

INFORMÁTICA E INTELIGENCIA

Francisco Rueda Fajardo

RESUMEN

En este artículo se analizan las relaciones entre la informática y la inteligencia desde tres perspectivas: los computadores y el desarrollo intelectual, las máquinas inteligentes, y el computador como metáfora. En la primera parte se presentan diferentes puntos de vista sobre el asunto y los resultados obtenidos en diferentes experiencias e investigaciones; en la segunda, se hace una exposición de las principales justificaciones para la introducción de sistemas inteligentes de apoyo a la educación y de la estructura típica de los sistemas de este tipo que se han construido; en la tercera parte se hacen algunas reflexiones sobre las posibilidades que ofrecen los modelos computacionales para representar los procesos del pensamiento y se citan algunos ejemplos de experiencias en ese sentido. Se presentan algunas conclusiones generales sobre los tres aspectos, así como bibliografía recomendada.

INTRODUCCION

Una de las tecnologías que más expectativas ha despertado en los últimos años es la de la informática. Desde diferentes sectores se habla de ella y de sus enormes posibilidades, pero la mayoría de las discusiones sobre el tema están profundamente cargadas de emotividad, no sólo por la inexistencia de bases suficientes para analizar con objetividad el asunto, sino porque se han invadido terrenos hasta ahora prohibidos, afectando a las personas de múltiples maneras en aspectos laborales, sociales y personales, y produciendo en ellas variadas reacciones. Dentro de estos sectores vedados está el de la aplicación de los computadores a la educación y, particularmente, el de su uso para el desarrollo de la inteligencia, y para la elaboración de sistemas inteligentes, lo cual tiene por lo menos tres cuestiones de fondo que conviene analizar. La primera es si pueden las máquinas contribuir al desarrollo intelectual, la segunda si es factible construir máquinas inteligentes y la tercera si ellas nos pueden proporcionar modelos adecuados para pensar sobre nuestra mente.

Una de las primeras personas en tratar de contestar a la primera pregunta fue Skinner [1] quien con su máquina de enseñar sentó las bases de una tradición que se remonta hasta nuestros días cuyo postulado básico es que podemos construir máquinas que contribuyan al aprendizaje, y en general al desarrollo intelectual. Es indudable que por los cauces de esta teoría hemos llegado a algunos de nuestros sistemas educativos computarizados, aunque se

hayamos hecho importantes replanteamientos.

En la primera mitad de este siglo el matemático inglés Turín [2], quien escribió un artículo muy conocido titulado "Puede pensar una máquina?", el cual ha sido utilizado como referencia obligada por quienes han buscado dar respuestas a la segunda pregunta, la cual se ha vuelto a revivir con gran intensidad con el desarrollo de las investigaciones en inteligencia artificial y en sistemas expertos.

La idea de que las máquinas nos pueden proporcionar metáforas para pensar sobre nuestra mente la encontramos ya en algunos científicos del siglo XVII, pero ha tenido un gran florecimiento en los últimos años como consecuencia del vertiginoso desarrollo de los modelos computacionales.

A continuación nos proponemos analizar algunas de las ideas que se han expuesto sobre los aspectos anteriores y mostrar los resultados obtenidos al aplicarlas. Los demás artículos del presente volumen de la revista cubren aspectos relacionados, pero la mayoría de ellos presentan experiencias específicas en el medio colombiano, o desarrollan alguno de los temas con una mayor profundidad, lo cual esperamos que contribuya a dar una mejor visión del asunto. Las ideas aquí expuestas pueden complementarse con la lectura de la bibliografía que se proporciona al final de los distintos artículos y al final de la primera sección de esta revista.

LOS COMPUTADORES Y EL DESARROLLO INTELECTUAL

Qué es la inteligencia?

Antes de indagar sobre las posibilidades que tiene el computador para el desarrollo intelectual debemos abordar el problema de ¿qué es la inteligencia? Al analizar las investigaciones sobre el desarrollo de la inteligencia por medio de computadores encontramos que la inmensa mayoría de ellas se refieren al enriquecimiento del pensamiento lógico-matemático y no al de la inteligencia en un sentido amplio. No es sorprendente esta confusión en una cultura que establece que " la inteligencia se mide por la capacidad de resolver problemas complejos; de escribir, leer y computar a ciertos niveles; y de resolver rápidamente ecuaciones algebraicas... (Y que) postula la educación formal y el conocimiento académico o la cultura como la verdadera medida de la realización personal...." [3, pg 19]. Aun los psicólogos tienden a veces a dar una definición muy limitada de la inteligencia, como la siguiente: "Término general que se refiere a las capacidades de una persona para un amplio grupo de tareas, que implican vocabulario, cálculo, resolución de problemas, conceptos, etc. Cuando se mide con un test de inteligencia tipificado, supone ciertas capacidades específicas, especialmente verbales" [4, pg 638]. Sin embargo conviene recordar que " los hospitales psiquiátricos están atiborrados de pacientes que tienen todas las credenciales debidamente presentadas, como

de muchos que no las tienen..." [3, pg 19], y que puede haber diferentes opiniones, como la siguiente: "el verdadero barómetro de la inteligencia es una vida feliz y efectiva vivida cada día y en cada momento de cada día " [3, pg 19]. Además, es pertinente aclarar aquí que la inteligencia requerida para "resolver problemas" en diferentes áreas y situaciones tiene distintas características dependiendo del área (Ingeniería, Administración, Humanidades, Arte,..), por lo que es manifiestamente exagerado decir que si un estudiante ha desarrollado habilidades para hacer razonamientos geométricos o lógico-matemáticos es porque ha "aprendido a pensar".

Podemos concluir, entonces, que la inteligencia es un término muy amplio, que se refiere a una gran cantidad de habilidades y potencialidades de la mente y que se ganaría mucho en claridad si los investigadores hicieran una cualificación adecuada de los distintos términos: incremento de las habilidades lógico-matemáticas, en lugar de desarrollo de la inteligencia, técnicas para resolver problemas formales y no para solucionar problemas (de cualquier tipo), etc. Es posible que la "equivocación" sea causada por razones políticas y no científicas.

Además de lo anterior conviene subrayar que la mayoría de las aplicaciones del computador dirigidas al "desarrollo de la inteligencia" han tenido como punto focal la parte formal de ésta. Convendría investigar sus potencialidades en otros campos como el de los valores o el emocional, aunque tengo la impresión de que actualmente existe un gran escepticismo al respecto, tan grande como la expresión de asombro que pude observar en una psicóloga con quien comenté sobre esta posibilidad. Tenemos sin embargo algunos antecedentes al respecto como los resultados positivos que se han obtenido, aunque en forma muy lateral y esporádica, en el aumento de la sociabilidad de los niños, con la utilización de Logo, y la aplicación de las teorías de Piaget, que permiten relacionar modelos formales del pensamiento con el análisis de los sentimientos y los juicios morales (al respecto se pueden consultar [5] y [6]), que constituirían sin duda un buen punto de partida para estudiar estos temas.

Otra pregunta que cabría hacerse es si la inteligencia puede desarrollarse, a lo que tendríamos que contestar que, a pesar de los diferentes puntos de vista sobre ella, parece haber un acuerdo de que esto es posible y además que es muy importante de hacer en países como el nuestro en donde hay una parte muy significativa de la población infantil que tiene problemas de aprendizaje debidos a condiciones ambientales desfavorables. Hederich nos presenta algunas reflexiones interesantes sobre el tema [7].

