacan que "(...) en su forma más pura los programas generativos están más orientados al ejercicio y adiestramiento sistemático en la aplicación de técnicas rutinarias, que al aprendizaje mismo; aunque son comunes los programas híbridos que combinan la exposición sistemática y la generación de ejercicios graduados".

Tutores Inteligentes.

Son los descendientes de los programas con capacidad generativa; surgen ante la necesidad de dar a los programas adaptativos un mayor alcance en su aplicación a situaciones de aprendizaje más complejas, lo cual plantea problemas de gran envergadura tanto desde el punto de vista de la programación como del instruccional.

Los tutores inteligentes constituyen un esfuerzo por desarrollar sistemas instruccionales adaptativos más poderosos y precisos, a través de la aplicación de las técnicas de la inteligencia artificial (IA). La diferencia fundamental entre estos programas y los tutores no inteligentes reside en la concepción de sus estructuras y los procesos de desarrollo de los sistemas.

Los programas inteligentes en sus inicios se hicieron por los "científicos de la computación" para explorar y desarrollar las capacidades de las técnicas de la IA en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por esta razón en la realización de los tutores inteligentes se le ha dado prioridad a los aspectos técnicos del sistema (técnicas de representación del conocimiento, diálogos de lenguaje natural, mecanismos de inferencia, etc.) más que a los aspectos instruccionales o de contenido. (Park y cols., 1987; Hajovy y Christensen, 1987; Kearsley, 1987)

Los rasgos distintivos de un tutor inteligente se pueden resumir en los siguientes puntos:

1) Un tutor inteligente es generativo, en cuanto a que el procedimiento de almacenamiento de sus sistemas hace preguntas y también responde al estudiante (lo cual puede hacerse también en lenguaje natural).

2) Los programas tutoriales inteligentes utilizan procesos inferenciales espontáneos para diagnosticar las necesidades de aprendizaje del estudiante y prescribir sus tratamientos instruccionales.

3) Los diseñadores de tutores inteligentes construyen sus sistemas dentro de las premisas teóricas de la ciencia cognitiva.

4) En un tutorial inteligente la instrucción se presenta básicamente en series de preguntas y respuestas. Este proceso de intercambio de preguntas y respuestas se

realiza para hacer inferencias de la comprensión del alumno sobre un problema y determinar el proceso instruccional a seguir inmediatamente.

Las dificultades inherentes para el diseño de tutores inteligentes constituyen grandes retos para la ciencia cognitiva, y especialmente para la psicología educativa. Ya que en el diseño de un programa de esta naturaleza, el desarrollo de las actividades instruccionales y el modelamiento del desempeño del alumno aun en tareas sencillas requiere de representaciones explícitas, por lo menos a nivel funcional de sus procesos cognoscitivos. Lo difícil es diseñar estas representaciones de forma tal que puedan ser procesadas por la computadora.

Es notable la evolución de los programas tutoriales no solo desde la perspectiva de la computación, sino también desde el punto de vista de los paradigmas educativos que van desde el conductismo skinneriano más puro hasta las propuestas emanadas de la psicología cognitiva que tienden a enfatizar el aprendizaje a través de la acción.

De acuerdo a este planteamiento se intentan combinar experiencias de solución de problemas y de aprendizaje por descubrimiento, con una guía y orientación efectivas. Este enfoque del aprendizaje conduce generalmente a situaciones y necesidades a las cuales no siempre puede responder un

sistema computacional.

Por lo que se hace necesario un intercambio de ideas y la discusión entre los distintos usuarios del tutor, resaltando la importancia del trabajo colectivo en el aprendizaje. Este fenómeno resulta un cuestionamiento a la filosofía educativa que subyace al enfoque tutorial: la idea de sustituir al maestro y su interacción con los estudiantes por medio de una máquina que prescribe eficientemente instrucción individualizada. (Papert, 1984; Quintero y Ursini, 1988).

2.5 Modalidades Instruccionales y Software Educativo

Las modalidades instruccionales expuestas anteriormente están diseñadas en función de diferentes niveles de funcionamiento cognitivo (Manion, 1985), por lo que para su selección debemos tener presente el tipo de objetivos instruccionales que se persiguen, las características de la disciplina y las necesidades de los alumnos.

Sin embargo, no podemos dejar de mencionar que obviamente las modalidades de simulación y tutorial - especialmente en los sistemas inteligentes- son las que ofrecen mayores posibilidades para el desarrollo del software educativo, ya que no sólo pueden incluir a las modalidades de juegos o ejercicios rutinarios (drill and practice); sino que

ofrecen un mayor grado de interactividad con el alumno y por lo tanto mayores posibilidades de individualizar la instrucción y de proporcionar una enseñanza más integral y un ambiente de aprendizaje más creativo, que induzca al alumno a tomar un papel más activo en su proceso de aprendizaje.

Creemos que la utilización creativa de cualquiera de estas modalidades, apoyada siempre en un modelo pedagógico integral que promueva una educación independiente y activa, que no divorcie las actividades instruccionales del aula con las ofrecidas a través de la computadora, tiene grandes perspectivas para el diseño de un software que realmente responda a las necesidades educativas de los alumnos.

3. Instrucción Asistida por Computadora

3.1 Antecedentes

La instrucción asistida por computadora (CAI) ha constituido la modalidad más usual de la enseñanza mediante computadora en el ámbito escolar, ya que fue una de las aplicaciones pioneras de las máquinas en la educación y tuvo gran impacto no sólo por su efecto innovador, sino también porque el fundamento pedagógico con el que se diseñaron los primeros programas CAI se adecuaban perfectamente a las necesidades de la filosofía educativa de aquel entonces: la postulada por el conductismo skinneriano con las máquinas de enseñanza y la instrucción programada.

Con el tiempo y debido a que la disponibilidad de las computadoras se ha incrementado, sus aplicaciones a la enseñanza se han ido consolidando, siendo de los productos más acabados la instrucción asistida por computadora. Como se expuso en el capítulo anterior, la CAI abarca la enseñanza de conocimientos, la práctica en la cual provee ejercicios para la aplicación de reglas y conceptos; el tutorial: en donde se enseña el material nuevo y se verifica el dominio que el alumno tiene sobre el mismo; y la simulación en donde se enseñan estrategias de optimización.

La CAI no sólo considera las estrategias instruccionales citadas anteriormente sino que también - especialmente en los programas inteligentes (ICAI)- se han ido incorporando elementos propios de la instrucción manejada por computadora (CMI), como el contar con un perfil del estudiante, es decir, con un registro de sus calificaciones y progresos, reportando fallas y competencia y así a través del uso de un mecanismo diagnóstico, el programa cuenta con la suficiente información para la selección de una estrategia instruccional adecuada a las necesidades del alumno y también permiten contar con reportes detallados de la ejecución de éste, lo cual simplifica mucho las cargas de trabajo de los docentes (Niman, 1985).

3.2 Historia de la CAI

Los orígenes de la instrucción basada en computadora se remontan a los años veinte con las máquinas de enseñanza de Pressey en 1927 (Knezek, 1988; Park, Pérez y Seidel, 1987), aunque otros autores como O'Shea (1985), Barr y Feigenbaum (1982) sostienen que su origen data de los años cincuenta con la aplicación del paradigma skinneriano de instrucción programada a los programas lineales.

La evolución de la instrucción basada en computadora ha

sido determinada por el desarrollo de las generaciones computacionales (del hardware y el software) y por la incorporación de los avances en las concepciones de aprendizaje y de instrucción. Así la máquina de enseñanza de Pressey fue concebida con las computadoras de la segunda generación (tecnología del transistor) las cuales tenían programas que generaban y calificaban pruebas y utilizaban lenguajes como el Fortran.

El modelo de instrucción programada de Skinner se desarrolló en la tercera generación (circuito integrado), aquí se inician los programas tutoriales que se escribían en lenguajes interactivos como el Basic o el Pilot, y se sientan las bases de la instrucción asistida por computadora, lo cual permite una mayor presencia en las instituciones educativas de la enseñanza mediante computadora y por lo tanto de la instrucción individualizada.

A la cuarta generación (microcircuito integrado), donde aparecen las microcomputadoras, es que corresponde el desarrollo de programas tutoriales con modelos de aprendizaje correspondientes al enfoque cognitivo que retomaron el trabajo de Piaget y otros en cuestiones como el aprendizaje a través de la acción y ambientes interactivos y reactivos. También en este momento surgió la concepción que postulaba la utilización de la computadora como una herramienta, este planteamiento proviene fundamentalmente del grupo del MIT. En

esta etapa se comienza a utilizar el lenguaje Logo.

Finalmente con la quinta generación se introduce la inteligencia artificial al desarrollo de la instrucción asistida por computadora, dando como resultado los ICAI. En esta nueva etapa se sigue usando el Logo y se comienzan a utilizar otros lenguajes entre ellos el Prolog. En los ICAI sigue presente la aproximación cognitiva del aprendizaje, aunque difiere de las planteadas anteriormente, ya que a esta subyace el modelo de procesamiento humano de la información.

3.3 Características CAI e ICAI

Qué es un programa CAI?

Un CAI es un programa computacional donde se seleccionan contenidos instruccionales por temas, enfocados a la enseñanza de aspectos curriculares particulares con el fin de facilitar el aprendizaje de los estudiantes a través de la instrucción individualizada.

