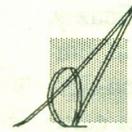


Introducción



Actualmente, los medios educativos requieren la incorporación de la informática y sus beneficios. Un gran número de profesores y padres de familia se hacen las siguientes preguntas: ¿qué se puede hacer con una computadora en la educación?, ¿cómo servirse de ella? y ¿qué sistema o qué lenguaje es necesario utilizar?

Quienes pueden responder estas preguntas son los especialistas y los usuarios más asiduos. Sin embargo, sus respuestas no son siempre las apropiadas. Por una parte, los especialistas tienden a proponer modelos acabados, de modo que el aprendizaje se reduce a la posibilidad de construir y organizar progresivamente su conocimiento. Por otra parte, los usuarios más asiduos consideran la informática como un sistema o lenguaje que ellos dominan y con el cual están familiarizados, sin vincularse en un contexto más general.

Desde hace algunos años la informática ya no es considerada materia exclusiva de los futuros computólogos. Las escuelas secundarias e inclusive primarias comienzan a integrarla en sus programas. Al igual que las matemáticas, el aprendizaje de la informática ayuda al alumno a estructurar su pensamiento (Papert, 1978).

LA INFORMÁTICA COMO MEDIO DE ENSEÑANZA Y OBJETO DE APRENDIZAJE

Enrique RUIZ-VELASCO SÁNCHEZ*

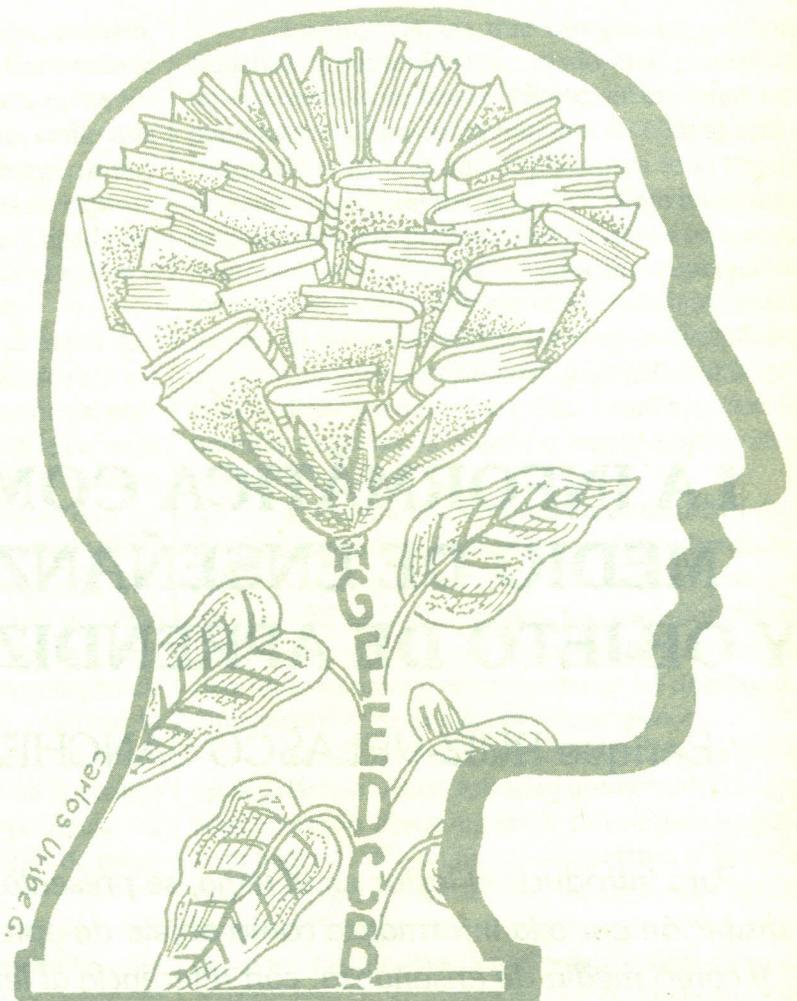
Para introducir al lector en el tema, se presenta una distinción entre la informática como objeto de aprendizaje y como medio de enseñanza, con referencia al lenguaje informático, a la programación informática y a su enseñanza, caracterizando los sistemas que existen para su aprendizaje. El autor hace una propuesta respecto de la informática como medio de enseñanza, la cual resulta contraria a las formas existentes en la actualidad para el aprendizaje de la informática. Esta propuesta parte de la manipulación y operación directa de un objeto concreto hasta llegar a su programación informática, pasando por la simbolización y la ordenación de esas operaciones manuales.

