

62
2ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE PSICOLOGIA

**La Enseñanza de las Ciencias
Apoyada por Computadora:**

Propuesta de un Modelo Instruccional

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
P S I C O L O G O
P R E S E N T A
ARTURO FLORES HERNANDEZ

Director de Tesis:
PROCORO MILLAN BENITES

**TESIS CON
FALLA DE**

MEXICO. D. F.

1992



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 está 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.

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS APOYADAS POR LA COMPUTADORA: PROPUESTA DE UN MODELO INSTRUCCIONAL

Índice

Introducción

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS APOYADA POR COMPUTADORA:	1
Propuesta de un Modelo Instruccional.	1
Capítulo I	7
Las computadoras y su utilización en la enseñanza	7
1. Antecedentes y desarrollo de la instrucción asistida por computadora.	8
2. Los nuevos proyectos y orientaciones.	11
3. Tendencias internacionales en la E.A.C.	13
4. La informatización de la sociedad	16
Capítulo II	19
Descripción de los principales sistemas de enseñanza asistida por computadora.	19
1. El sistema de la universidad de Stanford	20
b) Las Bases Psicológicas del Sistema Stanford.	24
2. El sistema PLATO.	26
a) Tipo de instrucción impartida en el sistema Plato.	27
b) Las Bases Psicológicas del Sistema PLATO.	30
3. El sistema SOLO	32
a) Tipos de Instrucción Impartida en el sistema SOLO	32
b) Bases Psicológicas del sistema SOLO	36
4. El sistema LOGO	38
a) Tipo de instrucción impartida en el sistema Logo.	39
b) Bases Psicológicas del sistema Logo.	42
Capítulo III	45
La enseñanza de las ciencias naturales y la computadora como un medio didáctico	45
La enseñanza de las Ciencias Naturales	46
La Investigación sobre la Enseñanza de las Ciencias Naturales	48
La computadora como un medio didáctico	54
Capítulo IV	55
La enseñanza de las ciencias asistida por computadora.	55
1. Elementos para un modelo constructivista del conocimiento.	55
2. Propuesta de un modelo instruccional para la enseñanza de las ciencias ayudada por computadoras	63
3. CONCLUSIONES.	73
Bibliografía	75

Introducción

La incorporación de las computadoras en la enseñanza constituye un debate abierto en la educación. A lo largo de las últimas tres décadas se han producido diversas propuestas y sistemas de enseñanza asistidas por computadora. La característica compartida por estas propuestas ha sido su interés práctico por modificar la enseñanza. Los primeros sistemas desarrollados, como el de Stanford, se enfocaron hacia el apoyo de los enseñanzas remedial. La computadora era concebida como una máquina de enseñanza que, utilizada en gran escala, podría apoyar las tareas de enseñanza y, en el largo plazo, sustituir a los maestros. Sin embargo, estas ideas fueron modificadas en la década de los 70s y sustituidas por otras donde se resaltaban los apoyos de las computadoras para reformar, e incluso revolucionar la enseñanza, como fue el caso del sistema LOGO.

Así mismo, este interés práctico fue acompañado de una filosofía educativa y la recuperación de distintas ideas y teorías psicológicas que sustentaban una propuesta. Así, por ejemplo, Papert (1980), como responsable del sistema LOGO, no sólo dirige el desarrollo de los programas educativos si no, también, aboga por una reforma de la enseñanza de las matemáticas en la educación primaria y el desarrollo de una cultura computacional. No obstante el trabajo teórico realizado para diseñar y desarrollar estos sistemas, hay una carencia de un análisis detallado sobre las características instruccionales de estos sistemas y las ideas psicológicas que los fundamentan.

Por otra parte, parece existir un desfase entre las teorías y resultados de la investigación educativa de ciertas áreas, como los estudios sobre representación espontánea y enseñanza de las ciencias, las propuestas instruccionales diseñadas para los sistemas de enseñanza asistida por computadora (EAC). La razón de este desfase radica, en nuestra opinión, en el enorme trabajo que significa el diseño de otros programas y los costos comerciales involucrados en su modificación.

Por ultimo, tenemos que considerar los múltiples problemas sociales y de política educativa que involucra la incorporación de las computadoras en la educación. La incorporación de estos sistemas acarrea no solo enormes costos financieros, tanto para la administración pública como para los particulares, si no también de una planeación de recursos humanos y formación de los docentes. Las características de un sistema educativo y el contexto socioeconómico de un país determinan, en gran medida, los posibles alcances de una propuesta para incorporar a las computadoras en la enseñanza.

En este contexto, consideramos que es fundamental un conocimiento detallado de los distintos sistemas EAC y una reflexión sobre como incorporarlos en nuestro sistema educativo. Los propósitos del presente trabajo son:

a) analizar las características instruccionales y las ideas psicológicas que subyacen a los principales sistemas de EAC .

b) examinar las formulaciones recientes sobre los currícula e investigación acerca de la enseñanza de las ciencias naturales.

c) proponer un modelo instruccional acerca de la enseñanza de las ciencias apoyado por computadora.

La consecución de los propósitos anteriores requiere un trabajo analítico amplio y detallado. La exposición de los resultados de este trabajo esta organizada en cuatro capítulos .

El primer capítulo describe, en forma panorámica, los distintos sistemas EAC y las tendencias internacionales respectivas. Este capítulo proporciona un contexto general donde ubicar cada uno de las propuestas particulares. Asimismo nos permite apreciar el camino recorrido y algunas de los logros alcanzados por la EAC.

El segundo capítulo constituye un trabajo descriptivo sobre los cuatro principales sistemas EAC: Stanford, Plato, Solo y Logo. Cada uno de estos sistemas es analizado en términos de sus antecedentes, tipo de instrucción proporcionada e ideas psicológicas que lo apoyan.

El tercer capítulo es una revisión acerca de la enseñanza de las ciencias y los resultados de la investigación en esta área. Asimismo, recuperamos una serie de ideas teóricas que apoyan a una visión constructivista para la enseñanza de las ciencias.

Las ideas analizadas aportan elementos teóricos importantes para iluminar nuestra comprensión acerca de la enseñanza de las ciencias.