Splittergerber (1979, p.20) define a la instrucción asistida por computadora como "(...) un proceso de enseñanza que directamente involucre la computadora en la presentación de materiales instruccionales en un modo interactivo para proveer y controlar un medio ambiente individualizado con cada estudiante en particular".

Qué es un programa ICAI?

Un ICAI es un sistema computacional inteligente el cual se desarrolla en alguna área específica de una disciplina de conocimiento con propósitos educativos. El desarrollo de estos programas descansa en las herramientas de la IA con los sistemas expertos, los cuales tienen en su estructura y en su memoria una gran cantidad de conocimientos y especialmente una gran cantidad de estrategias para depurarlo y adecuarlo a los requerimientos o necesidades del usuario (Laborda, 1986).

3.3.1 Influencias Teóricas

En general a los sistemas CAI se les ha criticado por haberse desarrollado en un vacío teórico (Castañeda y López 1988; Tennyson, 1987). Sin embargo, la mayoría de los programas de instrucción asistida por computadora han incorporado principios del aprendizaje y la instrucción de alguna manera.

Como se planteó anteriormente, desde los inicios de la CAI hasta los años setenta los modelos de sistemas instruccionales estuvieron fuertemente influenciados por la teoría conductista. Posteriormente, con el desarrollo de la teoría cognoscitiva los diseñadores de los programas CAI comenzaron a utilizar los principios de aprendizaje postulados por esta teoría, de tal suerte que actualmente la CAI se ha convertido en objeto de investigación de los

principios de aprendizaje y de estrategias instruccionales (Anderson, 1982 citado en Park, Pérez y Seidel 1987).

Los sistemas ICAI se han desarrollado a la luz de los planteamientos teóricos de la ciencia cognitiva, los cuales se basan en la teoría del procesamiento humano de la información.

Los fundamentos teóricos de los ICAI se han desarrollado a través de la exploración de las técnicas de la IA en el proceso instruccional. Muchos de los proyectos ICAI han tenido como objetivo el entender los procesos cognoscitivos involucrados en las tareas de la enseñanza y del aprendizaje (Park, Pérez y Seidel, op. cit; Kearsley 1987).

3.3.2 Metas de Desarrollo

Tradicionalmente a los sistemas CAI los han desarrollado investigadores educativos y realizadores instruccionales para resolver problemas prácticos en el salón de clases con el fin de mejorar la eficacia y eficiencia a través de la aplicación de la tecnología computacional (Barr y Feigenbaum, 1982).

En cambio, el desarrollo de los programas ICAI ha estado a cargo de los "científicos de la computación" cuyo

principal interés ha sido el explorar la capacidad de las técnicas de la IA en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Rosenberg, 1987; Tennyson, 1987).

3.3.3 Estructuras y Sistemas Funcionales

En la mayoría de los sistemas CAI los componentes instruccionales (contenido, información del alumno y la estrategia instruccional) son guardados e instrumentados por una sola estructura; su funcionamiento se basa en un registro específico de información predefinido por procesos algorítmicos, de tal forma que el proceso instruccional siempre es iniciado y orientado por el sistema y el alumno puede tener poca o ninguna iniciativa en este proceso (Rosenberg, 1987).

En los sistemas ICAI los componentes instruccionales son guardados e instrumentados por estructuras independientes, la mayoría de los programas son estructurados en tres módulos: una base de conocimientos la cual representa la información de la disciplina o dominio que posiblemente un experto tendría en su memoria; un modelo del estudiante el cual es un mecanismo para asesorar el estado general de conocimientos de éste, en función de la información contenida en la base de conocimientos; y, el modelo del tutor el cual consiste en la dirección de la instrucción (Barr y

3.3.5 Métodos de Estructuración del Conocimiento

En los sistemas CAI, el "análisis de tareas" es el método más frecuente para identificar las tareas y subtareas a ser enseñadas, así como los elementos necesarios para realizarlas.

En los ICAI, los métodos de estructuración del conocimiento son determinados por la técnica de representación del conocimiento seleccionada por el diseñador para organizar los contenidos en una estructura de datos (Barr y Feigenbaum, 1982).

En IA una representación de conocimiento es una combinación de estructuras de datos (hechos) y procedimientos interpretativos (reglas) que si se usan correctamente en un programa, le permitirán tener una "conducta inteligente" (op. cit.). Existen varios métodos de representación del conocimiento, entre los más usuales tenemos: las redes semánticas, los marcos, sistemas de producción y lógica de primer orden o de predicados.

Una red semántica está formada por nodos que representan objetos, conceptos y eventos y, de ligas entre los nodos que representan sus interrelaciones. Los hechos relevantes de un objeto o concepto pueden ser inferidos a partir de los nodos a los cuales están directamente ligados.

Los marcos son estructuras donde se almacenan juntos

los conocimientos declarativo y procedural de un objeto o evento particulares.

Los sistemas de producción consisten en una base de datos organizada en reglas llamadas de producción en forma de pares de "condición-acción", por ej., "Si alto es rojo y tu te paraste con la luz roja, entonces estás en lo correcto".

En la lógica de primer orden o de predicados se utiliza la lógica formal, como un cálculo de los procesos haciendo inferencias de los hechos. En las representaciones de lógica de primer orden existen una serie de reglas de inferencia basadas en hechos que se saben verdaderos y que pueden ser usados para derivar otros hechos que también deben ser verdaderos.

3.3.6 Métodos de Modelamiento del Estudiante

Los primeros programas CAI utilizaban métodos derivados del paradigma de instrucción programada, los cuales estaban determinados por juicios binarios de las respuestas de los estudiantes (correctas o incorrectas).

También se han utilizado procedimientos cuantitativos en el diseño del modelo de aprendizaje del alumno para la selección de tratamientos instruccionales sobre la base de información cuantitativa. Suppes, Fletcher y Bonacci (1975, 1976; citado en Park y Spidel 1987) utilizaron el método de análisis de regresión para predecir el aprovechamiento de los

estudiantes y para seleccionar los mejores tratamientos instruccionales basándose en información cuantitativa.

El método de modelamiento del estudiante utilizado en los sistemas ICAI es básicamente cualitativo. En este modelo, el aprendizaje de los estudiantes y sus necesidades instruccionales son determinados a partir del análisis de sus respuestas o patrones de respuesta.

El modelamiento en los ICAI se realiza a partir de hacer inferencias acerca de las concepciones correctas o incorrectas de los alumnos.

El método cualitativo implica un juicio subjetivo del diseñador formalizado en función de las respuestas del estudiante, más que en un criterio objetivo de su ejecución: puesto que el margen o la flexibilidad para la aceptación de respuestas correctas es amplio, se aceptan aproximaciones en función de los criterios que a juicio del diseñador sean los adecuados.

3.3.7 Formatos Instruccionales

Los primeros programas CAI se realizaron con el objetivo de complementar el proceso instruccional impartido por el maestro en el aula, y el formato más común era el de ejercicios rutinarios (drill and practice) (Burns y Bozeman, 1981). Con el tiempo, los formatos instruccionales se han

diversificado siendo las modalidades más comunes ejercicios rutinarios, tutorial, juegos y simulaciones (Wright y Forcier, 1985).

La mayoría de los sistemas ICAI caen dentro del formato instruccional de los programas tutoriales (Park, Pérez y Seidel, 1987).

La modalidad tutorial en los ICAI generalmente presenta la instrucción en series de preguntas y respuestas. En un ICAI el proceso de intercambio de preguntas y respuestas tiene como objetivo hacer inferencias acerca de la comprensión conceptual del alumno sobre un tema y, a partir de éstas determinar el proceso instruccional a seguir.

3.3.8 Disciplinas

Los programas CAI han sido aplicados a una gran variedad de disciplinas desde las más estructuradas, como las ciencias exactas o naturales hasta las menos estructuradas como las ciencias sociales (Park, Pérez y Seidel, op. cit.)

La mayoría de los ICAI se han aplicado a disciplinas como las matemáticas, la medicina, la electrónica y en la programación de computadoras (Laborda, 1986; op. cit.)

3.3.9 Desarrollo del Sistema

En general los programas CAI han sido realizados con una aproximación sistémica, la cual implica los siguientes procesos: análisis, diseño, desarrollo, evaluación formativa, implementación, evaluación sumaria y mantenimiento.

Los integrantes de un equipo para el desarrollo de un CAI típicamente incluyen a un diseñador instruccional, un experto en la disciplina en la cual se realizara el sistema y un programador(es).

Casi no existen reportes sobre el proceso de desarrollo de los sistemas ICAI aunque el proceso es diferente al de un CAI.

Algunos proyectos requieren de una importante participación de los expertos de una disciplina de conocimiento. En estos casos la principal responsabilidad de los diseñadores del ICAI es el extraer del experto los componentes necesarios para la base de conocimientos y codificarlos en el sistema.

Sin embargo, es importante señalar que la mayoría de estos sistemas han sido realizados por los investigadores ICAI solos, sin la participación de diseñadores instruccionales o expertos de otras disciplinas. Esto se debe fundamentalmente a que los temas instruccionales no son el principal interés de estos investigadores, por lo cual el

proceso de desarrollo de estos sistemas está en función de los particulares intereses del investigador; de su capacidad empírica para el desarrollo de actividades instruccionales, ya que generalmente no conocen los principios del diseño instruccional; y, de las características de la disciplina de conocimiento seleccionada (Gearsley, 1987; Rosenberg, 1987; Tennyson 1987; Bonner, 1987; Flouris, 1985).