Una vez aclarado lo anterior podemos examinar algunas de las opiniones que se han expresado sobre el tema.

Los puntos de vista

Conviene, para comenzar, citar una reflexión de Perkins [8] quien, a propósito de los

distintos impactos que pueden generar las tecnologías en las sociedades, sostiene que existen efectos de primer y de segundo orden, y que si bien los primeros son fáciles de identificar (el teléfono permite conversar con los amigos y conocidos y con nuestros asociados en los negocios, el computador permite hacer cálculos muy rápidamente,...), los segundos son más difíciles de explicitar, especialmente en el caso de las tecnologías que tienen que ver con medios simbólicos, aunque no son por eso menos significativos. Esta pueda ser una de las primeras ideas que guíe nuestras reflexiones sobre el tema.

Según Weizenbaum [9], el computador es el foco de una rica mitología, con muchos y muy repetidos mitos que corren el peligro de ser confundidos con hechos. Uno de ellos es que la programación de computadores es buena para la mente. Según el mismo autor, "de acuerdo con este mito la programación enseña una disciplina y la prevención de la ambigüedad y de las contradicciones y conflictos, y enseña un rigor que puede ser transferido a otros aspectos de la vida; pero eso no es cierto... Yo sugeriría que se examinen las vidas de la mucha gente que ha estado programando computadores por 25 o 30 años... Como grupo, ¿podemos ser distinguidos intelectualmente de la gente que no ha estado programando computadores? Pienso que no".

Para reforzar la idea anterior basta con referirse a los fanáticos ("hackers") quienes, siendo unos virtuosos con el computador, despliegan unas habilidades nulas para relacionarse con la gente y tienen una autoimagen muy deteriorada (en [10] y [11] puede encontrarse una excelente descripción de ellos). Tendríamos que preguntarnos si el computador les ha enseñado "técnicas de solución de problemas", y en ese caso, por qué si esto es así no han podido satisfacer sus más elementales necesidades humanas.

En el lado de los optimistas milita Papert, uno de los ideólogos de la informática educativa quien, según Solomon [12, pg 103], cree que: "las matemáticas son una fuente de ideas poderosas que conducen a un pensamiento riguroso, lógico, con aplicaciones a todas las actividades....las matemáticas proporcionan ideas que ayudan a la gente a pensar sobre sus vidas". Según este punto de vista, las habilidades matemáticas pueden ser transferidas a otros contextos y el incrementarlas constituye un muy buen mecanismo de desarrollo de la inteligencia. Esto hace que el computador sea un valioso instrumento para este propósito.

Me parece que en cualquier caso, nos convendría tomar lecciones de humildad con Weizenbaum, quien es, por otra parte, un excelente científico en computadores que trabaja en una de las más prestigiosas universidades de Estados Unidos.

Los decepcionantes (y a veces desconocidos) resultados que se han obtenido en diferentes proyectos experimentales al utilizar el computador como un instrumento para el desarrollo de las habilidades intelectuales nos llevan a pensar que todavía no hay una experiencia suficiente sobre el tema y que hay que esperar a que la sociedad tenga el tiempo requerido para asimilar esta tecnología y ponerla al servicio de la educación. Esto no invalida sin embargo al computador como instrumento educativo, así como tampoco lo hace el hecho de

que se hayan desarrollado algunos sistemas con un contenido pedagógico muy pobre, por las mismas razones que los malos libros no han impedido que la imprenta haya dejado una profunda impronta en la sociedad. Y por similares razones podemos esperar que la tecnología computacional, no sólo contribuirá a hacer más eficientes los procesos docentes, sino que introducirá importantes cambios en la sociedad, de la misma forma que lo hicieron los libros, cuya influencia va mucho más allá de haber permitido la masificación de la lectura, y tiene que ver también con aspectos como el haber generado una nueva forma de pensar, lo cual ha sido expresado magistralmente por MacLuhan [13], el gran teórico de los medios de comunicación, con su teoría de la linealidad del pensamiento generada por la escritura. Perkins [8] comparte esta idea y nos dice que "...Como filósofos, médicos, planificadores urbanos o publicistas, la complejidad de nuestros pensamientos es mayor con la ayuda de una libreta de notas que lo que podría ser con sólo nuestra cabeza". Es muy posible que los instrumentos como los "procesadores de ideas", tan conocidos hoy en día, puedan estar mostrándonos, además de la avidez comercial de ciertos vendedores, algunos caminos que tienen la perspectiva de ser generadores de profundos efectos. Debemos esperar a que la tecnología computacional encuentre su nicho en los ambientes educativos y a que los científicos y teóricos de la pedagogía desarrollen modelos que nos permitan entender el fenómeno informático.

Perkins [ibid] sostiene que, a pesar de que existen, las oportunidades que ofrecen los computadores en los procesos educativos "no han sido tomadas". En su concepto, para que esto ocurra se requieren tres condiciones:

- Que existan las oportunidades, lo cual cree él que se cumple ampliamente.
- Que los estudiantes reconozcan las oportunidades, lo cual no siempre se satisface, en su opinión. En su artículo se presenta un caso en el que hubo una gran diferencia en el aprendizaje de dos grupos de estudiantes que utilizaron el computador para resolver problemas de Matemáticas al hacerle a uno de ellos explícitas las heurísticas utilizadas para resolver los problemas. En su concepto experiencias como esa ilustran que, "al menos en el corto término, las oportunidades no son tomadas porque no son percibidas".
- Que los estudiantes estén motivados para tomar la oportunidad, lo cual no es siempre el caso, pues las facilidades que ofrecen las herramientas no son siempre suficientemente motivante para los alumnos por diferentes razones.

Examinemos ahora cómo se puede utilizar el computador para el desarrollo intelectual.

Desarrollo intelectual apoyado con computador

Según Perkins [ibid] existen dos clases de mecanismos para el aprendizaje y la transferencia de conocimientos: el "camino alto" y el "bajo". En el primero la mente abstrae los principios y sus posibles aplicaciones a nuevos contextos; el segundo ocurre

por la práctica repetida y la automatización (por ejemplo las habilidades censo-motoras adquiridas a través de un cierto tipo de ejercicios pueden aplicarse después en otras circunstancias). En el caso del "camino alto", para que haya transferencia de conocimientos a otros ambientes se requiere que el estudiante reconozca explícitamente los principios generales (quizás porque el profesor se los hace manifiestos), y su conexión con situaciones distintas; en el caso del "camino bajo", para que haya transferencia, se requiere una práctica variada y extensa. El computador es sin duda una muy buena herramienta para aprender por los dos caminos. Además, las condiciones mencionadas para el aprendizaje en cada caso suministran una valiosa información para quienes utilicen el computador como apoyo a actividades intelectuales.

Con respecto a las distintas maneras en que el computador puede ser usado como apoyo para el desarrollo intelectual encontramos una muy buena descripción taxonómica en los artículos de Galvis [14] y Mariño [15], que fueron publicados en números anteriores de esta revista y en el minucioso examen que hace Escobedo [16].