Por último, en el cuarto capítulo presentamos un modelo constructivista del conocimiento en el sujeto y la propuesta de un modelo instruccional para la enseñanza de las ciencias apoyada por computadora. Pensamos que la computadora por sí sola no puede cubrir todos los aspectos que requiere la enseñanza de las ciencias. La computadora puede, en cambio, ser sumamente útil como una herramienta de apoyo para la enseñanza. Conforme describimos el modelo instruccional propuesto, incorporamos una serie de ideas y sugerencias sobre como utilizar a la computadora en esta área.

Consideramos que las ideas y argumentos expuestos en este trabajo contribuyen a contextualizar el uso de las computadoras en la enseñanza.

Esperamos que los resultados de este trabajo ayuden, en alguna medida, a la generación de trabajos más específicos y a un mayor conocimiento sobre como utilizar a las computadoras en la enseñanza.

FALTA

3 ALA 6.

Capítulo I

Las computadoras y su utilización en la enseñanza

La utilización de las computadoras en la enseñanza ha sido cambiante. Al principio, las computadoras fueron utilizadas como un medio instruccional para proporcionar ayuda y práctica rutinaria a alumnos con problemas de aprovechamiento. Se llegó a considerar a la unión de las capacidades de manejo de información de las computadoras con la instrucción programada como el origen de una tecnología educativa poderosa (Nieverhelt, Ventura y Hinterbesel 1986).

Posteriormente, se generaron nuevas propuestas que adoptaron estrategias instruccionales más flexibles apoyadas en la solución de problemas y el aprendizaje por descubrimiento. La producción de microcomputadoras renovó el interés por la utilización de estas en la enseñanza y su incorporación en gran escala en las escuelas.

Por otro lado, se suscitaban fuertes debates en torno a la mejor forma de utilizar a las computadoras en la enseñanza. Por una parte, estaban aquellos, como Suppes, que tendían a incorporar a las computadoras como un auxiliar para impartir los mismos programas y contenidos tradicionales. Por el otro lado, quienes, como Davis y Papert, pensaban que las potencialidades de las computadoras podían generar fuertes cambios en la enseñanza. Así mismo, se produjo una discusión social amplia en torno a la informatización de la sociedad y a la necesidad de una alfabetización en computadoras. A continuación presentaremos una panorámica de los proyectos y tendencias principales en la utilización de las computadoras en la enseñanza. Es conveniente apuntar que esta panorámica tiene como escenario principal a los Estados Unidos de América, en tanto que aquí se iniciaron los primeros proyectos y se extendió la enseñanza asistida por computadora.

Nota

A lo largo de este trabajo utilizaremos el término computadora para referirnos a las mini-computadora y a las micro-computadoras. Es claro para nosotros que las micro-computadoras sólo aparecen hasta mediados de los 70s y su incorporación en la enseñanza data de fines de los años 70s.)

1. Antecedentes y desarrollo de la instrucción asistida por computadora.

El auge de las teorías del aprendizaje y la derivación de principios generales del aprendizaje permitieron el desarrollo de la instrucción programada. El diseño de textos programados donde se refuerzan las respuestas correctas y se minimizaban los errores fué uno de los primeros logros de la instrucción programada. La conjugación de la instrucción programada con las potencialidades de las computadoras (manejo de enormes cantidades de información en forma precisa y rápida) promovió altas expectativas en torno a una tecnología educativa de gran alcance. Esta utilización de la computadora como un medio instruccional privilegiado fué apoyada, también, por una concepción de la enseñanza como una tarea instruccional que consumía demasiados recursos.

Nieverhelt, Ventura y Hinterberseel (1986) consideran que las expectativas generadas en torno a las computadoras estaban enmarcadas en las siguientes ideas.

- La educación es una actividad de trabajo intenso.
- La aplicación de la tecnología a actividades semejantes ha incrementado la productividad y ha disminuido los costos.
- El desarrollo de la instrucción programada y las computadoras como una máquina para utilizarla constituyen una tecnología de la educación.
- Por lo tanto, la enseñanza asistida por computadora (E.A.C.) mejorará significativamente a la educación; y la hará más efectiva y barata.

Los primeros proyectos E.A.C. se iniciaron a mediados de los años 60s, estos proyectos utilizaron computadoras medianas con el sistema de tiempo compartido. El sistema de tiempo compartido consiste en que pueden almacenarse cursos completos en un computador central y múltiples usuarios pueden hacer uso de éstos al mismo tiempo por medio de su terminal.

El costo de utilización de la computadora y el diseño de los cursos podía disminuirse al contar con una red de terminales (Atkinson y Wilson 1969). Uno de los proyectos pioneros de la E.A.C. fué el proyecto Stanford. En este proyecto se proporcionaban ejercicios de práctica rutinaria en las áreas de matemáticas y ciencias. El objetivo era proveer a alumnos, con problemas de retraso escolar, de práctica adicional para ponerse al corriente. El diseño de los cursos consistía en una programación lineal donde se reforzaban las respuestas correctas, se proporcionaba ejercicios adicionales en áreas problemáticas y había una dificultad mayor en ejercicios conforme se avanzaba. La computadora estaba programada para ofrecer una instrucción individualizada y toda la práctica necesaria para cada alumno (Knight y Bozeman 1981).

La estrategia instruccional era, principalmente, los ejercicios de práctica y proporcionaba instrucción remedial. Este proyecto contó con una estrategia instruccional fija y de alcance limitado, como veremos en el capítulo siguiente.

Posteriormente, se inició el proyecto PLATO (Platon en español). El diseño de este proyecto introdujo una estrategia instruccional de tipo tutorial.

La computadora era programada para desarrollar una serie de diálogos con los alumnos para que éstos elaboraran sus conocimientos.

El recurso a un aprendizaje por descubrimiento suponía un acercamiento a la vida cotidiana de los alumnos. La enseñanza de las matemáticas se basaba en situaciones cotidianas donde, a partir de ejemplos, se inicia a los alumnos en las matemáticas formales. Asimismo, fué introducido un fuerte apoyo de representaciones visuales y prácticas. Esto permitía una retroalimentación más motivante para los alumnos y una manipulación de los materiales presentados. Los alumnos pueden elegir las lecciones y el punto de partida, la computadora desarrolla un diálogo socrático que guía a los alumnos para descubrir los conocimientos.