3.3.10 Validación del Sistema

En los CAI el éxito del programa está determinado por el grado de eficiencia y efectividad instruccional. Para evaluar estos aspectos el proceso de desarrollo es monitoreado con diferentes métodos de evaluación, como una revisión por un experto de la disciplina en la cual fue desarrollado, un piloto, etc.

En cambio, por las razones mencionadas con anterioridad, el éxito de un ICAI está determinado fundamentalmente por la capacidad del sistema para manipular rasgos específicos o procesos involucrados en la instrucción como mecanismos de inferencia, capacidad de dialogar en lenguaje natural, etc. (Park, Perez y Seidel: 1987).

Aparentemente ningún tipo de evaluación formativa o sumaria se ha utilizado en los ICAI para asegurar su calidad instruccional o para ver si tuvo o no éxito. Esto se debe

esencialmente a que el único interés de los investigadores ICAI es el que corra un programa, es decir si funciona para lo que fue diseñado en términos de los intereses de la investigación en IA (Rosenberg, 1987; Kearsley, 1987).

3.3.11 Diferencias en la Terminología de CAI e ICAI

Los componentes y las variables involucradas en el desarrollo de programas CAI e ICAI son básicamente los mismos, sin embargo la terminología no es la misma, existen diferencias sintácticas y semánticas puesto que sus bases teóricas, procedimientos y técnicas son diferentes.

Términos relacionados con el Conocimiento

CAI: Aquí son comunes los términos contenido curricular, estructura de la materia, contenido, conocimiento, habilidad y tarea.

ICAI: Se utilizan términos como dominio de conocimiento, experto en solución de problemas, experto en el dominio, ingeniero de conocimiento.

Términos relacionados con el Estudiante

CAI: Variables de aprendizaje, información del estudiante, características del estudiante.

ICAI: Modelo del estudiante, modelo de diagnóstico del

estudiante, en un ICAI las variables del estudiante que se toman en cuenta se limitan a la información en la ejecución de la tarea (una respuesta o un patrón de respuestas).

Términos relacionados con la Estrategia Instruccional

CAI: Aquí la estrategia instruccional está representada generalmente por una serie de reglas de decisión y procedimientos para la selección, diseño y presentación instruccional, así como la especificación del proceso de interacción estudiante-computadora.

ICAI: La "estrategia tutorial" o "reglas heurísticas" de los ICAI corresponden a la estrategia instruccional del CAI.

DIFERENCIAS ENTRE CAI E ICAI

	C A I	I C A I
Influencias Teóricas	<p>Conductismo skinneriano</p> <p>Actualmente la teoría cognitiva ha sido incorporada al desarrollo de sistemas CAI</p>	Ciencia Cognitiva
Metas de Desarrollo	Resolver los problemas prácticos de la educación a través de la aplicación de la tecnología computacional	Manipulación de técnicas específicas de la IA para explorar sus posibilidades y capacidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje
Estructuras y Sistemas Funcionales	<p>En la mayoría de los sistemas CAI todos los componentes instruccionales son guardados e implementados por una sola estructura</p> <p>Los sistemas CAI funcionan en base a procesos algorítmicos predefinidos, y el proceso instruccional siempre es iniciado por el sistema</p>	<p>Los componentes instruccionales son guardados e implementados por estructuras independientes</p> <p>Los sistemas ICAI utilizan procesos inferenciales espontáneos para diagnosticar las necesidades de aprendizaje del estudiante y prescribir sus tratamientos instruccionales</p>
Principios Instruccionales	Los derivados de la tecnología educativa basada en el modelo conductista	Los derivados del modelo cognoscitivo, basándose en una estrategia de aprendizaje por descubrimiento
Métodos de Estructuración del Conocimiento	Análisis de tareas	Generalmente se utilizan métodos de representación del conocimiento; aunque en algunos casos se utiliza el análisis de tareas

DIFERENCIAS ENTRE CAI E ICAI

	C A I	I C A I
Metodos de Modelamiento del Estudiante	<p>Los derivados de la instrucción programada</p> <p>Se utilizan métodos cuantitativos, en base a la información cuantitativa se seleccionan las estrategias instruccionales</p>	<p>Se utiliza un método cualitativo, en base a las inferencias que se hacen de las concepciones correctas o incorrectas de los alumnos</p>
Formatos Instruccionales	<p>Ejercicios rutinarios, juegos, simuladores y tutores</p>	<p>Tutoriales (principalmente) y juegos</p>
Disciplinas	<p>Los CAI han sido aplicados a una gran variedad de disciplinas</p>	<p>Los ICAI han sido aplicados a disciplinas altamente estructuradas</p>
Desarrollo del Sistema	<p>En general los CAI se han desarrollado con una aproximación sistémica</p> <p>Intervienen en su desarrollo: un diseñador instruccional, un experto (s) en la disciplina en la cual se desarrolle el sistema, y un programador</p>	<p>Estos se han desarrollado en función de los intereses y capacidades del diseñador que generalmente es un experto en IA</p> <p>Aparte del diseñador pueden intervenir expertos en la disciplina en la cual se desarrolle el sistema</p>
Validación del Sistema	<p>Se determina por el grado de eficiencia y efectividad instruccional</p>	<p>Si el programa funciona para los propósitos de investigación en IA</p>

3.4 Limitaciones y Perspectivas de la Instrucción Asistida por Computadora

3.4.1 Evidencia Empírica

En general los estudios sobre los efectos del software educativo en el aprendizaje de los alumnos carecen de metodología adecuada, por lo que ante la falta de evidencia empírica confiable y rigurosa es aventurado plantear conclusiones definitivas sobre el impacto de la instrucción asistida por computadora en el proceso de enseñanza-aprendizaje. (Clark 1983; 1985a; 1985b; citado en Brandon 1988; Aguilar y Díaz Barriga, 1988). Además, la investigación realizada en este campo solamente se puede generalizar en intervenciones y ambientes educativos específicos, lo cual limita aún más el establecimiento de conclusiones respecto a la efectividad de la CAI (Levin y Moister, 1986; citado en Brandon 1988).

Sin embargo, a pesar de la poca evidencia confiable y rigurosa se han reportado consistentemente los siguientes hallazgos que apoyan la efectividad instruccional de la instrucción asistida por computadora:

a) Estudios que comparan la efectividad de la CAI contra la instrucción tradicional generalmente concluyen que un programa instruccional tradicional, si es sustituido con

CAI es tan efectivo como aquel y frecuentemente más efectivo que un programa que sólo utiliza métodos tradicionales (Madigson, 1978; citado en Burns y Bozeman 1981).

b) Se ha reportado en cientos de estudios que la instrucción basada en computadora ha sido igualmente efectiva o más efectiva que los métodos tradicionales de enseñanza básica (Kulik, Kulik y Bangert Drowns, 1985) de enseñanza media (Bangert Drowns, Kulik y Kulik, 1985), y de enseñanza media superior (Kulik, Kulik y Cohen, 1980, citados en Hannafin, Dalton y Cooper 1987).

c) Algunas investigaciones en CAI han demostrado que esta es un medio efectivo para mejorar habilidades académicas en un tiempo significativamente menor que los métodos convencionales en el salón de clases (Kulik, 1985; Kulik, Bangert y Williams 1983; Kulik, Kulik y Cohen, 1980; Niemec y Walberg 1985; Niemec y Walberg, 1987; citados en Jolicoeur y Berger, 1988).

d) Algunos estudios reportan, que con la instrucción asistida por computadora se ha reducido el tiempo requerido para la instrucción (Jamisson, Suppes y Wells 1974; Kulik, Bangert y Williams, 1983; Roblyer, 1985; Iomas 1979; citados en Brandon 1988).

e) Se ha demostrado que la CAI ha sido más efectiva

para estudiantes con pocas habilidades que para aquellos que cuentan con mayores habilidades (Bangert Drowns, Kulik y Kulik 1985; Burns y Bozeman 1981; Jamison, Suppes y Wells 1974; Kulik, Bangert y Williams 1983; Roblyer 1985; citados en Brandon 1988).

f) Otros estudios reportan que la instrucción asistida por computadora produce actitudes positivas de los estudiantes hacia las máquinas o a los cursos impartidos mediante éstas. (Bangert Drowns, Kulik y Kulik, 1985; Kulik, Bangert y Williams, 1983; Roblyer, 1985; Thomas, 1979; citados en Brandon 1988; Delval, 1986; Mevarech, 1986; citados en Aguilar y Díaz Barriga, 1988)

En cuanto a la investigación que reporta fallas de la instrucción asistida por computadora, se destacan los siguientes aspectos:

a) A pesar de la promesa que constituían los programas inteligentes de instrucción asistida por computadora, ninguno de estos proyectos ha tenido un impacto real en la práctica educativa (Kearsley, Hunter y Seidel 1983; citado en Rosenberg 1987).

b) Los avances en la instrucción asistida por computadora se han dado en el desarrollo de la tecnología no en el campo de la educación (Rosenberg, 1987).

c) Los diseñadores del software instruccional frecuentemente utilizan métodos instruccionales que han sido rebasados en la práctica educativa (Brandon, 1988). Al respecto Clark 1985 (citado en Brandon, 1988) plantea que el diseño del courseware instruccional no siempre es concebido fuera de los métodos de instrucción tradicional.