* Investigador del CISE.

En este sentido, permite resolver problemas de la vida cotidiana de manera más económica, eficaz y, sobre todo, sistemática. Sin embargo, su aprendizaje plantea ciertos problemas a los jóvenes estudiantes, ya que antes de ser abordada como disciplina, la informática requiere un sistema de codificación previo.

En el presente trabajo la informática es considerada objeto de aprendizaje y medio de enseñanza. Por un lado, estamos interesados en transmitir los conceptos básicos de la programación informática y, por otro, coadyuvar a la construcción de un sustrato tecnológico-pedagógico que favorezca este aprendizaje. La programación, al tiempo que sirve para controlar la computadora, es un método para formalizar un determinado problema. Estas dos funciones tienen su lugar en la educación, pero es importante distinguirlas en el momento de planificar y organizar actividades de programación. Los criterios que orientan la elección de herramientas y la formación de los procesos difieren en función del enfoque privilegiado.

Nos interesa demostrar, a lo largo del presente trabajo, que existe una pedagogía capaz de crear el medio ambiente (cercano al proceso natural de adquisición de conocimientos) para que el niño comprenda el lenguaje y las estructuras elementales de la programación informática. Si se toman en cuenta las capacidades naturales que posee el alumno para controlar y manipular este medio ambiente concreto, dicha pedagogía conduce progresivamente a la identificación del sistema de codificación (simbólico) propicio a las manipulaciones y controles que implica una computadora.



El lenguaje de la informática

La informática presupone (como cualquier rama de la ciencia o la tecnología) el dominio de ciertos conceptos abstractos que los niños no necesariamente han adquirido cuando se les inicia en el estudio de esta disciplina. Desafortunadamente, en las escuelas la enseñanza de la informática tiende a dissociarse de otras materias de estudio. Esto ha traído como consecuencia que los niños muestren poco interés por aprenderla. Los métodos pedagógicos que todavía predominan en las escuelas favorecen la fragmentación de los conocimientos y la formación de individuos

pasivos, incapaces de aplicar la lógica a situaciones concretas.

A menudo se pasa por alto que los niños tienen necesidad de desarrollar sus capacidades creadoras e innovadoras. En cambio, se les exige memorizar el contenido de cada materia comprendida en los programas escolares en los que están inscritos, con el objetivo de someterlos a un proceso de evaluación.

El niño comienza desde muy pequeño a organizar su pensamiento y a experimentar su medio ambiente. Sin embargo, para la adquisición de conceptos matemáticos e informáticos se presentan ciertos obstáculos. Debido a la forma de enseñanza no existe una relación entre la utilización y la manipulación de estos conceptos y

las situaciones vividas cotidianamente por el niño.

Para Papert (1978) las matemáticas son una fuente de ideas poderosas, resultantes de un pensamiento lógico y riguroso que se puede aplicar en cualquier dominio o actividad. Las matemáticas proveen de ideas que pueden ayudar a la gente a pensar en su vida, a organizar sus conocimientos y a desarrollarse social, emocional e intelectualmente.

Para que esto sea factible es necesario un medio ambiente estimulante donde el niño pueda, como piensa Piaget, continuar con la relación natural que sostiene con respecto al aprendizaje de las matemáticas.

El estudio de las matemáticas, y más específicamente, de la informática, debería permitir la adquisición de capacidades centradas en el razonamiento y en la lógica. La mayoría de personas que se han formado en estas disciplinas adquieren, a través del estudio, hábitos de organización, método, y capacidad para razonar y resolver problemas complejos.

Según Davis (1967) una de las mejores maneras de aprender matemáticas consiste en situar este aprendizaje en un contexto rico, es decir, en un medio ambiente diferente del salón de clases, donde los alumnos podrían probar sus propias hipótesis, descubrir por ellos mismos.

Podemos afirmar, por tanto, que el aprendizaje de la informática, al igual que el de las matemáticas, puede ser considerado como la apropiación de un nuevo lenguaje estructurado y estructurante, destinado a ser útil en la resolución de problemas y que puede ser transferido a otros campos del conocimiento.