Volviendo al caso de los fanáticos, podemos decir que "con el computador los jóvenes pueden encontrar canales hacia una determinada clase de virtuosismo, sin pasar por el filtro de la educación formal" [10, pg202]. Además que éste les permite ser creativos y mejorar su autoimagen, sin necesidad de relacionarse con la gente, lo cual, si bien puede mirarse como un inconveniente, también puede interpretarse como un beneficio, si se maneja cuidadosamente.

Los computadores personales permiten a las personas realizar en la casa lo que no pueden hacer en el trabajo y sentirse por lo tanto creativas y estimuladas para aprender nuevas cosas, como lo ilustra magníficamente Turkle [10, capítulo 5]. Habría que preguntarse si, además del entusiasmo que desencadenan, los computadores personales pueden contribuir a desarrollar las habilidades personales en ese contexto, y cómo se podría lograr ésto.

Los sistemas computacionales también pueden servir como una ayuda para aprender física y para desarrollar la intuición física, pues permiten hacer simulaciones de los distintos fenómenos y apreciar los resultados en una forma muy didáctica que facilita la comprensión de los mismos, lo cual es aplicable a otros campos en los que a veces el estudiante se ve enfrentado a unas teorías abstractas sin posibilidad de relacionarlas con el mundo que lo rodea o con elementos más familiares. El niño que está aprendiendo a sumar ya ha tenido experiencias con objetos que pueden servir como instrumento de aprendizaje (por ejemplo bloques de diferentes tamaños). Pero no ocurre lo mismo cuando se trata de aprender matemáticas o física en la universidad, por lo que los microambientes computacionales pueden representar un valioso instrumento en esos medios, como lo ilustran Bork [17] y el siguiente testimonio de alguien que nunca pudo sortear con éxito la carrera de Ingeniería:

"Tomo la calculadora y, si no sé cómo resolver un problema juego con ella varios minutos o varias horas y lo descubro. No es tanto que la calculadora realice un determinado cálculo,

sino que uno hace tantos, tiene tanto contacto con los números, resultados y el modo en que se llega a ellos, que las cosas comienzan a verse de manera distinta. Los números están en los dedos"...."La calculadora y el computador hicieron que los números parecieran concretos"... "me pusieron las Matemáticas en las manos y yo soy hábil con las manos " [10, pg 170]

Las ideas anteriores concuerdan con las de Papert quien, como lo dice Solomon, opina que "las ideas matemáticas, en vez de ser encontradas formalmente, deben ser introducidas primero como entidades, como la gente, con sus peculiaridades propias" [12, pg 104].

Podemos obtener una gran claridad sobre el papel que puede jugar el computador en el desarrollo intelectual si analizamos las teorías de Papert, muy bien expresadas por Solomon: "Papert entiende el aprendizaje como un proceso constructivo. Cree que una de las contribuciones más importantes de Piaget no es que haya etapas del desarrollo cognitivo, sino que la gente posee diferentes teorías acerca del mundo; las teorías de los niños contrastan abruptamente con las teorías de los adultos.....Papert mostró que aun los bebés tiene teorías que son modificadas a medida que el niño crece. Para él el proceso por medio del cual esas teorías son transferidas es de tipo constructivista: el niño construye sus propias estructuras intelectuales.....Papert se hace preguntas como ¿qué experiencias y conocimientos conducen al niño a cambiar sus teorías y por qué el aprende algunas cosas sin necesidad de la instrucción formal y no aprende otras cosas a pesar de la educación formal..... El cree que el niño aprende mejor cuando es estimulado a desarrollar su propia intuición y puesto a usar lo que ya sabe para desarrollar nuevas ideas. Ve el computador como un medio que proporciona un contexto en el que esta clase de aprendizaje puede ocurrir..... Como una vía para crear nuevas condiciones de aprendizaje y nuevas cosas para pensar" [12, pg 103].

Aunque sutil, la diferencia entre entender el computador como una máquina "que sólo hace aquello para lo que está programado, nada más, nada menos" [10, pg 272] o como un objeto educativo, es muy iluminante y nos permite entender mejor cómo puede ser usado para desarrollar habilidades intelectuales. La idea de que el computador es un mensajero de ideas poderosas, un agente intelectual, tiene mucho que ver con el concepto de microambiente tan utilizado hoy en día no solamente en informática educativa sino también en otras áreas de la Informática.

Uno de los temas que ha despertado más entusiasmo entre quienes creen que el computador es un instrumento apropiado para el desarrollo de la inteligencia es el de Logo. Muchas son las ventajas que ofrece éste: conociendo un conjunto relativamente pequeño de reglas es posible experimentar; a diferencia de otros lenguajes, el programador puede ver los efectos de su programa, lo cual facilita el proceso de depuración de los mismos; quien guía el proceso de aprendizaje es el estudiante por medio de la experimentación y la reflexión, y no el computador siguiendo un esquema preestablecido relativamente rígido; permite introducir en el estudiante conceptos como el de depuración (cuyos principios básicos podemos expresar diciendo que : "la idea computacional de que

los objetos se construyen por descripciones y de que esas descripciones pueden conducir a modificaciones es la esencia de la depuración y se extiende a sí misma al pensamiento sobre nuestro propio aprendizaje y nuestros métodos de enseñanza." [12, pg 117]), desarrollo modular, y recursión, los cuales pueden ser transferidos a otros ambientes. Sin embargo, lo más importante de Logo es la cultura que ha generado y la filosofía con que fue diseñado, más que el lenguaje propiamente dicho, pues éste, a pesar de haber mostrado su efectividad en muchas situaciones, no puede ser aplicado a todos los ambientes, como es natural. Papert nos presenta una muy buena descripción de este lenguaje, de sus posibilidades y de su filosofía en un libro ya clásico dentro de la informática educativa [18], cuya lectura es imprescindible para quien se interese seriamente en este tema.

Uno de los desarrollos más prometedores para la informática educativa es el de la inteligencia artificial y los sistemas expertos. Con ellos, podremos ir perfeccionando cada vez más nuestros sistemas y dándoles más versatilidad. Al comienzo, éstos imitaban al profesor en su labor menos significativa desde el punto de vista pedagógico: la de comunicar información. Hoy en día pueden desempeñar otras funciones como la de hacerle preguntas al estudiante y, de acuerdo con sus respuestas (no siempre triviales ni por selección de opciones en preguntas de escogencia múltiple), llevarlo por distintos caminos y ofrecerle explicaciones adecuadas, o sugerirle atractivos interrogantes para que reflexione. Tenemos que reconocer que ha habido una gran evolución, y que esta puede ser mucho mayor en el futuro.

Experiencias y resultados

La evaluación del impacto que pueda tener un instrumento educativo en el desarrollo de la inteligencia no puede hacerse si no existen mecanismos para medir ésta. Aunque se han propuesto algunos, tenemos que reconocer que ellos representan soluciones parciales al problema. ¿Qué educador puede pensar seriamente que indicadores como el coeficiente intelectual pueden medir la inteligencia de una persona al ver la diversidad de sus manifestaciones y la riqueza y complejidad del concepto? Debemos, entonces, ser concientes de esta limitación antes de realizar cualquier evaluación.

Hay que decir, además, que si se tiene una concepción amplia de lo que es la inteligencia, es necesario reconocer que los computadores afectan su desarrollo en muchas formas de las que no pueden dar cuenta siempre los sistemas formales de evaluación. Lo importante es tener presente que son muchos los posibles efectos, tratarlos de identificar en la medida de lo posible, y determinarlos (cualitativa o cuantitativamente) cuando ello sea factible. Pero parece demasiado simplista e inútil afirmar que su impacto es beneficioso o perjudicial y limitarse a eso.