3.4.2 Limitaciones

Diversos autores coinciden en los siguientes aspectos como los limitantes fundamentales de la instrucción asistida por computadora:

a) Los diseños instruccionales de la CAI han estado frecuentemente condicionados por la tecnología del hardware, en general los diseños y técnicas educativas frecuentemente son solo reacciones del desarrollo tecnológico (Weller, 1988).

b) La mayoría de los programas CAI son ejemplos de instrucción individual, más que de instrucción individualizada. Yang (1987) plantea que el courseware CAI es producido más sobre la base de "un estudiante para una computadora" por lo que no cabe la menor duda que cumple con la instrucción individual; sin embargo, no tienen una función adaptativa hecha a la medida de la instrucción y a las necesidades de cada aprendiz, por lo que la CAI no siempre puede ser conceptualizada por su naturaleza como instrucción

individualizada.

c) No importa cuan versátil pueda ser la tecnología del hardware, la educación depende de la alta calidad del software y del courseware, los cuales no están disponibles en suficiente calidad y variedad (Hawknidge, 1983).

d) Respecto a la calidad del courseware (Hawknidge op. cit.) destaca los siguientes aspectos:

- Los contenidos del courseware están determinados mas por factores relacionados con la tecnología que por un análisis cuidadoso de la disciplina a ser enseñada o de las necesidades de los estudiantes;

- La mayoría de los diseñadores del courseware no tienen entrenamiento en educación y los materiales que realizan pueden ser eficientes en función de la tecnología computacional, pero hay un abismo respecto a lo que enseñaría un maestro, pues generalmente los productores del courseware no conocen la materia;

- La carencia de suficiente variedad de courseware que satisfaga las necesidades individuales de los aprendices;

- Los maestros frecuentemente cuestionan la calidad del courseware, ya que en la mayoría de los casos no están de acuerdo con los modelos pedagogicos dominantes en su

producción.

e) Bonner (1987) plantea que la instrucción basada en computadora es una decepción, porque ha fallado al no explotar las capacidades y potencialidades de las computadoras en la educación, ya que la mayoría de la instrucción basada en computadora no difiere mucho de un texto programado.

En lo que respecta a los sistemas inteligentes de instrucción asistida por computadora (ICAI) tenemos las siguientes consideraciones:

a) Los ICAI no se encuentran bien fundamentados en un modelo de aprendizaje, parecen estar más motivados por la tecnología informática disponible que por las necesidades educativas. Por lo anterior muchas decisiones que definen el diseño del programa se hacen sobre la base de consideraciones técnicas, sin tomar en cuenta como van a repercutir en la enseñanza (Rosenberg, 1987; Hajovy y Christensen, 1987).

b) No existe una metodología homogénea en la elaboración de sistemas tutoriales inteligentes, por lo que los criterios para la realización del tutor en muchos sistemas se basan en una colección de errores tipo que cometen los estudiantes en el aprendizaje de una tarea particular, más que en un análisis de las estrategias instruccionales adecuadas para el contenido del tutor

(Rosenberg, 1987).

c) Existen múltiples estilos de aprendizaje exitoso, lo que implica el reconocimiento explícito de múltiples perspectivas de tutorío. Sin embargo, los programas de instrucción asistida por computadora en general están siendo aplicados a la educación de maneras tales que forzan a los estudiantes a un modelo de aprendizaje específico (Rosenberg, 1987). Esto significa que regularmente el modelo del tutor en un ICAI convencional está básicamente limitado a una estrategia instruccional, lo que implica que el sistema sólo puede funcionar dentro de ciertas limitantes, como son: 1) asumir que el conocimiento del estudiante es muy pobre o demasiado, 2) producir material instruccional con un nivel equivocado de detalle, y 3) que el programa no sea capaz de trabajar con las conceptualizaciones de los estudiantes acerca de la información que están aprendiendo (Hajovy y Christensen, 1987).

d) Como consecuencia del punto anterior, los ICAI convencionales no cuentan con una metodología que pueda tratar con considerable eficacia las variables de las diferencias individuales que los estudiantes tienen en su aprendizaje (Hajovy y Christensen, 1987).

e) En cuanto a la evidencia empírica se plantean dos cuestiones:

- La primera sostiene que la evidencia empírica que argumenta las bondades de los ICAI se basa en pruebas que típicamente están deficientemente controladas, debido a que las muestras con las que se trabaja son muy pequeñas, se utiliza poca variedad de pruebas, e incluso en algunos casos se dan conclusiones a partir de pruebas informales o de datos inconclusos (Rosenberg, 1987).

- La segunda, plantea que en los ICAI la atención dada al aprendizaje y a las teorías instruccionales han sido mínimas. De tal forma que no hay verificación empírica que muestre cómo las herramientas específicas del software pueden resultar eficientes para mejorar el aprendizaje (Hajovy y Christensen, 1987).

3.4.3 Perspectivas

A pesar de la falta de evidencia empírica confiable y rigurosa y de las limitaciones de la instrucción asistida por computadora, consideramos que esta ofrece alentadoras perspectivas como un poderoso instrumento de apoyo al aprendizaje por las siguientes razones:

- Los programas CAI son una buena herramienta para la enseñanza de conocimiento simple y de habilidades tempranas cuando el alumno tiene un conocimiento mínimo de la materia, por otra parte, los ICAI son una buena elección para un

aprendizaje más complejo, como por ejemplo, en el caso en que los alumnos saben lo suficiente acerca de la materia para trabajarla en un contexto de solución de problemas (Bonner, 1987).

- La aplicación de la IA al desarrollo de sistemas instruccionales adaptativos constituye un intento, pero también una promesa para resolver viejos problemas de cómo aprender y enseñar con una tecnología poderosa.

- A pesar de sus limitaciones, los ICAI son un gran avance respecto a los programas CAI tradicionales en cuanto a sus posibilidades de efectuar una instrucción individualizada.

Con base a la información expuesta en el apartado anterior podemos concluir que los principales problemas en el diseño del software radican en dos cuestiones principalmente: a) la concepción educativa que subyace a los programas y, b) la falta de una mayor participación de los expertos de la educación en el diseño de los mismos.

En cuanto al primer punto, creemos que si el desarrollo del software se basa en una concepción pedagógica integral, novedosa, que busque responder a las necesidades educativas de los aprendices y, aproveche las posibilidades didácticas que ofrecen las computadoras se puede promover con la instrucción asistida por computadora un aprendizaje

significativo, así como el autodidactismo y la creatividad de los aprendices.

Respecto al segundo punto, consideramos que la mayor participación de especialistas en educación, brindará más posibilidades de poder contar con un software de alta calidad, que responda a las necesidades educativas de los aprendices; puesto que en el diseño de este, los expertos en educación pueden explotar la tecnología computacional y ponerla al servicio de las necesidades de los alumnos, así como garantizar la calidad en el diseño de los programas y aprovechar las posibilidades de individualización que ofrecen las computadoras.

4. Diseño Instrucciona! Cognitivo y Software Educativo

Considerando las limitaciones de la instrucción asistida por computadora planteadas anteriormente (como son la baja calidad en general del software educativo, la falta de programas que ofrezcan una real instruccion individualizada, o el que el diseño del software obedezca más a un determinismo informático que a las necesidades educativas), creemos que una de las tareas sustanciales del psicólogo actualmente debe ser la de contribuir al desarrollo de un software de alta calidad que responda a las necesidades educativas de los aprendices, que aproveche las posibilidades pedagógicas de la informática y que promueva el desarrollo de las habilidades cognitivas de los alumnos.

Para cumplir con esta empresa, es indispensable contar con una teoría que nos permita entender los procesos del aprendizaje humano, de la cual se deriven tecnologías instruccionales consecuentes con la concepcion del aprendizaje como un proceso complejo y constructivo y, que también contenga dentro de su sustrato conceptual las aportaciones de la informática en general y de la IA en particular. Consideramos que el planteamiento teórico que responde a estas necesidades es el de la ciencia cognitiva y, para referirnos en lo particular al tratamiento de los procesos involucrados en el aprendizaje humano, acudiremos a los planteamientos de la psicología cognitiva.

4.1 Diseño Instruccional con un enfoque cognitivo

El diseño instruccional (DI) juega un papel fundamental en el desarrollo de un modelo instruccional eficaz, puesto que implica un proceso de toma de decisiones en donde el método instruccional más adecuado es el que se elige para enseñar un objetivo sobre una serie de condiciones particulares (Reigeluth, 1983; en Winn, 1987).