En estos dos proyectos se estableció una relación instruccional entre las computadoras y la enseñanza. El proyecto Stanford apoya un uso de la computadora como un texto programado. Por su parte, el proyecto PLATO alienta un uso tutorial de la computadora, como un texto interactivo. El diseño de los cursos y su prueba se hacía en términos empíricos lo cual acarrecaba un gasto fuerte de recursos materiales, humanos y económicos.

Otro tipo de proyecto E.A.C. se diseñaron por la corporación MITRE (Ticci) y la corporación XEROX (Smalltalk). El Smalltalk consistía en un ambiente estimulante para adquisición de la programación en niños. En este ambiente se incluían herramientas para dibujar, pintar, animación, síntesis de música y almacenamiento de documentos.

La creciente cantidad de lecciones E.A.C. disponibles y la consolidación de éstos proyectos profundizó las expectativas generadas. Parecía posible, en los años setentas, reducir los costos de la educación, y, tal vez, sustituir a los maestros en el aula. No obstante, estas expectativas tuvieron que ser reducidas en tanto fueron constatándose las siguientes situaciones:

- a.- La E.A.C. no fué retomada por las escuelas como un medio rutinario de enseñanza.
- b.- La instrucción programada y la práctica no son una tecnología universal, tienen una aplicación limitada. Asimismo, es requerido mucho más trabajo y recursos para diseñar tutoriales efectivos.
- c.- El diseño de los cursos era hecho en forma empírica y sin evaluaciones sistemáticas.
- d.- La E.A.C. era significativamente más cara que la instrucción convencional (Nieverhelt, Ventura y Hinterversel 1986, Burns y Bozeman 1982).

La situación anterior condujo a una reapreciación de los alcances de la I.A.C. y el desarrollo de nuevas orientaciones.

2. Los nuevos proyectos y orientaciones.

A principios de la década de los 70s, comenzó la segunda generación de proyectos que utilizó las computadoras en la educación. Estos proyectos se alejaron de la E.A.C. y se orientaron hacia usos más imaginativos y flexibles de las mismas. Entre los proyectos de esta segunda generación destacan SOLO y LOGO (Boltkin 1982). El proyecto SOLO fué desarrollado a comienzos de los años 70s. El planteamiento central es que se puede proveer un medio estimulante para que el niño desarrolle un aprendizaje autónomo. La computadora ofrece las posibilidades para desarrollar este medio estimulante.

Los programas SOLO se sirven del lenguaje Basic para presentar situaciones donde el alumno utiliza a la computadora para realizar representaciones gráficas, hacer música y como laboratorios donde llevar a cabo experiencias sobre física, matemáticas, etc. Sin embargo, aquí se considera necesario el papel del profesor como un orientador y apoyo para explorar los programas SOLO. Los alumnos pueden desarrollar dos formas de aprendizaje: Una, acompañado y dirigido por el maestro, denominada dual, y, la otra, el alumno controlando a la computadora, denominados, SOLO.

El proyecto LOGO fué desarrollado también a comienzos de los años 70s. Inicialmente, fué desarrollado como un lenguaje de programación flexible y poderoso para niños. Posteriormente, fué ampliado a toda una propuesta acerca de como renovar las prácticas educativas. LOGO consiste en una serie de programas que proporcionan un entorno instrumental rico en contenidos. La idea central es que el alumno, al aprender a programar a la computadora, realiza una sistematización y depuración de sus formas de pensamiento. El papel activo del alumno y su exploración de los programas LOGO, se apoyan en un aprendizaje por solución de problemas.

La incorporación de una preocupación por el sujeto que aprende obliga a desarrollar otras formas de utilizar a las computadoras en la enseñanza. En el proyecto SOLO la computadora es insertada como parte de las actividades de enseñanza, es una herramienta para apoyar un aprendizaje autónomo. El proyecto LOGO promueve nuevos contenidos y formas de la enseñanza tales como la creación de entornos de aprendizaje donde los alumnos sistematizan su modo de razonar programando a la computadora. La utilización de las computadoras propugnada en ambos proyectos está orientada a una innovación educativa (Espinoza 1983).

A finales de la década de los 70s, asistimos a una aplicación de las técnicas de la Inteligencia Artificial (A.I.) a la enseñanza asistida por computadora. La I.A. es una área de conocimientos orientada a la simulación de diferentes tipos de procesos físicos, químicos, biológicos, en una computadora, es independiente de como suceda el proceso en la realidad. Los avances en la I.A. permitieron el desarrollo de sistemas expertos para la enseñanza en áreas de conocimiento específico. Un sistema experto consiste en un sistema que permite almacenar grandes cantidades de información,

estrategias para su depuración y una adecuación continua a las necesidades del usuario (Laborda 1986).

El modo de instrucción de un sistema experto es de tipo tutorial, donde el sistema genera preguntas para presentar la información y presunciones acerca de la comprensión que logra el usuario (Laborda, 1986). La instrucción inteligente asistida por computadoras (I.I.A.C.) se basa en la utilización de sistemas expertos en áreas específicas de conocimiento con objetivos educativos.

No obstante la diversidad y alcances logrados en el desarrollo de sistemas I.I.A.C. es importante tener presente que no se cuenta aún con las bases teóricas y psicológicas que los fundamenten. Los avances en el desarrollo de los sistemas expertos han sido logrados más en términos de las técnicas de la I.A. que en sus bases psicológicas. No existe una preocupación por clasificar los procesos de aprendizaje y, tampoco, de profundizar en los aspectos educativos de los sistemas expertos (Park y Seidel 1981).

Si bien las consideraciones previas nos permiten caracterizar a los proyectos surgidos en los Estados Unidos de América, conviene también dirigir una mirada a lo que ha sucedido en algunos países de Europa. En el siguiente capítulo realizamos una descripción detallada de alguno de estos proyectos en términos de sus modelos y estrategias instruccionales así como de sus bases psicológicas.