Por las razones anteriores es muy difícil realizar evaluaciones integrales que abarquen todos los aspectos. Con argumentos similares podemos concluir que las evaluaciones del tipo " el 80% del grupo de control aprendió en promedio..... "no son suficientes ni pueden reflejar

todos los efectos de la utilización de un sistema computacional. Hay que reconocer que la educación es un proceso muy complejo, con múltiples aristas, y de muy diverso tipo, y que por lo tanto hay que ser cuidadosos a la hora de hacer y analizar las evaluaciones. Esto hace que la mayoría de las experiencias efectuadas presenten resultados cualitativos del tipo: "en 6 semanas aprendí mucho más que en un año de universidad", o resultados que evalúan únicamente respuestas verbales o habilidades motoras. En cualquier caso, tendremos que reconocer que el proceso evaluativo, en el mejor de los casos, sólo refleja una parte del proceso que ha ocurrido en el estudiante.

Delval et. Al. [19] afirman que hay dos tipos de evaluación posible: la externa y la interna. La primera consiste en analizar los efectos del sistema sobre otros aspectos (lateralidad, seriación,..), la segunda "intenta seguir los pasos en el aprendizaje y examinar cómo se va progresando en esta actividad. Los resultados no se comparan con efectos externos, sino con la propia actividad del sujeto en relación a etapas anteriores. Se examinan los progresos de los sujetos en cuanto a las estrategias utilizadas, en la forma de resolver tareas, en el uso de las primitivas que aprenden, en la corrección de los errores, etc.". El concepto de evaluación interna es interesante pues permite evaluar, además de los factores tradicionales, los aspectos más cualitativos, facilita el mejor entendimiento de los procesos de aprendizaje y proporciona instrumentos para construir herramientas de soporte más adecuadas.

Uno de los aspectos que más ha preocupado a quienes han trabajado en el área es el de la llamada transferencia, que se refiere a la medida en la que las habilidades desarrolladas para realizar una tarea se pueden "transferir" a otros ambientes y circunstancias. Esto es especialmente importante cuando se utiliza el computador como un mecanismo de "desarrollo de la inteligencia" pues en ese caso se pretende que lo aprendido (por ejemplo las técnicas de resolución de problemas), puede ser utilizado en múltiples contextos. Las experiencias al respecto no son muy concluyentes.

Las evaluaciones que se han hecho comprenden aspectos cualitativos y cuantitativos, se refieren a variados ambientes, y tienden a ser contradictorias, como se muestra a continuación.

Pea y Kurland ([20] y [21] citado por [19]) encontraron que no había un aumento en la capacidad de planificar del grupo experimental (que trabajó semanalmente con Logo) con respecto al grupo de control (que no lo hizo). Para explicar los resultados se propuso la hipótesis de que la utilización de Logo no era suficiente y que era necesario que hubiera una ayuda y guía del profesor, y que se requerían ambientes más estructurados y experiencias más orientadas. Esta idea concuerda con lo planteado por Hederich [22] quien afirma que "el elemento de la experiencia que suscita cambios a nivel intelectual, no es ya el uso de un instrumento, sino la exposición a un modelo pedagógico", aunque en la experiencia que éste último nos narra se encontró que el computador favorecía el avance en aspectos espaciales cuando los niños interactuaban libremente con el computador. Con respecto a la experiencia de Pea y Kurland, Perkins [8] señala que en la misma se

examinó el progreso de los estudiantes en adquirir conceptos y prácticas en Logo que pudieran después ser transferidas a otros contextos, y que se encontró que no hay transferencia de habilidades y que hay un aprendizaje pobre en Logo mismo. Se tuvo una experiencia similar con respecto a las habilidades desarrolladas con la utilización de un procesador de palabra.

Se ha encontrado que Logo puede ser beneficioso en algunos casos. Statz (citado por [19]) comparó la capacidad de resolver problemas de sujetos entre 9 y 11 años de edad que habían aprendido Logo durante un año con la de un grupo de control que no había recibido ninguna formación. Encontró que los sujetos del grupo experimental resolvían mejor una prueba de un rompecabezas con palabras y una prueba de permutación pero que no tenían diferencias significativas en la resolución del problema de las torres de Hanoi ni en un problema de carrera de caballos desarrollado por la propia autora. Clements y Gullo ([23] citado por [19] y [8]) obtuvieron resultados positivos al emplear Logo con niños de una edad promedio cercana a los 7 años, con respecto a otro grupo que trabajó con programas típicos de enseñanza apoyada por computador (EAC), en lo referente al desempeño en tareas metacognitivas, transferencia positiva de la instrucción con Logo en lo relacionado con fluencia en las ideas y estilo cognitivo, pero no en otras de competencia operacional (clasificaciones y seriaciones).

Una de las circunstancias en la que el computador ha probado ser de más provecho es en el aprestamiento de niños con problemas de diferente índole (problemas de comunicación, problemas de aprendizaje de lenguaje y matemáticas, etc.). Se han reportado muchos casos en la literatura al respecto. Por ejemplo en [24] en donde se presentan varios casos de sistemas que han servido para el tratamiento de niños con dificultades en el lenguaje. En el caso colombiano hay también algunas experiencias al respecto, como el proyecto que realiza la Universidad de Los Andes en la Fundación CardioInfantil y el programa realizado en la Escuela Anexa a la Normal para Varones de Santa Marta [25], entre otros.

A manera de conclusiones

Podemos concluir de lo anterior que el efecto de los computadores en el desarrollo intelectual tiene múltiples facetas, algunas de las cuales pueden ser evaluadas mediante modelos formales, pero que hay que tener en cuenta muchos otros aspectos al analizar una experiencia. Esto quiere decir que, además de la evaluación cuantitativa tradicional, es necesario hacer otros análisis que incluyan métodos más cualitativos, quizás menos formalizables. Dentro de éstos vale la pena llamar la atención sobre la llamada evaluación interna que permite entender mejor cómo es que el sujeto aprende y de qué manera va realizando progresos en su desarrollo intelectual.

Con respecto a los resultados que se han obtenido en los proyectos de utilización del computador para el desarrollo de habilidades intelectuales, podemos afirmar lo que sostienen Ginther y Williamson con respecto a Logo: “después de cerca de 20 años desde

el desarrollo de Logo hay pocas pruebas empíricas relativas a los efectos, positivos o de otro tipo, de enseñar LOGO a los niños" ([26], citado en [19]). Sin embargo hay que reconocer que en algunos ambientes y circunstancias los resultados han sido positivos, quizás porque en ellos se ha contado, además de la herramienta, con un modelo pedagógico, lo cual ha permitido realizar experiencias más estructuradas y dirigidas. Esto nos debe alentar a seguir trabajando en el área para perfeccionar nuestras teorías sobre los procesos de aprendizaje y pensamiento y sobre la forma en que el computador puede ayudar a facilitarlos.

Referencias recomendadas

El apasionante tema de los computadores y el desarrollo intelectual ha dado origen a muchas investigaciones y artículos. De lectura obligada son los artículos de quienes han conducido las principales investigaciones sobre el tema como Papert [18], Suppes, Dwyer y Davis, los análisis comparativos que de ellos hace Solomon [12], y el libro de Taylor [27] que muestra distintos enfoques al respecto.