En el desarrollo del software educativo, el uso sistemático del DI con un enfoque cognitivo proporciona las siguientes ventajas:

a) El modelo instruccional ya no se desarrollara bajo un vacío teórico, sino sobre la base de una teoría del aprendizaje y su correspondiente tecnología instruccional que permitan explotar más amplia y creativamente la capacidad interactiva de la computadora y ofrecer una instrucción realmente individualizada.

b) Bajo los supuestos de la teoría cognitiva la concepción del modelo instruccional, donde también se consideren elementos como las diferencias individuales en los estilos cognitivos de los aprendices y los factores motivacionales, puede ofrecer mayores posibilidades para individualizar las premisas del modelo.

c) Un modelo instruccional proporciona una guía sistemática tanto para los diseñadores de software (que generalmente son ajenos al campo de la educación) y para los maestros en la planeación, desarrollo, implementación y evaluación del aprendizaje de los alumnos. Esta guía sistemática contribuye a una mejor calidad del software, pues hay una mayor garantía en el cumplimiento de las normas del diseño (Flouris, 1987).

d) Con una aplicación de los principios del DI derivados de la psicología cognitiva como el considerar en el diseño del software los procesos de memoria y atención, las características del lenguaje o del texto, el procesamiento visual y gráfico, las características cognoscitivas del alumno y el tipo de retroalimentación que se le brinda a este (Jay, 1983; en Aguilar y Díaz Sarriga 1988); se puede proporcionar un esquema o estructura conceptual dentro de un contexto (títulos, animación, etc) que ayude a organizar coherentemente las estructuras y contenidos del programa y así influenciar el tipo de procesamiento de la información y las estrategias de aprendizaje utilizadas por el alumno (Mayer, 1984; Castañeda, López y Romero, 1987).

4.2 Fases del Diseño Instruccional

Existen diversos procedimientos para el desarrollo de modelos de DI dependiendo del autor y su aproximación teórica. Sin embargo, Winn (1987) plantea que por lo general en todos se describen tres fases:

Diagnóstico de necesidades instruccionales.- En esta fase se recaba y evalúa información sobre las características y necesidades instruccionales de los aprendices. Algunas de las características de estos, que se consideran en el diagnóstico son: edad, grado escolar, conocimientos previos, habilidades e incapacidades específicas y estilos cognitivos. En la evaluación de las necesidades instruccionales se analizan los contenidos y habilidades que hay que aprender y con que recursos se cuenta.

Diseño de estrategias instruccionales.- Aquí, se diseñan las estrategias instruccionales en función de las necesidades de los aprendices, las tareas a desarrollar y la naturaleza de los contenidos, con base a la información recolectada en la fase anterior. En esta etapa se seleccionan los medios y contenidos que se consideran más apropiados para ofrecer buenas condiciones para el aprendizaje; se definen objetivos instruccionales, los contenidos y su secuencia, las actividades de aprendizaje, las evaluaciones formativas y la retroalimentación.

Implementación y Evaluación.- Es la etapa final en la cual se prueba hasta dónde el programa instruccional responde a los objetivos para los que fue creado. Aquí, se establecen los criterios de evaluación del programa en función de su efectividad pedagógica, se selecciona la población para probarlo y, finalmente se lleva a cabo un análisis de los resultados del piloteo para realizar los ajustes o cambios necesarios.

4.3 DI e Instrucción Autodiseñable

Actualmente con las posibilidades que ofrece la IA, los diseñadores instruccionales se han abocado al desarrollo de sistemas instruccionales capaces de diseñarse a sí mismos. La característica que define a un sistema instruccional autodiseñable es su habilidad para hacer diagnósticos rápidos de los problemas de los estudiantes y seleccionar las estrategias apropiadas para tratarlos (Winn, 1987).

De alguna forma, los sistemas CAI cuentan con esta característica, pues el alumno al cometer un error el programa a través de la ramificación le proporciona estrategias remediales hasta que el sujeto alcance al criterio de experticia definido en el programa. Sin embargo, los sistemas CAI funcionan con base en un criterio

predefinido y no tienen la capacidad de inventar estrategias instruccionales en función de las necesidades que se plantean al momento, como lo haría un maestro en un salón de clase.

En cambio, en un ICAI más que desviar al alumno a una estrategia alternativa preparada anticipadamente, puede contar con un sistema autodiseñable que improvise y cree estrategias nuevas sobre los problemas que van surgiendo. Esta es la única forma de poder individualizar realmente la instrucción, adaptándola a las necesidades de aprendizaje de cada alumno que van surgiendo en su interacción con el programa.

Si planteamos que un sistema autodiseñable debe ser más que una simple intercomunicación entre una serie de estrategias preparadas, que debe ser capaz de inventar estrategias mientras la instrucción está siguiendo su curso y enfrentar problemas no anticipados, entonces convendríamos que un sistema autodiseñable sólo es propio de sistemas inteligentes a los cuales se les puede proveer con reglas de decisión dentro de un sistema instruccional tan completo como sea posible, que permita al sistema contar con una serie de posibilidades de autodiseño para ofrecer alternativas a las reglas de decisión que ya han probado ser inadecuadas.

Aunque el planteamiento de los sistemas autodiseñables es muy prometedor no deja de ser ambicioso, pues a pesar de

que existen sistemas tutoriales inteligentes que tienen estas características (Kimball, 1982; O'Shea, 1982; en Winn, 1987) todavía se encuentran en un nivel muy rudimentario, pues aunque tienen reglas que guían la instrucción como resultado de la interacción con los estudiantes, estas modificaciones no son tan "espontáneas" como se desearía.

4.4 DI y Software Educativo

Gran parte de la práctica instruccional cotidiana en el salón de clase es obvia para un buen maestro, de tal forma que el considerarla formal y concienzudamente le podría parecer innecesario. Sin embargo, las computadoras no tienen ni la experiencia ni la creatividad de los buenos maestros, por lo que se hace necesario explicitarles cada prescripción instruccional por muy obvia que esta parezca, de ahí el gran reto que se plantea a los psicólogos en el refinamiento, claridad y precisión de los modelos instruccionales que se propongan. Empresa que implica por una parte, un profundo manejo de las premisas teóricas de los procesos de aprendizaje y la instrucción así como el conocimiento de los planteamientos de la inteligencia artificial y, por la otra una invitación a un trabajo interdisciplinario del psicólogo junto con los diseñadores del software, que usualmente son profesionistas provenientes del campo de la computación y con los expertos en la materia o dominio en que se construye el

software.

Es importante señalar que a pesar de los esfuerzos en los últimos años en el diseño y desarrollo de programas CAI innovadores, como lo serían los sistemas tutoriales inteligentes, los programas con diálogo adaptativo y los que proveen "ambientes de aprendizaje interactivo", todavía hay mucho que hacer. Creemos que los esfuerzos que tienen como objetivo incrementar la calidad del software educativo, deben partir de un modelo instruccional que considere tanto los factores propiamente cognitivos como los afectivos y motivacionales que intervienen en el aprendizaje, los métodos y técnicas del DI derivados de la psicología cognitiva y, que aproveche las posibilidades que ofrece la informática para concretar las condiciones y procesos propuestos en un modelo.

5. Lineamientos para el Diseño del Software Educativo

Como se ha comentado anteriormente, en el diseño del software educativo se deben tener presentes los aspectos psicopedagógicos, instruccionales, tecnológicos y prácticos. Lo cual implica que para el diseño de un programa CAI o ICAI se deben considerar dentro de su contenido la naturaleza de las actividades particulares que se prescriben, la claridad o especificidad de estas actividades, el tipo de objetivos instruccionales que se plantean en el programa, como se van a organizar con precisión, coherencia y claridad los contenidos, la forma en que son tratadas las necesidades de los alumnos y otras cuestiones que se derivan o están relacionadas con las anteriores.

La parte final de este trabajo no pretende de ninguna manera, plantear una propuesta acabada para el desarrollo del software educativo. Simplemente, nos avocaremos a ofrecer lineamientos generales desde la perspectiva del diseño instruccional con un enfoque cognoscitivo aplicado a la enseñanza mediante computadora.

Los lineamientos que a continuación presentamos se organizan en tres componentes: **modelo del estudiante**, **modelo del tutor** y **modelo de evaluación**, los dos primeros, se desarrollaron en base a las funciones de esos componentes en los sistemas ICAI.

5.1 Modelo del Estudiante

Tiene como objetivos la realización de una evaluación diagnóstica de las características y conocimientos de los estudiantes y el hacer inferencias sobre las estrategias de razonamiento y concepciones que estos utilizan para alcanzar el nivel de "experticia" o dominio del conocimiento requerido en el programa.

Es fundamental en el modelo del estudiante de los ICAI o en la información acerca del estudiante en los CAI el considerar las diferencias individuales en cuanto a los estilos cognitivos de los alumnos, sus habilidades, el autoconcepto que tienen sobre éstas, sus expectativas, su motivación, su ansiedad ante el aprendizaje, sus hábitos de estudio y el nivel de estructuración de sus habilidades y conocimientos previos. En la medida en que se pueda contar con un diagnóstico más completo de cada estudiante el programa tendrá mayores posibilidades de ofrecer una instrucción individualizada y adaptativa.

En los ICAI el modelo del estudiante generalmente se construye al comparar la ejecución de este, con la simulación que el sistema hace de la ejecución de un experto en la disciplina en la cual se desarrolla el programa. La

información de la ejecución del experto se aloja en la base de conocimientos, de ahí la importancia de que esta estructura cuente con una adecuada organización de la información y con mecanismos inferenciales que permitan una mayor flexibilidad del programa.

En programas no inteligentes, para no circunscribir el manejo que el estudiante tiene del conocimiento como correcto o incorrecto al igual que en los programas lineales, se puede manejar el dominio del conocimiento como reglas y los errores como "malas reglas" (Castañeda y López, 1986).