3. Tendencias internacionales en la E.A.C.

La incorporación de computadoras en Francia ha sido acorde a las características centralizadas de su sistema educativo. En el año de 1976 se inició un proyecto para introducir computadores en la secundaria. El objetivo fue usar a las computadoras como herramienta educativa. Los dos medios para lograrse este objetivo fueron: primero, entrenar a docentes voluntarios para la producción de programas educativos y, segundo, el desarrollo de un lenguaje especial de programación (Language symbolique d' Enseignement (L.S.E.)). Los programas producidos utilizaron una estrategia instruccional centrada en la modelización y la simulación, promoviendo un aprendizaje por descubrimiento o por solución de problemas. Los programas diseñados cubrían áreas como Matemáticas, Historia, Geografía, Biología, Física, Literatura e Idiomas.

Así mismo existe el proyecto de introducir 10,000 microcomputadoras para los años 1980-85 en la secundaria. Este proyecto busca acercar las computadoras al estudiante y apoyarlo cuando las encuentre en su trabajo. Preparar a los estudiantes para desenvolverse adecuadamente en la sociedad informatizada y sus requerimientos de manejo de información (Hebenstreit 1980).

Existe, también, un gran interés por adoptar al sistema LOGO y evaluar sus bondades con los niños franceses. Hay diversos grupos de investigadores y docentes interesados en desarrollar y adaptar los programas de LOGO al idioma y medio francés (Bossuet 1983).

Por otro lado, en Inglaterra fué desarrollada una estrategia descentralizada para incorporar computadoras en la educación.

El gobierno central desarrollo el proyecto de microcomputadoras para la educación. Este consistió en poner microcomputadoras a disposición de las escuelas y fomentar la producción de programas educativos de calidad por los maestros. El propósito fué doble: a) ayudar a las escuelas y universidades a hacer un mejor uso de las computadoras como recurso de enseñanza y b) dotar a los jóvenes con las habilidades para explorar esta nueva tecnología. Además, fué desarrollada una microcomputadora B.B.C. especial para la enseñanza. El gobierno central dió ayuda de importancia a la producción de programas educativos originales, los maestros tuvieron apoyo para producir estos programas mediante un entrenamiento y pago durante un período dedicado a esta tarea. Asimismo, fueron promovidos equipos de investigación para describir los usos y potencialidades de las microcomputadoras en las escuelas (Turner 1983, Hall y Rhodes 1986).

En España, por su parte, se inició el proyecto Atenea para incorporar las microcomputadoras en la enseñanza elemental (4 a 11 años). Este proyecto está dirigido a desarrollar propuestas para incorporar las tecnologías informáticas en las escuelas. Los objetivos que se tiene son: primero, enseñar la informática como objeto de estu-

dio y, segundo, utilizar la computadora como herramienta didáctica. Este proyecto pretende coordinar diversas acciones de formación de maestros en esta área, difundir los proyectos e investigaciones realizadas, facilitar intercambios y evaluar el impacto sociológico de la nueva tecnología. (Delval 1986).

En América Latina existen diversos proyectos para introducir e investigar la enseñanza asistida por computadora. En la reunión auspiciada por la OEA, en la ciudad de México a fines de 1988, fueron presentados y discutidos los siguientes proyectos:

- Proyecto Educom Ministerio de Educación de Brasil
- Proyecto Quimanche, Universidad de Chile
- Programa COEEBA-SEP, Secretaría de Educación Pública de México
- Proyecto de la informática en el sistema educativo de Venezuela, Ministerio de Educación.
- Proyecto del Instituto SER de investigación, Colombia.

Todos estos proyectos están enfocados en la educación básica y ya cuentan con experiencia y diversos logros. En forma general, estos proyectos intentan coordinar diversas acciones para introducir la enseñanza por medio de las computadoras: formación de docentes, desarrollo de programas experimentación, investigación, evaluación de estos programas y de su impacto sociológico. (Una descripción de cada uno de estos proyectos se encuentra en el expediente de la revisión latinoamericana de informática aplicada a la Educación Básica (ILCE (1989)).

En México, existe un fuerte interés en torno a este tema, varios proyectos de investigación y múltiples reuniones profesionales al respecto. La SEP, durante el sexenio pasado, desarrolló un prototipo de microcomputadora para la enseñanza primaria y secundaria. Ambos proyectos fueron de tipo experimental y estaban enfocados en la producción de programas educativos. En la actualidad, existe el programa de introducción a la computadora Electrónica en la Educación Básica (COEEBA-SEP).

Este programa tiene los siguientes objetivos:

- a) incorporar a las computadoras como apoyo didáctico en el nivel básico con contenidos adecuados a las necesidades del niño y el adolescente y, también, los requerimientos de la sociedad.
- b) desarrollar contenidos educativos con una metodología que permita aprovechar los recursos de la computadora para elevar la eficiencia del proceso enseñanza-aprendizaje.

Este programa coordina diversos proyectos y abarca las modalidades siguientes: operación del equipo de cómputo en el aula, talleres de computación y operación en los centros COEEBA SEP (SEP-ILCE 1987).

Las diversas actividades profesionales que se han desarrollado en torno a este tema comprenden: Reuniones Internacionales, cuatro Simposios Internacionales so-

bre la computación y la Educación Infantil, diversas conferencias e información de equipos de investigación y el desarrollo de programas educativos por computadora (Hernández 1984).

Esbozado un panorama general acerca de los proyectos E.A.C. y las tendencias internacionales, ahora pasamos a desarrollar la cuestión de la sociedad informatizada.

4. La informatización de la sociedad

La incorporación de computadoras en las escuelas presenta un trasfondo social: la presencia cada vez mayor de computadoras en múltiples actividades sociales.

Existen un par de factores sociales altamente influyentes que apoyan esta presencia, por una parte, la fabricación y disponibilidad extensa de microcomputadoras y, por la otra, la denominada informatización de la sociedad.