La programación informática

La informática es una disciplina que tiene su propio sistema de signos (como sucede con las matemáticas o las lenguas naturales); permite comunicar, pero sobre todo, constituye una ayuda cognitiva eficaz para solucionar ciertos problemas.

En efecto, antes de construir un programa es necesario que, en una primera fase, se conozca cabalmente la solución del mismo, precisándola y formalizándola de manera simple y clara para ser programada. Esta fase requiere que el alumno apele a su capacidad de organización y óptima comprensión en torno a resoluciones específicas.

El proceso de programación informática exige, en esta primera fase, la creación de un algoritmo, una suerte de plan simbólico y riguroso que describa todas las etapas necesarias para solucionar el problema que, en la mayoría de los casos, ha sido ya resuelto por otra persona que no es el programador.

Finalmente, este proceso de programación informática necesita la traducción del algoritmo en un programa codificado y estructurado que permitirá resolver, en la práctica, el problema planteado, solucionado y formalizado en las dos primeras etapas del proceso. Esta tercera fase del proceso informático es muy importante para el alumno, puesto que le permite verificar si la actividad emprendida en las fases precedentes es rigurosa y constructiva.

Sin embargo, en este proceso, por razones de organización y disponibilidad, la primera fase es a menudo descuidada

en provecho de la segunda, la cual es más fácil de poner en práctica en el contexto de una clase.

Enseñanza de la informática

Existe un repertorio de sistemas o programas que tienen como objetivo la enseñanza de la informática en general, la iniciación a la algoritmia, a la lógica y a los lenguajes en particular. Estos se caracterizan por contener una presentación inicial de las nociones básicas que deberá poseer, seguida de una serie de ejercicios que permiten verificar los conocimientos adquiridos.

Estos sistemas dan lugar a un número predeterminado de errores. Igualmente, incluyen ejercicios de recapitulación. Cualquier persona que desee utilizar una micro-computadora y dominar los elementos mínimos necesarios para escribir sus primeros programas, encuentra en estos manuales ejercicios prácticos y simulaciones ampliamente didácticos.

Principales características de los sistemas para el aprendizaje de la informática

Enseguida se enumeran las principales características de los sistemas creados para el aprendizaje de la informática.

- El alumno recibe el conocimiento en un orden preestablecido. La respuesta correcta es escogida entre varias (elección múltiple).
- Una vez que el alumno haya efectuado los ejercicios estará preparado para continuar el proceso. Se trata de un método ascendente que parte del

aprendizaje de un comando, hasta alcanzar el aprendizaje de un procedimiento y de un programa.

- Los modelos y las simulaciones son utilizadas por el profesor como soporte del curso. Existe la posibilidad de variar los parámetros para realizar experiencias diferentes.
- El rol del alumno en esta situación de aprendizaje cambia, puesto que no se conforma con escuchar y escribir lo que dice el profesor; propone soluciones y las prueba, de modo que adquiere una mayor autonomía respecto del profesor.

Estos programas, asociados a pedagogías tradicionales, raramente propician la creatividad, el sentido lúdico, la posibilidad de privilegiar la imaginación, o la utilización de estrategias de resolución de problemas.

Citemos algunos sistemas que aportan elementos interesantes a nivel de estructuración y de estrategias de resolución de problemas:

ALADIN (Escuela Central de Artes Manufacturas, 1985) es un método que permite concebir algoritmos correctamente estructurados en un lenguaje de sintaxis simple. A través de este método la atención del alumno se centra en las estructuras de control (alternativa y repetitiva) dejando de lado los problemas relacionados con las estructuras de datos (listas, números, archivos).

CUBIX (Angle Droit, 1985) es un curso modular de iniciación a la informática que permite familiarizarse con las nociones de lenguaje, algoritmo, tablero, pantalla, grafismo y algunas nociones del lenguaje BASIC.

ELODIA (*Industrie et tech-*

nologie de la machine intelligente, 1985) es un sistema que permite comprender los conceptos de base de la inteligencia artificial, sus posibilidades y limitaciones. Inicia en los recorridos arbóreos y en los sistemas expertos. ELODIA presenta el cálculo formal de estrategias en los sistemas expertos con un algoritmo de unificación. Asimismo, inicia en el aprendizaje de los lenguajes PROLOG y LISP.