Para poder hacer un moldeamiento de las ejecuciones de los estudiantes se pueden utilizar los procedimientos de "mapeo" y el análisis de las respuestas o patrones de respuesta del estudiante. El primero, consiste en señalar dentro de la red de la estructura de conocimiento aquella información que el estudiante ya sabe o ha intentado aprender (op, cit., 1988). En el segundo, a partir de un análisis de las respuestas del alumno, se realizan inferencias acerca de las concepciones correctas o incorrectas de este y de sus estrategias heurísticas (Hajovy y Christensen, 1987; Park, Pérez y Seidel, 1987).

5.2 Modelo del Tutor

El propósito de este modelo es la dirección de la instrucción. Aquí se prescriben las técnicas de enseñanza y los materiales que permitan alcanzar los objetivos instruccionales, por lo que creemos importante considerar para este modelo los siguientes elementos:

5.2.1 Representación del conocimiento y naturaleza del aprendizaje

Para la prescripción de actividades instruccionales es necesario considerar si la naturaleza del conocimiento es declarativo o procedural. Anderson (1982; en Donald, 1987) se refiere al conocimiento declarativo como el manejo de información o conocimientos y como a la primera fase del conocimiento, y al procedural lo conceptualiza como el "saber cómo" (know how) que se traduce en el conocimiento de procesos y acciones que permiten el reconocimiento de patrones de todo tipo y el aprendizaje de secuencias de acciones (dividir, aprender a manejar, aprender un idioma, etc).

Donald (1987) plantea que una forma de facilitar la presentación del conocimiento, así como el ir del conocimiento declarativo al procedural podría ser a través

del acto de la representación. Ésta es concebida como una organización externa del conocimiento en una estructura, ya sea que dicha representación consista en dibujar un diagrama, ilustraciones, o el diseño de tablas y gráficas para formular claramente un problema. El objetivo es organizar la información en una estructura o esquema que pueda ser fácilmente utilizado y que promueva la fácil recuperación de la información.

Si el conocimiento es de tipo declarativo, la representación del mismo es de tipo descriptivo, y consiste generalmente en un patrón de conceptos conectados por significados de relaciones, que pueden describir una proposición, una perspectiva o cualquier estado estable.

En las representaciones descriptivas es importante que la presentación de la información proporcione un contexto tal que facilite la recuperación y organización de los contenidos a aprender. lo cual se puede lograr a través de la utilización de apoyos instruccionales como organizadores avanzados, resúmenes, ilustraciones, encabezados, redes semánticas, etc; que promuevan la construcción de conexiones o estructuras que ligen la información nueva con las estructuras de conocimiento de la memoria del aprendiz (Mayer, 1984).

Cuando el conocimiento es de tipo procedural, se

utilizan las representaciones orientadas a una tarea, las cuales se construyen con el propósito de "resolver un problema" y tienen como meta discriminar lo conocido o desconocido de un proceso o problema y el como desglosarlo para poder analizarlo.

En las representaciones orientadas a una tarea se utilizan apoyos como tablas, diagramas o gráficas para describir el conocimiento de hechos y relaciones a través de los cuales se pueden inferir hechos y relaciones adicionales.

Diversas investigaciones sugieren que la estrategia de hacer inferencias basadas en una descripción de hechos y su representación, llevan a comprender mejor la naturaleza del problema y a su exitosa solución (Scandura, 1977; Van Dijk y Kintsch, 1983; en Acuña y Batllori, 1988).

Frederiksen (1984, en Donald, 1987) destaca la importancia de establecer un "adecuado ambiente para la tarea" y de un "espacio adecuado para el problema" a través de su representación, ya que si ésta es incompleta o inexacta puede dificultar la comprensión y posible solución del problema.

De ahí la importancia del trabajo interdisciplinario, tanto de psicólogos que sugieran el tipo de representaciones adecuadas a la naturaleza del conocimiento y que promuevan el

cumplimiento de los objetivos instruccionales; como de los expertos en la disciplina para la estructuración de las representaciones, ya que estos muestran un mayor grado de conocimiento procedural, generando esquemas de acción para la solución de problemas y el aprendizaje de procesos, con las explicaciones pertinentes de las condiciones para su aplicación. Además, las representaciones de una estructura particular de conocimientos tendrán la extensión, profundidad y precisión adecuadas si son realizadas por un experto y un especialista en diseño instruccional, en este caso el psicólogo.

5.2.2 Estrategias Instruccionales

a) Antes de la prescripción de las estrategias instruccionales es necesario definir los objetivos instruccionales en función de las necesidades curriculares y del conocimiento "experto".

b) Sería conveniente que en los programas tutoriales contaran con una estrategia meta-instrucciona (Hajovy y Christensen, 1987; Tennyson, 1987) es decir, con un paquete de estrategias instruccionales que contenga un amplio rango de opciones (ramificación) y no se limite a una sola estrategia como suele suceder en los ICAI convencionales. Este elemento permitiría tener una instrucción más adaptativa e individualizada.

Las estrategias instruccionales que ofrezca el programa se seleccionarían de un rico banco de variables instruccionales en función de los objetivos de aprendizaje del programa, la naturaleza de la información a ser aprendida y las necesidades del estudiante durante su aprendizaje.

c) Aunque la naturaleza de las estrategias instruccionales dependerá de los factores mencionados anteriormente, es importante que en el diseño del programa se consideren los siguientes aspectos para el modelamiento del alumno:

1) Actividades Orientadoras

- Presentar actividades orientadoras congruentes con las tareas de aprendizaje, para dirigir la atención a los puntos relevantes de la lección;

- Diferenciar las actividades de orientación dependiendo de la naturaleza del conocimiento y de los objetivos de aprendizaje, para la adquisición de conocimiento declarativo se pueden utilizar objetivos cognoscitivos y para el conocimiento procedural se pueden utilizar organizadores avanzados (Hooper y Hannafin, 1988).

- Diseñar actividades de orientación que tiendan a mejorar o manipular la motivación;

2) Presentación de la Información

- Combinar las modalidades que ofrece la tecnología

informática en la presentación de la información es decir, variar las técnicas de video por ejemplo, con otras donde no lo haya para poder manejar el énfasis en la presentación de la información de manera propositiva y sistemática.

3) Facilitación del Procesamiento de la Información

- Incorporar en el transcurso de la lección mensajes instigadores que recuerden al alumno monitorear su comprensión y que le sugieran las estrategias de aprendizaje que puedan facilitar su aprovechamiento, dependiendo de las necesidades del estudiante y de la naturaleza del conocimiento. Este elemento fomentaría los procesos metacognitivos del alumno.

- Permitirle al alumno la manipulación del tiempo de espera para que dé sus respuestas, dependiendo de la naturaleza del conocimiento. Un tiempo corto puede ser ventajoso para el aprendizaje del conocimiento declarativo, pero el conocimiento procedural que implica procesos cognitivos de alto nivel, requiere de un tiempo mayor para permitir un adecuado procesamiento de la información.

- Presentar las actividades de práctica en diversas modalidades y pedirle al alumno diferentes tipos de respuestas para mantener su atención.

- Algunos de los aspectos que debería contemplar la retroalimentación, podrían ser los siguientes:

- . no sólo señalar los errores o aciertos, sino que la retroalimentación debe ir acompañada de explicaciones que

indiquen la naturaleza de los errores, o los avances en la comprensión de un proceso o solución de un problema;

. informar al alumno su nivel inicial de conocimiento, los requerimientos de la secuencia de instrucción y sus necesidades personales (Aguilar y Díaz Barriga, 1988).

. fomentar la interacción y la discusión entre los alumnos (op. cit., 1988).

4) Interactividad

Se refiere a la posibilidad que se les da a los aprendices de ajustar la instrucción y conformarla de acuerdo a sus necesidades y posibilidades (Weller, 1988). Una de las metas de la educación mediante computadora es promover el aprendizaje independiente, a través de permitir a los alumnos manejar sus propios ambientes de aprendizaje.

Sin embargo, la investigación sugiere que muchos estudiantes son incapaces de sacar provecho de los beneficios de ciertos tipos de control sobre la lección -control sobre la secuencia, el número de preguntas a responder y sobre la duración de la lección- (Tennyson, Christensen y Park, 1984 en Weller, 1988). De aquí la ineffectividad de darle un control absoluto al alumno sobre la lección, porque muchos aprendices son incapaces de determinar adecuadamente sus necesidades sobre la naturaleza y cantidad de la instrucción.

Los diseñadores del software educativo deben ser

sensibles a las necesidades individuales de los estudiantes, para proporcionarles una instrucción que pueda adaptarse a estilos diferentes de aprendizaje, que de respuesta y brinde varias opciones o alternativas dentro de un programa. También deben proveer al estudiante de una guía de trabajo que norme su interacción con la lección, por ejemplo, tener un "consejero experto" que realice recomendaciones sobre la necesidad de revisar la instrucción, sobre la selección y cantidad de ejercitación de las actividades de aprendizaje más adecuadas a la naturaleza de la tarea y, sobre las estrategias de aprendizaje más pertinentes dependiendo de las características del estudiante y de las actividades instruccionales. Aparte de realizar las recomendaciones anteriores el "consejero experto" definiría los momentos en que se deben realizar las evaluaciones formativas y sobre la base de éstas se guiaría el progreso del alumno.