La fabricación de microcomputadoras o computadoras personales, a mediados de los años 70s, puso al alcance de muchas personas las potencialidades de las computadoras. Las microcomputadoras son máquinas multipropositivas que pueden ser utilizadas para: diseño de programas para usos diversos (nóminas, animación, control de otras máquinas), procesamiento de textos, hojas electrónicas de cálculo, bases de datos, diseño gráfico, videojuegos y programas educativos.

Los enormes avances logrados en el diseño (hardware) de las microcomputadoras son correlativas a la producción de programas (software). De esta manera, las microcomputadoras han pasado de un medio industrial o académico hacia una gran cantidad de servicios ofrecidos en la vida cotidiana. Existe un mercado en expansión continúa de máquinas, programas y aplicaciones de las computadoras (Gleason 1981).

Algunos autores consideran que existen fuertes intereses comerciales para introducir las computadoras en la educación. El mercado educativo es sumamente grande y puede crecer exponencialmente si los padres de los alumnos adquieren una computadora (Delval 1985). Los intereses comerciales son un factor que complica la utilización de computadoras en la enseñanza. En tanto que, por una parte, pueden incrementar las diferencias de clase entre aquellos que pueden comprarlas y aquellos que no lo podrán hacer. Además, existen los problemas financieros para dotar a las escuelas públicas de éstos. Por la otra parte, existe una gran cantidad de programas que se venden como material educativo y no se han evaluado sus aportes para la enseñanza.

Por otro lado, la informatización de la sociedad es un tema de discusión en los países europeos y en los Estados Unidos de América. La cuestión central que se debate es la incorporación de la informática y la automatización de la sociedad contemporánea. Simon (1981) considera que se está dando paso a una sociedad informatizada. Esta nueva sociedad se organiza en torno a la producción, distribución y uso de la información.

Norac y Minc (1978) afirman que las redes de información, los bancos de datos, la automatización de los servicios comerciales y administrativos, son la manifestación cotidiana de esta informatización. El uso público y masivo de la información, continúan Norac y Minc, trae consigo dos fuertes inconvenientes: primero nuestra capacidad para tratar con tanto información se reduce notablemente y, segundo, mucha de esta información no responde a las necesidades de cada individuo. De aquí, entonces, que sea necesario filtrar la información inútil, almacenar la información útil y poder hacerla accesible a los individuos y comunidades que la requieran.

Las consecuencias derivadas de la informatización de la sociedad hacen que se vislumbre un incremento en la complejidad de los sistemas socio-económicos. Es posible que las estructuras económicas, las instituciones y organizaciones sociales e, incluso, la mentalidad de los individuos se hallen mal adaptados. Una forma de disminuir las posibles consecuencias negativas es la promoción de cambios en la educación. Simon (1981) propone el establecimiento de una educación informática cuyo objetivo sea dominar la informática, no solo hacerla familiar y consumible.

A esta conceptualización europea de la informatización de la sociedad y la educación, le corresponde una preocupación análoga en los Estados Unidos de América dirigida a incorporar en forma amplia a las computadoras en la educación. Esta preocupación ha crecido hasta conformar un movimiento denominada alfabetización en computadoras. Ruthuen (1984), en un análisis de este movimiento, encontró que éste consiste en introducir otra materia en el currículo escolar y que adquiere distintas formas dependiendo del nivel educativo. El distingue tres formas de incorporar las computadoras en el currículo:

- a. Como un dominio de una técnica (un conocimiento de como trabaja una computadora y las habilidades técnicas para utilizarla).
- b. Crear un conocimiento en contexto (estudio de las aplicaciones de las computadoras y sus implicaciones sociales).
- c. Como acceso a herramientas (hacer uso de la computadora como herramienta para el manejo de información, comunicación, aprendizaje e indagación).

La primera y segunda formas son más utilizadas en el nivel educativo elemental y medio, en tanto que la tercera forma, utilizada en educación superior, parece ser la más adecuada y provechosa. El uso de la computadora como acceso a herramientas articula el como hacer uso de las computadoras y las ideas computacionales con el conocimiento de cuando es apropiado hacerlo (Ruthuen 1984, Collis 1984). En este contexto, es necesario también hacer presente una familiarización y utilización de las computadoras como herramientas en la enseñanza.

La puesta en marcha de estos proyectos ha acarreado una complejidad mayor en la utilización de computadoras en la enseñanza. Ahora no basta con tener presente los problemas técnicos asociados al desarrollo de modelos psicológicos que orienten la producción de los programas instruccionales, la utilización de diversas estrategias instruccionales en su diseño y una evaluación de su adecuación educativa. El panorama actual involucra una serie de problemas socio-políticos relacionados con la planeación educativa y la formulación de una estrategia para incorporar a las computadoras en la enseñanza. Cerych (1982) afirma que, efectivamente, la incorporación de computadoras en la educación es un problema humano que involucra aspectos políticos y sociales más que tecnológicos.

En este contexto, pensamos que es necesario un conocimiento más detallado de los proyectos E.A.C. y un análisis de los modelos psicológicos y educativos que los fundamentan. Este conocimiento deberá ser complementado con una reflexión curricular acerca del área o disciplina de conocimiento que se desee apoyar con la enseñanza asistida por computadora. En la medida que dispongamos de un conocimiento de ambos aspectos, podremos afrontar mejor los problemas socio-políticos que acarrea la incorporación amplia de computadoras en la enseñanza.

Capítulo II

Descripción de los principales sistemas de enseñanza asistida por computadora.

En este capítulo realizaremos una descripción de los principales sistemas de enseñanza asistida por computadora. El sistema de la Universidad de Stanford y el sistema PLATO fueron pioneros en la utilización de las computadoras en la enseñanza y son considerados como dos variantes bien definidas en el tipo de enseñanza proporcionada. El análisis que haremos de estos sistemas está enfocado en el tipo de instrucción proporcionada, el diseño y ejemplificación de las lecciones y un análisis de las bases psicológicas que los apoyen. Pensamos que este análisis nos permitirá obtener una visión detallada de como ha sido utilizada la computadora instruccionalmente y sus alcances en la enseñanza.