FASSY (*Régie Renault Automation*, 1985) es un sistema utilizado para familiarizarse con los conceptos de base de la computadora (sus componentes y funciones) y herramientas programáticas (datos, archivos, sistemas de operación).

Funciones Lógicas Elementales (INA, 1984) ofrece la posibilidad de iniciarse en las funciones lógicas elementales y presenta circuitos lógicos elementales (NOT, AND).

Funcionamiento del microprocesador (INA, 1985), ofrece, después de una presentación de la secuencia de base, del organigrama del funcionamiento de un microprocesador y de un ejercicio interactivo, la posibilidad de memorizar esta secuencia y de rehacer este organigrama.

La informática "a prueba de fuego" (*Control Data*, 1981) tiene por objetivos: definir la función de los diferentes elementos que constituyen el sistema programable (unidad central, memoria, interfase); explicar los medios de acceso a las informaciones almacenadas en memoria (asignar una dirección), y definir la estructura de comando programable (calculador de autómatas).

Iniciación a la algoritmia (Saie Pierre, 1987) ayuda a construir una representación simple de un algoritmo.

Iniciación a la informática (EDF, 1982) introduce en la sintaxis de la programación y en la codificación, mostrando su utilización en diferentes dominios de aplicación.

Iniciación a la informática (UAP-CASSIE, 1984) es un sistema que permite descubrir la informática: análisis de un problema, codificación de la información, ejecución del problema (ejercicio de simulación); programación y descubrimiento de diferentes métodos y formas de programación informática.

Viaje informático (*Vendome Formation*, 1986) coadyuva al descubrimiento de las reglas de base del análisis de un problema, en términos informáticos: forma y estructura de un programa escrito en BASIC con sólo cuatro instrucciones (PRINT, LET, INPUT, GOTO). Se trata de iniciar a los alumnos en un proceso intelectual y riguroso a través de trabajos prácticos en el lenguaje BASIC.

Estos programas permiten a cualquier persona que no tenga un conocimiento particular de la informática descubrir progresivamente los principios de funcionamiento de un programa informático, los comandos, las instrucciones de base, las principales funciones y la administración de archivos. Otros programas pedagógicos tienen como objetivo favorecer el aprendizaje de la sintaxis del lenguaje BASIC e introducir progresivamente el uso del vocabulario a partir de ejemplos simples. Citemos aquí, a título de ejemplo, BASIC (*Nouvelles techniques d'information*, 1986); BASIC Paso a Paso (Bonet, 1984); EVA-BASIC (*Eduvision*, 1983); EVA-LOGIC-BASIC (*Eduvision*, 1985), INIPROG (DEPT, 1987); LOGIC-BASIC (*Eduvision*, 1986); PRÁCTICA DEL BASIC (Perreau et Ruet, 1984).

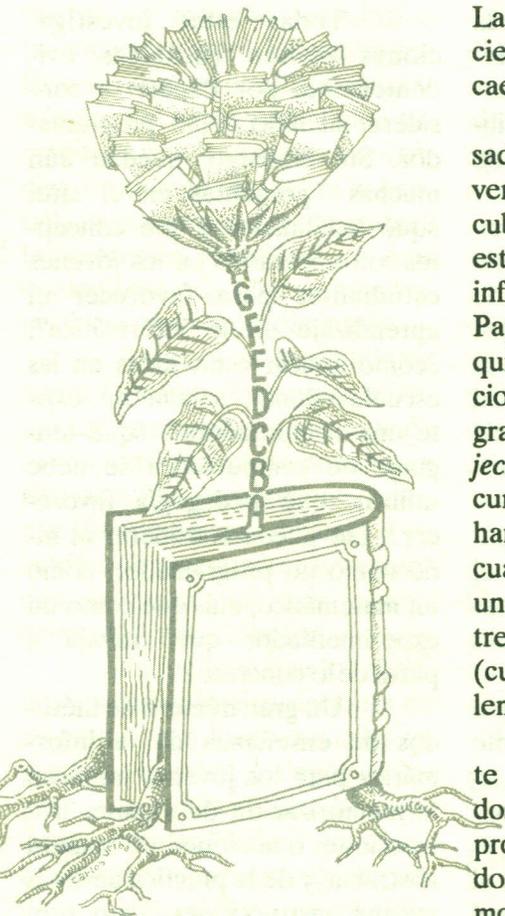
Otros sistemas constituyen una presentación gradual de los diferentes lenguajes e introducen en los mecanismos y en las nociones de base de los mismos. En el caso de PROLOG hay una interfase de comunicación en lenguaje natural. PROLOG (SOFTIA, 1987); PROLOG II (PROLOG IA, 1985); PASCAL-INIT (NTI, 1986), PASCAL (DD+C, 1984); LISP (ACT *Informatique*, 1985); ADA (CASSIE-ALSYS, 1984).