Se recomienda también la lectura de las memorias del Simposio Colombiano en Informática, Educación y Capacitación [28] y, en este volumen de la revista, los artículos de Hederich [22], De Zubiría [29], Villegas [30] y Escobar [31].

LAS MAQUINAS INTELIGENTES

La discusión sobre las máquinas "inteligentes"

El debate sobre la inteligencia de las máquinas tiene una larga tradición, y se ha revivido con gran intensidad con el advenimiento de la inteligencia artificial. Uno de los puntos de referencia obligados sobre el tema es el artículo de Turín [2] titulado: "¿Puede pensar una máquina?" en el que, entre otros interesantes asuntos, se mencionan algunas de las razones por las que se rechaza la posibilidad de que puedan existir máquinas inteligentes: la teológica, que parte de consideraciones religiosas, la del avestruz, que no quiere saber nada del asunto, la matemática, que trata de explicar matemáticamente por qué esto no es posible, etc. La discusión volvió a tener una gran efervescencia cuando se iniciaron y tuvieron mucho auge las investigaciones en inteligencia artificial, en las décadas de los cincuentas y sesentas. En un muy conocido episodio de esa época, alrededor de la posibilidad de que un computador tuviera un comportamiento "inteligente" se enfrentaron dos líneas de pensamiento, que podemos denominar los "optimistas" y los "escépticos" (en cuyo grupo militaba alguien que decía que los programas "inteligentes" de aquella época representaban, con respecto a la verdadera inteligencia artificial, lo mismo que representa el hecho de que un mono trepe a un árbol con respecto al arribo del hombre

a la luna) . Los segundos recibieron un rudo golpe cuando uno de sus más importantes representantes perdió una partida de ajedrez jugando contra un computador.

Las discusiones filosóficas sobre el tema han continuado y mientras tanto se han hecho grandes progresos en el área y los sistemas "inteligentes" han ido invadiendo todos los terrenos: el derecho, la medicina, la robótica, el diseño, las bases de datos, la educación, etc., lo cual es una muestra de la relevancia del tema. En esta sección presentaremos algunas de las ideas que han motivado la introducción de estos sistemas en los ambientes educativos y los principales resultados obtenidos.

Las razones y principales rasgos de los sistemas educativos "inteligentes"

Los sistemas tradicionales de enseñanza basados en computadores tienen algunas limitaciones, como las que se enuncian a continuación:

- Tienen una capacidad limitada de reaccionar de acuerdo con las características, ritmo y niveles de aprendizaje del estudiante. Esto se debe a que no cuentan con mecanismos adecuados para diagnosticar las fallas conceptuales del aprendiz ni mucho menos para prescribir un tratamiento pedagógico adecuado para ellas. Creemos que esta es una limitación muy generalizada en los ambientes educativos, aún en el salón de clase tradicional, aunque en todos los casos la realización de ejercicios y evaluaciones individuales contribuye significativamente a superar esta limitación, a pesar de que subsiste el problema de cómo implantar procedimientos remediales individualizados.
- El diálogo que mantienen con el estudiante es muy rudimentario y alejado de los métodos naturales de comunicación
- Si bien en muchos casos la presentación del material educativo es muy cuidadosa y estudiada, no existe en general la posibilidad de modificarla de acuerdo con las características del estudiante ni de independizarla del material mismo (una cosa es el conocimiento y otra su presentación)
- Si examinamos las funciones típicas que cumple un profesor con sus estudiantes, muy pocas de ellas son capturadas por los sistemas educativos mediatizados. Estos son capaces de presentar un material, en el mejor de los casos intercalando unas preguntas sencillas en sitios predefinidos (lo cual corresponde a la sesión de clase tradicional), pero difícilmente pueden sintonizarse con el estudiante para hacer preguntas iluminantes en el momento apropiado, o para formular ejercicios adecuados, corregir los errores conceptuales típicos, y con base en esto, formular nuevos ejercicios y preguntas que susciten la reflexión y conduzcan a superar los problemas. Podemos decir que los sistemas tradicionales de educación apoyada por computador son "profesores a medias".

Algunas de las dificultades anteriores pueden ser solucionadas si se utilizan sistemas

"inteligentes", como veremos más adelante.

Algunos de los rasgos que caracterizan a los sistemas "inteligentes", y que los distinguen de los tradicionales, son los siguientes [32]:

- Fueron desarrollados por científicos de computación para verificar sus teorías sobre el aprendizaje y el conocimiento, a diferencia de los sistemas tradicionales que fueron construidos por pedagogos para que sirvieran como instrumentos de aprendizaje. Por esta razón no se han emprendido procesos para evaluar sistemáticamente los resultados pedagógicos de los sistemas "inteligentes", sino más bien para mostrar su capacidad para manejar procesos especiales como los métodos de inferencia, el análisis de errores y el manejo de diálogos en lenguaje natural. Por razones similares las metodologías de desarrollo han sido poco sistemáticas (a diferencia de los sistemas tradicionales en los que hay análisis, diseño, desarrollo, evaluación formativa, etc.).
- En general las bases teóricas sobre las que fueron construidos son muy sólidas pues sus autores son personas profundamente interesadas en los problemas del conocimiento.
- Tienen una profunda preocupación por encontrar métodos para estructurar el conocimiento y para modelar al estudiante. Además dedican especial atención a la organización de los diferentes tipos de conocimiento: sobre la materia a enseñar, sobre el estudiante y sobre la forma de presentación.

Las características anteriores permiten entender mejor la filosofía que ha inspirado a los sistemas "inteligentes" y las limitaciones y significado de los resultados obtenidos.

Los sistemas educativos "inteligentes"

Los sistemas "inteligentes" típicos desarrollados hasta el momento se han estructurado en tres módulos principales: un módulo experto, que mantiene y administra el conocimiento sobre la materia en cuestión (qué se quiere enseñar), un módulo del estudiante, que maneja toda la información sobre el estudiante, sobre su comprensión del tema y sus limitaciones conceptuales, y que permite formular hipótesis sobre las estrategias de razonamiento que ha empleado para lograr el estado actual de sus conocimientos, y un módulo tutor, encargado de decidir qué materiales presentar, cómo y cuándo.

Uno de los aspectos fundamentales dentro del diseño del módulo experto es la del método que se va a usar para representar el conocimiento. Existen varias alternativas: las redes semánticas, que incorporan toda la información factual necesaria para enseñar en una gran base de datos estática, y que están basadas en los modelos psicológicos de la memoria asociativa humana, los sistemas de producción que permiten expresar el conocimiento mediante reglas del tipo condición-acción, las representaciones procedimentales que corresponden a sub habilidades que el estudiante debe aprender para adquirir una habilidad

completa, los marcos que contienen pistas ("slots") de información específica que contienen hechos que son típicamente conocidos sobre los diferentes objetos, lo mismo que procedimientos asociados para determinar la naturaleza específica de los hechos, etc. En los artículos de Mariño [33] y Seni [34] de este volumen de la revista, así como en el libro de Jackson [35] pueden encontrarse más detalles sobre este interesante tema.