1. El sistema de la universidad de Stanford

A principios de 1963, se encargó a P. Suppes el desarrollo de un programa de investigación y el desarrollo de un proyecto de instrucción asistida por computadora. Este proyecto fue desarrollado en el Instituto de Estudios Matemáticos en Ciencias Sociales de la Universidad de Stanford y, posteriormente, comercializado por la Corporación de Curriculum por Computadora (Suppes 1966).

El propósito de este proyecto fue desarrollar un sistema de aprendizaje apoyado por computadora que ofreciera lecciones sobre matemáticas elementales, gramática y lengua inglesa a sus alumnos de educación primaria. El sistema fue instrumentado en las ciudades de McCoomb y Morehead, durante el año escolar 1967-1968, dando instrucción diaria en las áreas de matemáticas, lectura y gramática. Los alumnos que tenían problemas en estas áreas recibían ejercicios de práctica adicional diariamente. Posteriormente, fueron desarrollados múltiples paquetes de instrucción que cubrían las principales áreas del curriculum de enseñanza primaria. Estos paquetes instruccionales sirvieron para apoyar a alumnos con desventajas culturales, sea de pobreza o por su pertenencia a un grupo étnico minoritario. Así mismo fue diseñado un curso para el aprendizaje de lenguas para estudiantes universitarios y cursos de Lógica para estudiantes de preparatoria (Solomon 1986).

El sistema Stanford utilizó un equipo de cómputo basado en el sistema de tiempo compartido. En una computadora central, Digital Equipment Corporation PDP-11, se almacenaban las lecciones y los alumnos disponían de terminales para utilizar las lecciones. El establecimiento de una comunicación telefónica con la computadora resultaba bastante costoso. Así mismo, la computadora requería una gran capacidad de memoria para almacenar la información requerida. Después, el sistema de procesamiento y la atención a los alumnos fue mejorada con técnicas de programación avanzadas y con una extensión de la memoria. Posteriormente, el sistema Stanford se adaptó para utilizar secciones o partes del mismo en sistemas de redes de microcomputadoras y en paquetes de programas para microcomputadoras.

a) Tipos de instrucción impartida en el sistema Stanford.

El sistema Stanford se concibió como un sistema asistencial o de apoyo por computadora a alumnos con dificultades de aprovechamiento. En este sentido, los esfuerzos de los diseñadores se orientaron a generar series de ejercicios de práctica (drill and practice) que apoyarán el aprendizaje de los alumnos. La instrucción proporcionada era de tipo remedial y descansaba en una estrategia de práctica rutinaria.

Los materiales del sistema Stanford son, fundamentalmente, ejercicios para apoyar habilidades básicas de cálculo y ortografía en los alumnos. Los alumnos son habilitados para resolver secuencias de ejercicios sobre contenidos específicos con una complejidad progresiva. La computadora está programada para que presente al alumno ejercicios y compare las respuestas de éste con las respuestas almacenadas.

Cuando el alumno da una respuesta correcta, la computadora le envía un mensaje felicitándolo y le presenta un nuevo ejercicio. En caso de respuesta incorrecta, la computadora le puede dar otra oportunidad al alumno con el mismo ejercicio o uno de dificultad semejante. La computadora siempre proporciona una retroalimentación inmediata a cada alumno. Así mismo, la computadora está programada para llevar un registro continuo del desempeño de cada alumno y ordenar la presentación de los ejercicios correspondientes. Los materiales son presentados a los alumnos en secuencias de diez minutos por día, estos materiales están dirigidos a reforzar lo enseñado en el aula (Suppes 1975).

La programación de los materiales instruccionales en este sistema es lineal. La presentación de los contenidos a los alumnos sigue un mismo camino. La simplicidad de esta programación resulta muy accesible a los alumnos, fácilmente comprenden que su tarea es responder a preguntas específicas acerca de partes de la materia estudiada.

Los contenidos se dividen en una serie de unidades que se van presentando conforme se desarrolla el programa. Las unidades, a su vez, están conformadas por bloques. Los bloques son un conjunto de ejercicios que se articulan alrededor de un concepto. Finalmente, cada bloque está compuesto por cinco series de ejercicios. Así, por ejemplo, un programa de matemáticas para todo el ciclo completo de enseñanza primaria comprende 24 bloques, correspondientes a conceptos distintos. Cada bloque se compone de ejercicios para lecciones programadas a cubrirse en siete días de trabajo. El encadenamiento entre los bloques se realiza de acuerdo a una progresión lineal. Así mismo, la computadora también pueden organizar el bloque en función de la clase y contemplar cinco niveles de dificultad (Solomon 1985).

La programación del currículo de matemáticas, para la educación primaria de 1-7 grado, contempla 14 áreas conceptuales. Cada área fue dividida en un número equivalente de lecciones, un rango de cinco a diez.

Suppes, Seare, Kanz y Martin Clinton (1972, cit. en Solomon 1986: 31) consideran las siguientes áreas:

Rama	Denominación	Nivel (grado esc.)
1	Conceptos numéricos	1,0,-7,9
2	Adición horizontal	1,0-4,4
3	Sustracción horizontal	1,6-4,4
4	Adición vertical	1,5-5,8
5	Sustracción vertical	1,6,-4,4
6	Ecuaciones	2,0-7,9
7	Medidas	2,0-7,9,
8	Multiplicación horizontal	2,6-5,8
9	Leyes de aritmética	3,0-6,8
10	Multiplicación vertical	3,5-7,8
11	División	3,5-7,8
12	Fracciones	4,0-7,9
13	Decimales	4,0-7,9
14	Números negativos	6,0-7,9

En esta tabla podemos observar como se descomponen los contenidos de matemáticas en una serie de áreas. Las áreas están programadas para establecer un encañamiento secuencial donde se da una progresión en la complejidad. Así mismo las áreas más simples sirven para generar las habilidades básicas que darán pie a las habilidades y conocimientos más complejos.

A lo largo de los años la programación de los contenidos de matemáticas ha tenido una serie de cambios, tendientes a incorporar nuevas áreas (Geometría) y experimentar con una programación ramificada de los bloques.