Existen también los sistemas DIDACTIC (NTI, 1987); DR LEO (*Apigraph*, 1987); DUO (DDTEC, 1984); DIANE (*Euroinformatique*, 1986); EGO (Peuchot M., 1982); EVA (*Eduvision*, 1979); ISIS (CE-SI, 1985), los cuales permiten la enseñanza asistida por computadora y no requieren ningún conocimiento de base de la informática. El diseñador de *software* dispone de una herramienta simple y eficaz que le permite crear, modificar o adaptar su base de información y sus análisis de respuesta en función de sus objetivos y de sus elecciones pedagógicas. Asimismo, permite crear cursos y ejercicios interactivos. En suma, el objetivo es crear sistemas didácticos para profesores en diferentes disciplinas.

Los niños y el aprendizaje de la informática

Las principales investigaciones realizadas en torno al aprendizaje de la informática, específicamente de los jóvenes alumnos, son:

Los estudios de Nordman y Parker (1981) sobre la formación de conceptos de base de la programación en los niños canadienses, utilizando el BASIC como lenguaje de programación. Estos au-



tores observan que los jóvenes alumnos tienen dificultades con las instrucciones IF-THEN y la estructura de bucle FOR-NEXT. Por tanto, han emitido los citados comentarios sobre los problemas que tienen los niños en el manejo del BASIC, así como sobre el nivel de abstracción requerido para el dominio de este lenguaje.

La estructura de las instrucciones del BASIC puede ser aprendida con facilidad, pero a causa de la debilidad de la estructura de control del lenguaje, cuando los programas se vuelven complejos, su lectura y corrección se tornan aún más difíciles.

Por otra parte, la mayoría de las versiones del lenguaje BASIC tienen como principal desventaja que no permiten la definición de pequeñas unidades de proceso.

La construcción GOSUB no es suficiente porque existe el riesgo de caer en otra rutina.

Varios investigadores, basados en la idea de que se aprende verdaderamente lo que se descubre por sí mismo, han hecho estudios con ayuda de material informático. Así, podemos citar a Papert y colaboradores (1979), quienes han hecho investigaciones sobre los niños como programadores en el *Brookline Project*. Gracias a la erogación de recursos considerables, los niños han podido trabajar en grupos de cuatro, cada uno disponiendo de una computadora, y han sido entrenados durante cierto tiempo (cuatro horas por semana) en lenguaje LOGO.

El objetivo general de este proyecto es demostrar que todos los niños pueden escribir programas; pueden ser conducidos hacia la comprensión de los modos de interacción con una computadora y capacitarlos, así, para elaborar la secuenciación del proceso de utilizar variables. Los niños desarrollan, por tanto, estrategias de resolución de problemas en un medio ambiente libre.

De manera global, los resultados de esta investigación se resumen así: los niños se familiarizan rápidamente con la tecnología, además de que aumenta su habilidad para calcular ángulos y longitudes.

Es necesario precisar que el enfoque pedagógico de Papert es de tipo simbólico e inductivo. El tránsito del modo simbólico al concreto se efectúa por la conexión con un micromundo (modo concreto). Por ejemplo, el niño utiliza las instrucciones o los comandos del lenguaje de programación LOGO:AVANZA 10.

Una investigación llevada a cabo en el Departamento de Investigación Artificial de Edimburgo (Howe, 1980), considera la utilización de LOGO en la enseñanza de las matemáticas.

Sus objetivos consisten en propiciar cambios de actitud hacia las matemáticas, en la práctica de las matemáticas y en su habilidad para hablar de matemáticas; la maestría de esta última habilidad es considerada una consecuencia directa de la actividad de programación.