La construcción del módulo del estudiante es una labor difícil, pues no se cuenta con los conocimientos necesarios para tal fin con respecto al proceso de aprendizaje. Es este uno de los campos que amerita un mayor esfuerzo de investigación en el futuro, lo cual se verá recompensado, no sólo en la construcción de mejores sistemas educativos, sino también en una mucha mejor comprensión de los procesos de aprendizaje.

Para construir el modelo del estudiante se han propuesto dos métodos: en el primero, llamado modelo de recubrimiento ("overlapped model") se representa el estado de conocimientos del estudiante como un subconjunto de el del experto (contenido en el módulo experto) y el modelo es construido comparando el desempeño del sujeto con el comportamiento del experto en la misma tarea; el segundo, denominado modelo de errores ("buggy model") se basa en los sistemas de producción y consiste en representar los conocimientos como reglas ("rules") y los posibles errores conceptuales como variantes de las reglas (denominadas "malrules").

El módulo tutor debe decidir qué materiales presentar, cuándo y cómo. Para ello se han utilizado dos técnicas: la socrática, que consiste en formular preguntas al estudiante para guiarlo en el proceso de encontrar sus errores conceptuales, los cuales pueden corregirse si éste razona sobre lo que sabe e ignora; y la del entrenamiento ("coaching") que se basa en proporcionar al sujeto un ambiente en el que se pueda dedicar a actividades tales como juegos de computador, con el fin de adquirir las habilidades requeridas, a través de métodos que le permitan disfrutar, y aprender al mismo tiempo que se divierte.

Sería muy ilustrativo para el lector estudiar algunos de los sistemas educativos "inteligentes" construidos hasta el momento, con lo cual podrá tener una mejor idea de cómo se pueden aplicar las ideas vistas para la implantación de los tres módulos mencionados (el experto, el del estudiante y el tutor) en casos específicos. En Park [32] se pueden encontrar una revisión esquemática de estos sistemas y las referencias en donde se describe cada sistema en detalle.

A pesar de que el esquema anterior corresponde al de los sistemas "inteligentes" típicos desarrollados hasta el momento, hay que aclarar que ninguno de ellos cuenta con los tres módulos mencionados, y que hay muchas formas posibles de usar instrumentos "inteligentes" que pueden dar soluciones a algunos de los problemas planteados al comienzo. En este volumen de la revista se presentan dos ejemplos al respecto, en los cuales podemos decir, generalizando, que existe únicamente un módulo experto: un sistema "inteligente" para la enseñanza de las técnicas de anestesia [36] y uno para la enseñanza del derecho laboral [37].

En el sistema "inteligente" para la enseñanza de las técnicas de anestesia se utiliza el mecanismo de reglas (o sistemas) de producción, el cual permite simular el comportamiento de un paciente en una cirugía, de acuerdo con el conocimiento suministrado por el experto médico, haciendo posible que el estudiante pueda saber el por qué de las reacciones fisiológicas del paciente ante las diferentes actuaciones suyas, y facilitando su comprensión de las relaciones de causa-efecto.

En el sistema "inteligente" para la enseñanza del derecho laboral el mecanismo de sistemas de producción permite representar el código laboral lo cual hace posible analizar y hacer un diagnóstico jurídico de un caso específico y dar las explicaciones del caso (por ejemplo, por qué no hay contrato de trabajo en una situación particular).

La experiencia con los dos sistemas específicos descritos más arriba mostró un aspecto que merece ser destacado: aunque el conocimiento sea incompleto o defectuoso, el valor pedagógico de poderlo presentar adecuadamente al estudiante es muy grande, además de que su obtención entraña un proceso de reflexión en el experto que puede ser muy fecundo para éste. Por otra parte, la utilización del sistema permite depurar el conocimiento.

Como se puede ver, las pretensiones de los sistemas educativos "inteligentes" son mucho mayores que las de sus predecesores. Sin embargo, todavía no se han hecho pruebas concluyentes de su efectividad. Sólo se han construido algunos ejemplos que ilustran la viabilidad de llevar a la práctica algunas ideas, y la posibilidad de realizar determinadas funciones mediante un programa de computador. Se requiere entonces seguir investigando sobre este tema, que permeará sin duda todos los sistemas educativos del futuro.

A manera de conclusiones

Los sistemas educativos "inteligentes" se han desarrollado al margen de las aulas de clase pero han demostrado poder responder a muchas de las necesidades que se requieren en los procesos de aprendizaje. Por esta razón conviene que se analicen todas sus potencialidades en el campo educativo, de la misma forma en que se ha venido haciendo con la inteligencia artificial en otros terrenos como la robótica, el diseño, las bases de datos, etc. Sin embargo, hay que reconocer que el camino por recorrer es largo todavía en lo que respecta a asuntos como la forma más apropiada de representar el conocimiento o de construir el modelo del estudiante. Las investigaciones sobre estos temas tendrán como subproducto una mejor comprensión de los procesos del aprendizaje y de conocimiento.

Referencias recomendadas

Con respecto al tema de los sistemas inteligentes aplicados a la educación es muy recomendable la lectura del artículo de Park et. Al. [32] para tener una idea global del

asunto y de los principales sistemas inteligentes que se han construido.

El libro de Jackson [35] contiene un análisis detallado de diferentes métodos de representación del conocimiento, y una visión muy iluminante sobre los sistemas expertos.

En Clancey [38] hay una descripción muy detallada del sistema Guidon que constituye un muy buen ejemplo de un sistema educativo inteligente.

Se recomienda también la lectura, en este volumen de la revista, de los artículos de Mariño [33], Hernández [39], Corredor [40] y Seni [34] en cuanto a la problemática general, y de Muñoz [38] y Luchau [36] en lo que tiene que ver con las aplicaciones.

EL COMPUTADOR COMO METAFORA

La idea de que el mundo puede modelarse como una máquina la encontramos ya en los filósofos del siglo XVII. Refiriéndose a "la Nueva Ciencia" creada por científicos como Kepler, Galileo y Newton, Barrett [41] afirma que "... en su pensamiento ellos estaban construyendo la naturaleza misma como una máquina. Las líneas de explicación que fueran claras y válidas para la naturaleza misma deberían ser aquellas que se pudieran ver claramente en el trabajo de las máquinas que fuera posible construir. La Mecánica se volvió así la parte básica de la Física, y la Física la base de toda la ciencia. La naturaleza, cuando llegáramos a conocerla, debería ser construida como una sola máquina integrada - la máquina de las máquinas".

Las ideas anteriores han ejercido una gran influencia en el estudio de los sistemas humanos. En el campo de las organizaciones, por ejemplo, ellas dieron origen a las teorías mecanicistas de Taylor y Fayol, que han tenido una gran influencia en su área, aunque hay otras formas de analizar este asunto, como las líneas de pensamiento relacionadas con los llamados "sistemas ágiles" cuyo énfasis está en definir metodologías para estudiar los problemas mal definidos, y en la identificación de métodos que permitan trabajar con las diferentes percepciones que de ellos existen en las mentes de las personas, en lugar de tratar de reducir la complejidad de los problemas para que estos puedan ser modelados matemáticamente [42].