Por otra parte, los contenidos de lectura se programan de acuerdo a líneas. Una línea corresponde a una serie de ejercicios dirigidas al dominio de una aptitud necesaria para aprender a leer.

Las líneas programadas son:

- identificar letras
- reconocimiento de un número reducido de palabras escritas
- programación
- deletreo
- comprensión
- principios lingüísticos

Cada una de las líneas se define como una serie de problemas de la misma naturaleza operacional pero con una dificultad creciente. La línea está diseñada de acuerdo a una progresión lineal, es decir, el alumno debe obtener resultados satisfactorios para que se le autorice a pasar al siguiente ejercicio. El alumno le indica la corrección de su respuesta pero no le da explicaciones o una conceptualización acerca del ejercicio presentado. Esta restricción se debe al hecho de que el diseñador del programa ha de anticipar e identificar correctas por medio de esquemas concordantes de palabras-clave, prealmacenados.

Un ejemplo de una lección sobre adiciones para alumnos de cuarto grado es el siguiente:

Nivel 2:	$24 + \dots = 24$	
	$24 + 3 = \dots$	sumas 0-30
	$\dots + 2 = 25$	
Nivel 3:	$26 + \dots = 29$	sumas 0-40
	$40 + 0 \dots +$	
	$\dots + 4 = 38$	
Nivel 4:	$0 + 29 = 0 +$	
	$22 + 7 \dots + 142$	
	$33 + 1 = 7 + \dots$	
Nivel 5:	$(20+1) + 8 = 24 + \dots$	
	$(4+16) + 8 = \dots + 22$	
	$(14+11) + 2 = 18 + \dots$	

(Jerman y Brian 1968:210 cit. en Solomón (1986:30).

La secuencia instruccional utilizada en estas lecciones es sistemática y adaptable a las necesidades de cada alumno. Cada bloque inicia con una lección que sirve como prueba de entrada, enseñada, la computadora selecciona entre cinco lecciones de dificultad progresiva la que conviene al alumno, de acuerdo a su producción inicial.

El criterio de ejecución adecuada corresponde a un 80 % de respuestas correctas, pudiendo pasar entonces al nivel siguiente. Si el alumno da menos de 60% de respuestas correctas, se le hace descender al nivel precedente. Si da entre 60% y 80% permanece en el mismo nivel.

La retroalimentación que recibe el alumno, en caso de una respuesta correcta, es un mensaje de continuar. Cuando la respuesta es incorrecta, el mensaje es tratar de nuevo. El alumno sólo recibe una o dos oportunidades con un ejercicio semejante, antes de descender de nivel de dificultad. No existe una retroalimentación gráfica (figura o animación) que sirva como motivador al alumno.

La programación de las lecciones en el sistema Stanford está bajo el control de la computadora.

La computadora presenta los objetivos a cubrir y tiene programada una serie de actividades. Asimismo, la computadora controla el tiempo de presentación de los ejercicios y adecua su dificultad, a los progresos de los alumnos (Roblyer 1981).

b) Las Bases Psicológicas del Sistema Stanford.

Solomon (1986) afirma que el sistema Stanford está apoyado en una visión conductista del aprendizaje. En efecto, la formación filosófica de Suppes, orientada al neopositivismo, y su enfoque de como utilizar a la computadora para la enseñanza de las matemáticas coinciden con el conductismo.

El diseño de la programación de los cursos del sistema Stanford presenta dos rasgos básicos primero, tiende a una automatización de un área del conocimiento y una organización jerárquica de la misma con miras a su enseñanza y, segundo, la enseñanza descansa sobre el control que ejerce la computadora en el aprendizaje del alumno.

Hartley (1982) considera que estos sistemas se emparentan con una visión asociacionista del aprendizaje. De acuerdo con las teorías asociacionistas del aprendizaje, los comportamientos complejos que se desea adquiera un alumno pueden ser descompuestos en pequeñas partes, los contenidos son programadas para establecer asociaciones, a partir de un manejo de refuerzos (conocimiento de resultados) y de las condiciones de aprendizaje que minimicen los errores de los alumnos. Los contenidos son programados para que el alumno progrese a pequeños pasos, dando respuestas acertadas y rápidas.

En forma común, los contenidos son programados de manera jerárquica. La instrucción está programada para que el alumno pase por niveles sucesivos de dominio de los contenidos. De esta manera, se promueve un aprendizaje acumulativo donde el alumno debió dominar los niveles más sencillos antes de pasar por otros más complejos.

El sistema Stanford enfatiza, también, el control del comportamiento del alumno. La idea del control del comportamiento del alumno fue propugnada por la tecnología de la enseñanza de Skinner (1970). En la propuesta de Skinner son sintetizados un cuerpo de conceptos y procedimientos denominado enseñanza programada. La enseñanza programada es un esquema para hacer efectivo el uso del refuerzo y para hacer más eficaz la enseñanza.

La enseñanza consiste, de acuerdo a Skinner, en el modo como es traducido aquello que se desea enseñar al control de ciertas contingencias de reforzamiento. Lo importante es saber organizar las situaciones de manera que las respuestas dadas por los estudiantes se refuercen y aumente su probabilidad de emisión. Esto se consigue por medio de técnicas dirigidas a aumentar, ampliar o resaltar partes de los contenidos a enseñar.

La idea básica de la programación de la enseñanza es analizar una conducta compleja (tarea) y reducirla a las partes más pequeñas posibles, con el objetivo de facilitar su manejo. Después, presentarla en pequeñas etapas y dejar que el alumno la trabaje de acuerdo a su propio ritmo y, por último es necesario reforzar cada respuesta presentando la solución exacta, de manera que el alumno no pase a otra etapa sin terminar la previa.

Es conveniente hacer notar que Suppes considera más adecuada para el sistema Stanford a la teoría del muestreo de estímulos. Esta teoría concibe el aprendizaje en términos de conjuntos de estímulos y respuestas que pueden asociarse en términos probabilísticos. No existe una asociación simple uno a uno entre un estímulo y una respuesta. En consecuencia, Suppes enfatiza mucho el control que ejerce la computadora en la asociación correcta entre el estímulo y la respuesta perteneciente al alumno. El desarrollo de las distintas áreas y la puesta en práctica de las lecciones fueron los elementos básicos para ajustar y corregir los programas elaborados.