Los diseños adaptativos son los más idóneos para ajustar las lecciones a las necesidades individuales de los alumnos, ya que pueden garantizar el aprovechamiento en el sentido de que bajo algunas circunstancias las lecciones pueden requerir que todos los aprendices demuestren un nivel predefinido de ejecución, y sin embargo permanecer sensibles a las necesidades de los alumnos. Por lo que aquellos que demuestren un alto nivel de aprovechamiento pueden ser exentados de instrucción que no necesitan.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

79

5.3 Modelo de Evaluación

Consideramos que un modelo de evaluación del software educativo debe contemplar dos aspectos: la evaluación del aprovechamiento del aprendiz y la efectividad instruccional del software.

5.3.1 Evaluación del aprovechamiento del aprendiz

En el proceso de ir comparando la ejecución del estudiante con el conocimiento del experto o con el progreso en el dominio de los objetivos instruccionales, es que se deben plantear de manera sistemática las evaluaciones formativas, con el fin de evaluar tanto los progresos como las dificultades de los estudiantes en su proceso de aprendizaje y, poder ofrecer sobre esta base un software realmente adaptativo e interactivo, que tenga la capacidad de guiar al estudiante en la consolidación de su aprendizaje y ofrecerle las alternativas instruccionales necesarias para superar sus problemas.

Algunas de las estrategias para la evaluación del aprovechamiento de los aprendices podrían ser:

a) monitorear periódicamente el progreso de los estudiantes;

b) determinar el nivel o grado de dominio del

conocimiento de éstos, a través de la aplicación de pruebas de competencia, tanto a nivel individual como grupal; en las que se incluya la relación entre el dominio de los objetivos de las lecciones, con medidas externas de la ejecución en cada objetivo (Aguilar y Díaz Barriga, 1986).

c) diagnosticar las características y los niveles de dificultad que presentan los alumnos en su proceso de aprendizaje, para dar una retroalimentación eficaz y ofrecer las estrategias instruccionales acordes a sus necesidades.

5.3.2 Evaluación de la efectividad instruccional del software

Algunos de los elementos que se deben evaluar en el desarrollo del software para asegurar su efectividad instruccional son:

a) la pertinencia de los objetivos instruccionales, en función de las necesidades de los alumnos y de los objetivos curriculares;

b) la naturaleza y pertinencia de los contenidos en función de los objetivos instruccionales;

c) si el diseño instruccional utilizado en el programa se adecúa a las necesidades de los alumnos;

- d) la calidad en la presentación de los contenidos;
 - e) los tiempos de presentación;
 - f) el tipo de retroalimentación que brinda el programa a los aprendices;
 - g) la capacidad adaptativa del programa;
 - h) la pertinencia o adecuación de los instrumentos de evaluación, en este aspecto es importante considerar:
 - . la realización de evaluaciones formativas para detectar y corregir errores durante la elaboración del programa;
 - . la realización de pruebas de competencia a nivel individual y grupal para evaluar hasta donde se alcanzaron los objetivos instruccionales y si el programa es eficaz. Estas evaluaciones también son muy útiles para efectos de moldeamiento y de una retroalimentación inmediata;
 - . evaluar la interacción entre el estudiante y el software, es importante para el proceso de desarrollo y evaluación de este;
 - . evaluar el software a la luz de los comentarios y reacciones de los usuarios (maestros y alumnos);
- 1) Leclerc, Dubuc y Begin (1987) plantean que la

evaluación del software debe estar a cargo de un equipo donde intervengan: un experto en la disciplina en la cual se desarrolla el software, un experto en enseñanza y aprendizaje, un experto en aplicaciones pedagógicas de la computadora y un docente.

Modelo del Estudiante	Modelo del Tutor	Modelo de Evaluación
<p>1) Realizar una evaluación diagnóstica integral en la que se consideran los conocimientos y las características cognitivas y afectivas de los estudiantes.</p>	<p>Tiene como objetivo la dirección de la instrucción, aquí se prescriben las técnicas de enseñanza y los materiales que permitan alcanzar los objetivos instruccionales.</p>	<p>1) Evaluación del aprovechamiento del aprendizaje. Algunas de las estrategias de evaluación de este aspecto podrían ser:</p>
<p>2) Hacer inferencias sobre las estrategias de razonamiento y concepciones que los alumnos utilizan para alcanzar el nivel de dominio del conocimiento requerido en el programa.</p>	<p>1) Representación del conocimiento. * Para el conocimiento declarativo, se pueden utilizar representaciones de tipo descriptivo (resúmenes, ilustraciones, redes semánticas, organizadores avanzados, etc.) * Para el conocimiento procedural se pueden utilizar representaciones orientadas a la tarea donde se utilizan apoyos como diagramas, gráficas, etc.</p>	<p>* monitorear periódicamente el progreso de los estudiantes; * determinar el nivel o grado de dominio del conocimiento de los alumnos a través de pruebas de competencia; * diagnosticar el tipo y nivel de dificultad de los estudiantes en su proceso de aprendizaje.</p>
<p>3) Para el modelamiento de las ejecuciones de los estudiantes se pueden utilizar los procedimientos de mapeo y el análisis de las respuestas o patrones de respuesta del estudiante.</p>	<p>* Para el conocimiento procedural se pueden utilizar representaciones orientadas a la tarea donde se utilizan apoyos como diagramas, gráficas, etc.</p>	<p>2) Evaluación de la Efectividad Instruccional del Software.</p>
	<p>2) Estrategias Instrukcionales. * Definir objetivos instruccionales; * Contar con un rico banco de opciones instruccionales; * Para el modelamiento de la ejecución del alumno se deben considerar aspectos como: actividades orientadoras; combinar las modalidades de presentación de la información; facilitar el procesamiento de la información y el manejo de la interactividad.</p>	<p>Algunos elementos a evaluar en esta punto son: * la pertinencia de los objetivos instruccionales; * la naturaleza y pertinencia de los contenidos; * la calidad de la presentación de los objetivos; * los tiempos de presentación; * el tipo de retroalimentación que brinda el programa; * la capacidad adaptativa del programa; * la pertinencia o adecuación de los instrumentos de evaluación. La evaluación del software debería estar a cargo de un equipo interdisciplinario, donde participen: un experto en el contenido del programa, un experto en enseñanza y aprendizaje, un experto en aplicaciones pedagógicas de la computadora y un docente.</p>

6. Conclusiones

Basándonos en la información expuesta a lo largo de este trabajo, podemos destacar los siguientes aspectos:

1) Las aplicaciones de la computación a la educación siempre y cuando descansen en un modelo pedagógico que tenga como objetivo la promoción del aprendizaje significativo, la creatividad y el autodidactismo de los alumnos y, que aproveche la capacidad interactiva y las posibilidades didácticas que ofrecen las computadoras, puede contribuir a:

a) la utilización de formatos instruccionales novedosos y versátiles que promuevan un aprendizaje independiente y activo donde el estudiante sea capaz de manejar sus propios ambientes de aprendizaje;

b) fomentar y/o mejorar los procesos metacognitivos de los alumnos (estrategias de autorregulación) y las estrategias de aprendizaje -especialmente las de organización- cuando el alumno desarrolla un programa computacional, debido a la estructuración de algoritmos y procedimientos que se da en esta tarea, lo que permite una mayor claridad y organización de los propios procesos cognitivos.

2) La CAI no solo es una de las modalidades más extendidas dentro de la enseñanza mediante computadora, sino

que también es uno de los productos más completos de esta: puesto que no se circunscribe a la prescripción de diversas estrategias instruccionales, sino que también ha ido incorporando elementos de la CMI como el contar con un perfil de las características y la ejecución del estudiante y, las aportaciones de la IA para el diseño del software.

3) La CAI siempre y cuando se base en un modelo pedagógico como el mencionado en el apartado anterior, puede contribuir al avance de la tecnología educativa fomentando el diseño de nuevos formatos instruccionales que consideren no sólo a la tecnología computacional sino también, elementos propios de las teorías del aprendizaje y las aportaciones de la psicología instruccional.

4) Aunque en las primeras experiencias CAI, prevaleció un modelo psicopedagógico conductual y posteriormente en el diseño de estos programas se introdujeron los planteamientos de los teóricos cognitivos; lo cierto es que independientemente de la orientación psicopedagógica que sustente a los programas, generalmente sus formatos instruccionales no se desarrollan bajo una metodología homogénea que considere las premisas del diseño instruccional así como los avances en este campo. Esto se debe fundamentalmente a la escasa o nula participación de los especialistas en educación en el diseño de estos programas, especialmente en la realización de sistemas inteligentes.

5) No existe suficiente evidencia empírica que demuestre que las experiencias CAI tengan un impacto en el aprendizaje significativamente diferente respecto a los métodos instruccionales utilizados tradicionalmente en el salón de clases; en cuanto a la promoción del autodidactismo, la creatividad, el desarrollo de procesos cognitivos y la capacidad de generalización de las experiencias de aprendizaje.

6) Existe un escaso aprovechamiento de las potencialidades pedagógicas de las computadoras en general y en lo que concierne a la CAI existe una "subutilización educativa" de ésta ya que su uso y desarrollo ha estado determinado más por la tecnología informática que por una real preocupación educativa, de ahí que los avances en el desarrollo de la CAI se hayan dado en el campo de la tecnología soslayando los requerimientos del proceso enseñanza-aprendizaje.