Relacionado con el anterior existe otro fenómeno que es la forma en que algunas teorías permean las culturas, suministrándoles metáforas para pensar sobre algunos problemas. Es el caso del Psicoanálisis, cuyos conceptos (el subconsciente, los actos fallidos, las represiones, el "superego", etc.) han proporcionado, no sólo a los especialistas, sino al común de las gentes, nuevos modelos para analizar el comportamiento humano. Turkle [10] afirma que con los modelos computacionales está ocurriendo algo similar, entre otras cosas porque "el jugar con las teorías psicoanalíticas y computacionales nos permite jugar

con aspectos de nuestra naturaleza que experimentamos tabúes”.

El concepto de los actos fallidos nos proporciona un ejemplo de lo anterior. Según Freud, la explicación de ciertas equivocaciones de las personas se puede encontrar utilizando su modelo de las represiones. El error que comete un directivo que en el discurso de inauguración dice a los concurrentes que "...Declaro clausurado este evento ", puede explicarse diciendo que el directivo estaba ansioso de que el evento finalizara, que "reprimió" este sentimiento, pero que, como lo expresaríamos en el lenguaje corriente, "lo traicionó el subconsciente". Si utilizáramos el modelo computacional en lugar del psicoanalítico diríamos que el directivo cometió un error ("bug") lo cual puede deberse a que ocurrió en su mente algo similar a lo que pasa cuando un programa falla debido a que a su autor se le olvidó considerar alguna situación. De la misma forma, algunos de los conceptos que se originaron en los computadores (hardware, software, programación, compilar, interfaz, etc.) han ido permeando las culturas, como en el caso del científico que dice que su conferencia está en "memoria permanente", para referirse al hecho de que la conoce y la recuerda muy bien, con todos sus detalles, haciendo el símil con la memoria permanente (ROM) de los computadores, o el de alguien que se refiere a la psicoterapia con el nombre de "depuración" ("debugging"), término muy usado por los que trabajan en computadores para referirse al proceso de supresión de los errores de un programa.

Refiriéndose a las ideas anteriores, Turkle (ibid) afirma que "...la gente desea encontrar un modo de pensar en ese aspecto de su naturaleza que experimentan como similar a la máquina; este es el núcleo del poder de atracción del computador”

Las fronteras entre el hombre y las máquinas se han ido haciendo cada día más difusas, en la misma forma en que los límites entre el hombre y los animales se fueron desvaneciendo con la teoría de la evolución. El mundo moderno está invadido de personajes que ilustran muy bien el proceso de antropomorfización que han ido sufriendo las máquinas. Películas como 2001 Odisea del Espacio, Tron, La Guerra de las Galaxias o el Auto Fantástico, sirven como botones de muestra. En el otro sentido, hay formas de explicar el funcionamiento de la mente que se basan en modelos computacionales, como el de las reglas de producción [43], y hay también sistemas humanos que tienen un comportamiento evocativo de el de las máquinas como, continuando con los ejemplos cinematográficos, el comportamiento autista del protagonista principal de la película Rain Man.

Uno de los problemas que se generan al trabajar con los modelos computacionales de la mente es el del libre albedrío. Si se acepta la teoría de que la mente funciona como una máquina, ¿cómo explicar entonces la libertad individual? Turkle [10, capítulo 8] hace una magnífica exposición de estos problemas y de las respuestas que dan las personas a este interrogante.

Uno de los mecanismos más utilizados en la construcción de los sistemas expertos es de los sistemas (o reglas) de producción, que se basan en el establecimiento de una serie de reglas en la forma de condición-acción que permiten representar el conocimiento de una forma

que facilita el hacer inferencias con base en él. Este mecanismo puede también servir para hacer modelos de la mente. Una de sus principales ventajas a este respecto es su capacidad de automodificación lo cual lo hace un instrumento muy apropiado para representar los fenómenos de desarrollo y aprendizaje.

Si utilizamos el modelo de reglas de producción, el conocimiento sobre un tema se representa por medio de reglas y el aprendizaje se podría explicar, por ejemplo, diciendo que estas se han aumentado, o se han modificado haciéndose más generales (lo cual se denomina generalización) o más específicas (lo cual se conoce con el nombre de discriminación), o por otros métodos. El muy interesante artículo de Neches et. Al. [43] hace una excelente descripción de estos aspectos y presenta además un muy ilustrativo ejemplo de cómo se puede representar un conocimiento específico (el método clásico para restar) por medio de reglas de producción.

Algunos investigadores han trabajado diligentemente en la creación de modelos para la mente basados en las reglas de producción. En [44] hay una muy buena descripción de ellos. El lector podrá apreciar el grado de sofisticación que se ha alcanzado, aunque hay que reconocer que todavía falta un camino muy largo por recorrer en este sentido.

Otra referencia de gran interés para quien esté interesado en el tema es [45] cuyo sugestivo título ("Computación y cognición, hacia un establecimiento de la ciencia cognitiva") es muy ilustrativo de las pretensiones de los investigadores.

La creación de modelos computacionales de la mente es de gran utilidad para la construcción de los sistemas inteligentes de enseñanza, en lo que tiene que ver con el modelo del estudiante, el cual fue mencionado en la sección anterior.

Los métodos de trabajo de la mente humana también han servido de inspiración para el diseño de mecanismos computacionales. Los primeros computadores eran denominados "cerebros electrónicos" lo cual hace referencia directa a las pretensiones de sus creadores. Más recientemente, los esquemas de funcionamiento de las neuronas han servido como base para el diseño y construcción de las llamadas redes neuronales, las cuales constituyen un núcleo muy importante de investigación actualmente. Los lectores interesados en el asunto podrán encontrar información sobre este apasionante tema en [46], [47] y [48].

Aunque no está directamente relacionado con lo anterior, vale la pena mencionar el papel que puede jugar el computador, según Turkle [10, pg 302], quien afirma que: "...Sentimos inseguridad en la comprensión de nosotros mismos, y esta inseguridad genera una nueva preocupación ante la cuestión de quiénes somos. Buscamos modos de vernos a nosotros mismos. El computador es un nuevo espejo, la primera máquina psicológica. Más allá de su naturaleza de máquina analítica, se encuentra su segunda naturaleza, la de objeto evocativo".

Referencias recomendadas

Sobre el tema del computador como metáfora se recomienda especialmente la lectura del libro de Turkle [10] y, para tener una mejor idea de los modelos que se han desarrollado para dar cuenta del aprendizaje, las obras de Klahr et. Al. [44] y Pylyshyn [45].

CONCLUSIONES

De los resultados que se conocen hasta el momento se puede decir que los sistemas computacionales pueden contribuir a enriquecer los procesos de aprendizaje pero que éste no se logra de manera automática sino que es importante tener muy presentes las condiciones requeridas para que esto ocurra. Es conveniente seguir investigando en el tema para poder identificar claramente estas últimas. En lo que respecta al caso colombiano, ya hay algunas experiencias que conviene continuar y multiplicar.

Aunque no se han hecho hasta el momento evaluaciones sistemáticas del impacto que pueden tener los sistemas educativos "inteligentes", existen grandes perspectivas de que estos permitan hacer avances significativos sobre los sistemas tradicionales, y de que constituyan "vino de una nueva cosecha y no viejo vino en botellas nuevas" [32]. Un subproducto importante de las investigaciones en esta área será la construcción de nuevos modelos sobre los procesos de pensamiento. No dudamos de que la inteligencia artificial tenga mucho que ofrecer en el futuro a los sistemas educativos.