El proceso utilizado separa en tres etapas principales el camino de adquisición de técnicas de programación. En la primera etapa, "orientada al producto", el niño busca un efecto determinado sin preocuparse verdaderamente de su comprensión.

En la segunda etapa, "conciencia de estilo", una acción es impuesta por la computadora al alumno y el alumno debe simular el programa capaz de iniciar una acción. La acción, sin embargo, es esclava y continua sin que el alumno pueda intervenir en su desarrollo.

En la tercera etapa, "la resolución creativa de problemas", la programación es considerada como medio para llegar a un objetivo, y no como un fin en sí misma. Por ejemplo, los niños dibujan un cuadrado utilizando dos veces el procedimiento de construcción de un triángulo imponiéndole una rotación.

Los autores de esta investigación estiman que la comprensión de las matemáticas por parte de los niños menos dotados podría mejorarse por medio de la programación. Asimismo, han observado que los niños toman una actitud más positiva frente a las matemáticas.

Todas estas investigaciones invitan (influidas evidentemente por Papert) a considerar al niño como programador. Sin embargo, quedan aún muchas preguntas en el aire: ¿qué habilidades y qué conceptos son necesarios en los jóvenes estudiantes para favorecer el aprendizaje de la informática?, ¿cómo aplicar estas ideas en las escuelas donde solamente existe una computadora?, ¿qué lenguaje de computadora se debe utilizar, qué pedagogía favorecer?, ¿se puede considerar al niño como un programador, como un matemático, más que como un experimentador que trabaja a partir de lo concreto?

Un gran número de métodos de enseñanza de la informática para los jóvenes implican la memorización de algunas instrucciones o nociones, de manera abstracta, y de la práctica de estas mismas instrucciones. Esto presupone la madurez de algunos conceptos abstractos que los niños no han adquirido a cierta edad. Existe una disociación entre las cuestiones de lógica y las consideraciones numéricas y simbólicas, así como una ruptura entre el desarrollo cognitivo, determinado, por una parte, por una ausencia de relación entre la utilización o el manejo de conceptos aprendidos y las situaciones vividas diariamente por el alumno y, por otra parte, por la forma de enseñanza que recibe.

La informática como medio de enseñanza

En general, la enseñanza tradicional de la informática se basa esen-

cialmente en un conocimiento o una experiencia lógico-matemática del alumno y muy poco en su experiencia práctica. Por tanto, esta experiencia práctica debería, según nosotros, permitir al niño organizar este medio ambiente informático de una manera más sencilla.

¿Podemos hacer que el niño construya sus propias representaciones y conceptos informáticos de base, utilizando su experiencia práctica en la manipulación y la planeación de problemas concretos?

Sería interesante verificar si el niño, al controlar, planificar y resolver problemas de desplazamiento de un substrato tecnológico (robot pedagógico)¹ es capaz de construir los conceptos informáticos útiles a la programación de este robot pedagógico.

Para que el alumno adquiera eficazmente una base de conocimiento en informática, hemos desarrollado un robot pedagógico para que practique y planifique concretamente sus desplazamientos. Esta herramienta didáctica facilita el pilotaje del robot a través de una acción manual. Asimismo, permite al alumno adquirir el concepto de *instrucción* y reproducir los movimientos elementales del robot pedagógico, escribiendo los nombres de las primitivas correspondientes en el teclado de la computadora. Esta experiencia también permite al estudiante adquirir el concepto de *secuenciación*. El alumno, al ser capaz de modificar un programa construido a partir del control manual del robot pedagógico, y el cambio de las instrucciones y/o parámetros en

1. El sistema propuesto consiste en un elevador miniatura que el alumno podrá controlar en un principio manualmente y que comandará enseguida, apoyándose en estructuras informáticas cada vez más poderosas y complejas.

modo edición, podrá acceder al concepto de *programa* y *planificar* un trayecto complejo del robot pedagógico, escribiendo un procedimiento o una serie de instrucciones para hacerlas ejecutar enseguida en modo programado. Esta planificación lo conducirá al concepto de planificación algorítmica de las maniobras del robot pedagógico; es decir, a los conceptos de la secuencia lógica.