7) A pesar de la "subutilización educativa" de la instrucción asistida por computadora creemos que, constituye una poderosa herramienta que de utilizarse adecuadamente en la educación, puede promover las habilidades cognoscitivas de los estudiantes, ayudarlos a profundizar en la comprensión y manejo de los contenidos a aprender y, permitirles manejar sus propios ambientes de aprendizaje explorando así, otros

fenómenos y entornos de éste.

8) Respecto al diseño del software educativo a pesar del trabajo realizado en este campo todavía hay mucho camino por recorrer para diseñar programas con calidad, consideramos que los esfuerzos en este sentido deben partir de un modelo instruccional que considere: a) los factores cognitivos, afectivos y motivacionales que intervienen en el aprendizaje; b) los métodos y técnicas del diseño instruccional derivados de la psicología cognitiva y, c) que aproveche las posibilidades que ofrece la informática para concretar las condiciones y procesos propuestos en un modelo.

9) Creemos que el psicólogo puede contribuir al desarrollo de un software de alta calidad que responda a las necesidades educativas de los aprendices, que aproveche las posibilidades pedagógicas de la informática y promueva el desarrollo de las habilidades cognitivas de los estudiantes. Siempre y cuando cuente con profundo manejo de las premisas teóricas de los procesos del aprendizaje y la instrucción así como con el conocimiento de los planteamientos y herramientas de la IA, y realice un trabajo interdisciplinario con los especialistas de la computación y de las diversas áreas en las que se diseñen los programas.

A continuación plantearemos algunas de las limitaciones para la elaboración de este trabajo:

Para la delimitación del impacto de la instrucción asistida por computadora en la educación nos encontramos con que los reportes que abordan este punto, suelen basarse en investigaciones poco rigurosas y confiables, o analizar aspectos específicos de como afecta la instrucción asistida por computadora el aprendizaje de los alumnos en ambientes muy particulares. Esta escasez de información, repercutió en la falta de posibilidades para la realización de un análisis más profundo y objetivo de los alcances y perspectivas de la CAI en la educación.

En lo que concierne a las limitaciones de esta tesis, consideramos que fundamentalmente se encuentran en la parte que aborda los lineamientos para el diseño del software educativo pues sin restar mérito a éste trabajo, no se logran esbozar lineamientos que apunten hacia el desarrollo de una metodología que sistematice el diseño del software educativo a partir de los postulados del DI con un enfoque cognitivo. Creemos de fundamental importancia el retomar esta línea para futuras investigaciones, por lo que consideramos relevante el profundizar en el estudio el impacto que la instrucción asistida por computadora tiene en el proceso de enseñanza-aprendizaje; el delimitar que tipo de aprendizaje se promueve realmente en estos programas independientemente de la orientación psicopedagógica que los sustente; cómo se definen los criterios de "experticia" en estos programas; cómo se implementan las estrategias instruccionales para

fomentar el desarrollo cognitivo de los alumnos; el retomar y derivar partiendo de los postulados del DI metodologías que aborden especialmente la prescripción de modelos instruccionales acordes a las necesidades de los estudiantes y modelos de evaluación del software educativo válidos y confiables y, finalmente como las herramientas analíticas que ofrece la IA pueden ponerse al servicio de los psicólogos para el diseño de un software educativo de alta calidad.

BIBLIOGRAFIA

- Acuña, C. y Batllori, A. (1988). El proceso de solución de problemas. Metacognición y Estrategias de Aprendizaje. Serie sobre la Universidad: CISE, No. 9, 50-116.
- Aguilar, J. y Díaz Barriga, F. (1988). Teorías del aprendizaje en el diseño de programas instruccionales apoyados por computadora: IV Simposio de Computación en la Educación Infantil y Juvenil.
- Barr, A. y Feigenbaum, E. (1981). The nanobook of artificial intelligence. Ed. Stanford University.
- Bonner, J. (1987, March). Computer courseware: frame-based or intelligent?. Educational Technology, 30-33.
- Brandon, P. R. (1986, October). Recent developments in instructional hardware and software. Educational Technology, 7-12.
- Calderón, E. (1989). La educación en la era de la informática. Información Científica y Tecnológica, 11, No. 153, 43-45.
- Castañeda, F. S., López, O. M. y Romero, J. M. (1987). Understanding the role of five induced learning strategies in science textbook comprehension. Journal of Experimental Education, 99, 3, 125-130.
- Castañeda, F. S. y López, O. M. (1988). Modelamiento del alumno y control del proceso de aprendizaje. IV Simposio de Computación en la Educación Infantil y Juvenil.
- Cercone, N. y McCalla, G. (1984). Artificial intelligence: underlying assumptions and basic objectives. Journal of the American Society for Information Science, 35, No. 5, 12-22.
- Delval, J. Niños y máquinas. (1986). Madrid: Ed. Alianza Editorial.
- Donald, J. G. (1987). Learning schemata: methods of representing cognitive, content and curriculum structures in higher education. Instruccional Science, No. 16, 187-211.
- Friend, J. (1987). La computadora en la enseñanza: una retrospectiva. Perspectivas, XVII, No. 3, 395-407.
- Flouris, G. (1989, January). The use of an instructional design model for increasing computer effectiveness. Educational Technology, 14-21.

- Hájový, H. y Christensen, D. (1987, May). Intelligent Computer-assisted instruction: the next generation. Educational Technology, 9-14.
- Hannafin, M. H., Dalton, D. W. y Hooper, S. (1987, October). Computers in education: ten myths and ten needs. Educational Technology, 8-14.
- Hawkidge, D. (1983). New information technology in education. Baltimore: Ed. Johns Hopkins University.
- Hooper, S. y Hannafin, M. J. (1988, July). Learning the RUPES of instructional design: guidelines for emerging interactive technologies. Educational Technology, 14-18.
- Jolicœur, K. y Berger, D. E. (1988, October). Implementing educational software and evaluating its academic effectiveness: Part II. Educational Technology, 15-17.
- Kearsley, G. (1987, October). Productivity tools for educators. Educational Technology, 18-21.
- Knezek, G. A. (1988, March). Intelligent tutoring systems and ICAI. The Computer Teacher, 15, No. 6, 11-13.
- Knezek, G. A., Rachlin, S. L. y Scanneri, P. (1988, March). A taxonomy for educational computing. Educational Technology, 15-18.
- Knight, P. B. y Bozeman, W. C. (1981, October). Computer-assisted instruction and mathematics achievement: is there relationship?. Educational Technology, 32-39.
- Laborda, J. (1986). Informática y educación. Barcelona: Ed. Laia.
- Laurillaro, D. (1987). Computers and the emancipation of students: giving control to the learner. Instrucciona Science, No. 16, 3-16.
- Leclerc, M., Dubuc, L. y Bégin, Y. (1987). Evaluación de soportes lógicos educativos en el Canadá. Perspectivas, XVII, No.4, 651-658.
- Manion, M. H. (1987, January). CAI modes of delivery and interaction: new perspectives for expanding applications. Educational Technology, 25-28.
- Mayer, R. E., Dick, J. L. y Cook, L. R. (1984). Techniques that help readers build mental models from scientific text: definitions pretraining and signaling. Journal of Educational Technology, 7e, No. 6, 1069-1105.

- Merril, M. D. (1988, July). The role of tutorial and experimental models in intelligent tutoring systems. Educational Technology, 7-13.
- Niman, J. (1985). A teacher's companion to microcomputers. Ed. Lexington Books.
- O'Shea, T. (1983). Learning and teaching with computers. Ed. Prentice-Hall.
- Papert, S. (1982). Desafío a la mente. Buenos Aires: Ed. Grijalbo.
- Park, D. y Seidel, R. J. (1987, May). Conventional CBI versus intelligent CAI: suggestions for the development of future systems. Educational Technology, 15-21.
- Park, D., Pérez, R. y Seidel, R. J. (1987). Intelligent CHI: all wine in new bottles, or a new vintage?. En Kearsley (comp.) Artificial intelligence and instruction: applications and methods. Ed. Addison-Wesley.
- Quintero, R. y Ursini, S. (1988). Desde el enfoque tutorial hacia el enfoque constructivista de la computadora en el aula. Mecanización de la sección de matemática educativa, CINVESTAV IPN, 1-87.
- Rosenberg, R. (1987, November). A critical analysis of research on intelligent tutoring systems. Educational Technology, 7-13.
- Spittgerber, F. L. (1979, January). Computer-based instruction: a revolution in the making. Educational Technology, 20-26.
- Tennyson, R. D. (1987, May). MAIS: an educational alternative of ICAI. Educational Technology, 23-28.
- Weller, H. G. (1988, February). Interactivity in microcomputer-based instruction: its essential components and how it can be enhanced. Educational Technology, 23-27.
- Winn, B. (1987, October). Instructional design and self-designing systems. Educational Technology, 31-34.
- Wright, E. B. y Forcier, R. C. (1985). The computer: a tool for the teacher. Belmont: Ed. Wadsworth Publishing Company.
- Yang, J. (1987, March). Individualizing instruction through intelligent computer-assisted instruction: a perspective. Educational Technology, 7-15.