La Computación puede suministrar nuevos modelos para pensar sobre la mente de la misma forma en que ya lo han hecho otras disciplinas como el Psicoanálisis. Los científicos ya están trabajando diligentemente en estos temas y es posible que nos tengan algo que ofrecer en el futuro. Debemos, sin embargo, caminar con cautela en estos terrenos "prohibidos".

REFERENCIAS

- 1 Skinner B. F. (1973). Tecnología de la enseñanza. Barcelona: Nueva Colección Labor.
- 2 Turín A. M. (1969). Puede pensar una máquina? En J.R. Merman, SIGMA El Mundo de las Matemáticas. Barcelona: Ediciones Grijalbo.
- 3 Dwyer W.W. (1978). Tus zonas erróneas. Barcelona: Ediciones Grijalbo.
- 4 Morgan C. (1969). Introducción a la psicología. Madrid: Aguilar.
- 5 Piaget J. (1957). Le judgment moral chez l'Enfant. Presses Universitaires de France.
- 6 Piaget J., Inhelder B. (1975). Psicología del niño, capítulo IV. Madrid: Ediciones Morata S. A.,
- 7 Hederich C. (1987). Educación e inteligencia, Simposio Colombiano en Informática, Educación y Capacitación. Bogotá: CEINA.
- 8 Perkins D.N. (1987). The fingertip effect: How Information-Processing Technology shapes Thinking Simposio Colombiano en Informática, Educación y Capacitación. Bogotá: CEINA.
- 9 Weizenbaum J. (1988) . The computer is a mythconstrued machine. Technology review, noviembre-diciembre 1988.
- 10 Turkle, Sherry (1984). El segundo yo, las computadoras y el espíritu humano, Buenos Aires: Editorial Galápagos.
- 11 Weizenbaum J. (1976). Computer Power and human reason from judgment to calculation. San Francisco: W. H. Freeman.
- 12 Solomon C. (1986). Computer environments for children. Cambridge, Mass: The MIT Press.
- 13 MacLuhan M. Los medios de comunicación como extensiones del hombre (fotocopia)
- 14 Galvis A. H. (1988). Ambientes de enseñanza- aprendizaje enriquecidos con computador, Boletín de Informática educativa, 1 (2), p. 117-139
- 15 Mariño O. (1988). Informática educativa: tendencias y visión prospectiva, Boletín

de Informática Educativa, 1 No 1, p.11-32.

16 Escobedo H. (1987). El uso instruccional vrs. el uso interactivo del computador respecto al desarrollo de la inteligencia, Simposio Colombiano en Informática, Educación y Capacitación. Bogotá: CEINA.

17 Bork , A. (1981). Learning with computers, Digital Press.

18 Papert S. (1980). Desafío a la mente. Buenos Aires: Ediciones Galápagos.

19 Delval J. Navarro A., Rodríguez M., Robas L., Moreno E., Frade C., (1987). Logo y el desarrollo intelectual Actas Simposio Internacional de Educación en Informática, junio 1987.

20 Kurland D. M. , Pea R. (1984). Logo programming and the development planning skills, New York: Bank Street College, Tech. Report 18.

21 Kurland D. M. , Pea R. (1984). On the cognitive effects of learning computer programming. New ideas in psychology, II (2), pp. 137-168.

22 Hederich C. (1989) Uso de computadores y desarrollo de la inteligencia : dificultades en la investigación y una propuesta, en este número del Boletín de Informática Educativa..

23 Clements D. H., Gullo D. F. (1984) Effects of the computer programming on the young children's cognition . Journal of Education Psychology, LXXVI (6) pp. 1051-1058.

24 Geoffrion L. (1983). Computer-based approaches to overcoming language handicap. en Jacquetta Megarry et al (editores). World Yearbook of Education 1982/1983 , Computer and Education. Kogan Page, London / Nichols Publishing Company, New York.

25 Uribe C. (1989). La experiencia de los niños especiales en el computador. Santa Marta: manuscrito.

26 Ginter y Williamson (1985) Learning Logo: what is really learning. Computers in the schools, II (2 y 3), pp 73-78.

27 Taylor R. M. (editor) (1980) The computer in the school: Tutor, Tool, Tutee. New York: Teachers College Press.

28 CEINA (1987) Memorias del Simposio Colombiano en Informática, Educación y Capacitación. Bogotá : CEINA.

- 29 De Zubiría M. (1989) Retos a la informática educativa desde la perspectiva del desarrollo intelectual.. En este número del Boletín de Informática Educativa.
- 30 Villegas M.C. (1989). Los computadores: un medio para desarrollar la inteligencia natural? Boletín de Informática Educativa, 2 (2) (en prensa).
- 31 Escobar H. (1989). Ambientes computacionales y desarrollo cognitivo: perspectiva psicológica. Boletín de Informática Educativa, 2 (2) (en prensa).
- 32 Park O., Pérez R. S., Seidel R. J. (1987). Intelligent CAI : Old Wine in New Bottles, or a New Vintange ?, en G. Kearsley (editor). Artificial Intelligence and instruction applications and methods. Addison Wesley Publkinging Co.
- 33 Mariño O. (1989) Representación del conocimiento : aportes a la Informática Educativa. Boletín de Informática Educativa, 2 (2) (en prensa).
- 34 Seni G. (1989). Los Objetos Estructurados para el diseño y desarrollo de Sistemas de ejercitación y práctica. En este número del Boletín de Informática Educativa.
- 35 Jackson P. (1986). Introduction to expert systems, Addison Wesley.
- 36 Luchau V. (1989) Sistemas expertos educativos en Medicina : MECCA un ejemplo. Boletín de Informática Educativa, 2 (2) (en prensa).
- 37 Muñoz H., Suárez Luis I. (1989). Sistema Experto en Derecho Laboral, con propósito educativo. Bogotá: Uniandes, Departamento de Sistemas y Computación (Tesis de grado ISC-88-II-18&28, manuscrito).
- 38 Clancey W. J. (1987) Knowledge-Based Tutoring,the GUIDON Program. Cambridge, Mass: The MIT Press.
- 39 Hernández G.R. (1989) PROLOG Reflexiones sobre su potencial educativo. Boletín de Informática Educativa, 2 (2) (en prensa).
- 40 Corredor M. V. (1989) Sistemas tutoriales inteligentes. En este número del Boletín de Informática Educativa.
- 41 Barrett, W. (1987). Death of the soul, New York: Anchor Books.
- 42 Jackson M. C. (1988) New directions in systems science. Memorias del VIII Salón de Informática. Bogotá: ACIS.
- 43 Neches R. , Langley P. , Klahr D. (1987) Learning, development, and production systems, En D. Klahr et al (editores). Production system models of learning and

development. Cambridge, Mass: MIT Press.

44 Klahr D., Langley P., Neches R. (editores) (1987). Production system models of learning and development. Cambridge Mass: MIT Press.

45 Pylyshyn Z.W. (1986) Computation and cognition, towards a foundation of Cognitive Science. Bradford Books, The MIT Press.

46 Lippmann R. (1987). An introduction to computing with neural nets. IEEE, ASSP Magazine, abril 1987.

47 Feldman J. A., Fianty M., Goddard N. (1988). Computing with structured neural networks,. IEEE Computer, marzo de 1988.

48 Hecht-Nielsen R. (1988). Neurocomputing: picking the human brain. IEEE Spectrum, marzo 1988.

Boletín de Informática Educativa, 2 (1), 1989