Finalmente, el alumno podrá *concebir*, *editar* y *probar* programas combinando e integrando las etapas anteriores.

Para alcanzar estos objetivos, en primer lugar, deberemos confrontar al alumno con situaciones didácticas que permitan:

- hacer ensayos manualmente;
- observar el desplazamiento del robot pedagógico una vez que lo haya comandado en forma manual y permitirle observar simultáneamente en la pantalla de la computadora la instrucción o etiqueta;
- dar varias instrucciones sucesivas;
- escribir instrucciones en pseudo-lenguaje;
- hacer ejecutar las instrucciones escritas de manera sucesiva en la computadora;
- modificar y hacer ejecutar los programas existentes;
- repetir una misma secuencia de primitivas o instrucciones y verificar el efecto en los desplazamientos del substrato tecnológico;
- redactar y probar miniprogramas que comprendan acciones simples y acciones compuestas.

Con esta propuesta pedagógica los alumnos aprenderán a manipular, pilotear, controlar y

operar un material tecnológico (robot pedagógico). Estas manipulaciones van a permitir desplazamientos del robot pedagógico comandado y, de una manera sincrónica, en tiempo real sobre la pantalla de la computadora aparecerá la "expresión simbólica" de esas operaciones, ya sean comandos, instrucciones o procedimientos.

Así pues, en la medida en que los alumnos manipulan el robot, se liberan progresivamente de lo concreto y razonan de manera abstracta. Por consiguiente, ordenan las operaciones dejando a un lado los objetos concretos y aprenden a representar esas operaciones de formas simbólicas.

En lugar de que los alumnos aprendan las instrucciones de memoria, para luego ponerlas en práctica, el robot pedagógico les permite practicar y utilizarlas antes de aprenderlas. Es decir, los alumnos harán la programación directa de un objeto concreto y manipulable (el robot pedagógico), planificando y codificando al mismo tiempo el conjunto de operaciones, de modo que el proceso de programación los conduzca a un pensamiento formal, estructurado y algorítmico.

Conclusión

La programación como objeto de estudio y medio de aprendizaje, al tiempo que constituye un medio de control, es una manera de formalizar un problema en vías de resolución. Se distingue, por tanto, el aprendizaje de la programación y el aprendizaje a través de la programación. Esta segunda posibilidad constituye un aporte innovador de la informática en la educación que al mismo tiempo contribuye a la inserción del constructi-

vismo en la educación, en la medida en que vuelve activo al alumno en relación con los contenidos abstractos. La programación da la oportunidad de formalizar problemas y de probar el valor operacional de las formalizaciones personales o las que otros proponen. En este contexto, los estilos funcionales de programación son particularmente apropiados, pues ponen el acento sobre la calidad del razonamiento, más que sobre la eficacia de ejecución de la computadora.

Estamos interesados en que este procedimiento tecnológico sea introducido en los programas escolares de modo que tenga un efecto considerable sobre el aprendizaje.

Bibliografía

- BARR, A. y E. Feigenbaum (1981), *The Handbook of Artificial Intelligence*. Vol. I y II, Pitman.
- BRUNER, J., et al. (1967), *A Study of Thinking*. New York, Science Edition.
- DAVIS, R. B. (1967), *Explorations in Mathematics: A Text for Teachers*. Reading, Mass. Addison-Wesley.
- DWYER, T. et al. (1974), "Heuristic Strategies for Using Computers to Emich Education", en *International Journal of Man-Machine Studies*, núm. 6.
- NONNON, P. (1987), "La robotique pédagogique". Le Bus, mayo.
- PAPACOSTAS, A. (1986), "Microcomputadoras en la escuela primaria", en *Cero en Conducta* 3 (1).
- PAPERT, S. (1978), "The mathematical unconscious", en *On Aesthetics in Science*. J. Wchler (Ed), Cambridge, Mass., The M.I.T. Press.
- PIAGET, J. (1965), *La psychologie de l'intelligence*. Colletion Armand Colin.
- RUIZ-VELASCO, E. (1989), *Un robot pédagogique pour l'apprentissage de concepts informatiques*. Tesis doctoral, Universidad de Montreal.
- WASON, J. y P. Johnson-Laird (1972), *The Psychology of Reasoning: Structure and Content*. London, Batsford.