2. El sistema PLATO.

El sistema PLATO fue desarrollando inicialmente por D. Bitzer, en el año de 1960, en el laboratorio de ciencias de la Universidad de Illinois. Posteriormente, pasó a la dirección de R. Davis quien, como especialista en la enseñanza de las matemáticas, le dió su forma actual. El sistema PLATO fue reformulado a lo largo de los años (versiones I a V) y constituye uno de los sistemas de enseñanza asistida por computador más completos.

El hecho de que el sistema PLATO estuviera primero dirigido por ingenieros, como Bitzer, permitió el desarrollo de una serie de dispositivos innovadores que facilitaron enormemente las posibilidades de interacción del alumno con la computadora. Además, Davis conjuntó un equipo de colaboradores interesados en el diseño de cursos creativos y que apoyarán la reforma de la enseñanza de las matemáticas. A lo largo de más de veinte años el sistema PLATO se ha nutrido de la producción y experimentación de varios miles de programas. Así como de un involucramiento de profesores en la producción de sus propios programas.

El objetivo inicial del sistema PLATO fue construir un gran sistema informático de tiempo compartido que contará con una computadora central y terminales gráficas, las cuales apoyan una comunicación interactiva entre el sistema y los estudiantes. Las terminales fueron objeto de un diseño especial con una pantalla gráfica de plasma. Además les fueron incorporadas diversas opciones de la proyección de microfichas, salida de audio, modificación de las representaciones presentadas y la posibilidad de conectarse con otros estudiantes.

Este sistema se basa en el control de una computadora central dotada de la capacidad de memoria y rapidez necesaria para presentar lecciones o varias decenas de alumnos simultáneamente; donde, también, cada alumno puede tener control sobre su trabajo en la lección presentada, puede pedir una lección o cambiar otra y trabajar en una parte de la misma. La computadora, además, lleva un registro del desempeño de los alumnos, mantiene un registro actualizado de ellos y puede presentar un informe sobre su desempeño.

El equipo de cómputo que apoya a PLATO consiste en una red en estrella donde se cuenta con una minicomputadora central (C.D.P.) y se conectan a ella múltiples terminales. La conexión puede ser hecha por teléfono o por medio de cables especiales; aunque, también, se puede establecer comunicación por correo. Las instalaciones iniciales requerían de enormes inversiones y su operación tenía un costo elevado. Sin embargo, en la actualidad se han diseñado sistemas más versátiles y menos costosos (Solomon 1986).

El trabajo de Davis fue desarrollar un currículum de matemáticas para la enseñanza primaria y, después, otro para niños especialmente dotados. Además, se han desarrollado programas para primaria y secundaria en el área de lenguaje y artes. También se produjeron programas para un grupo de universitarios que traducían del ruso al inglés. Las posibilidades gráficas del sistema PLATO facilitan la escritura, la ejemplificación y corrección del trabajo.

a) Tipo de instrucción impartida en el sistema Plato.

El sistema PLATO proporciona una instrucción de tipo tutorial. La computadora está programada para desarrollar diálogos con el alumno y guiar así su aprendizaje. También se han diseñado lecciones que utilizan la simulación de procesos físicos. Un ejemplo de una lección es presentado más adelante. Si bien el alumno es guiado por las preguntas y opciones que se le presentan en la pantalla, él también puede seleccionar el tipo de actividad a realizar, puede controlar el movimiento en la pantalla y lo que está trabajando. La computadora le da una retroalimentación inmediata al alumno en forma de figuras de animación.

Davis está interesado en rescatar los elementos más valiosos de la interacción personalizada entre un maestro y un alumno. El diseño de los programas y la organización de los diálogos ha significado un reto formidable. La instrucción proporcionada por el sistema PLATO sigue un modelo tutorial de enseñanza, donde se enfatizado el proceso de diálogo entre el sistema y el alumno para que éste adquiera conocimiento. Aquí presenta una importancia central el lenguaje y el diseño de los diálogos, explicaciones y la argumentación desarrollada durante las lecciones.

El diseño de las lecciones en el sistema PLATO es sumamente elaborado. El compromiso de generar las lecciones desarrolladas como diálogo ha conducido a una diversidad de diseños instruccionales y, por supuesto, a una serie de ajustes dependientes de los éxitos alcanzados. El diseño de las lecciones ha tenido que conjuntar las soluciones a tres problemas:

- a) programar las lecciones de tal modo que coincidan las respuestas a preguntas de prueba con las respuestas presentadas cotéjandolas con las alternativas de palabras-clave establecidas por el autor.
- b) diseñar los diálogos que den continuidad al proceso de instrucción y, también, coordinarlo con opciones bajo el control del alumno.
- c) planear los consejos y ayudas que serán proporcionadas a los alumnos, tales que les permitan avanzar o modificar las decisiones de control (Hartley 1982)

Por otra parte, el sistema PLATO enfatiza las habilidades del alumno para que éste estructure sus lecciones. Las lecciones están diseñadas para presentar un índice que funciona como un menú donde el alumno puede elegir donde comenzar y, asimismo, se cuenta con un comando para solicitar ayuda.

Conforme se desarrolla la lección, la computadora proporciona una retroalimentación al alumno sea por medio de mensajes donde lo corrige o por medio de figuras animadas.

Es conveniente mencionar que el uso de las posibilidades gráficas de los materiales de PLATO se ve apoyado en la disponibilidad de lenguaje tutor. El lenguaje tutor es un lenguaje para producir material instruccional, siendo más completo que un lenguaje de programación pero más fácil de utilizar.

Ahora bien, pasando al plano de como concibe Davis la enseñanza, tenemos que el sistema PLATO alienta una vinculación del conocimiento escolar con la vida cotidiana del niño. La estrategia básica de enseñanza consiste en tomar como punto de partida la experiencia cotidiana de los niños. El diseño de las lecciones tiene como base la presentación de ejemplos concretos. De esta manera se genera un involucramiento mayor del alumno y éste puede aprender haciendo cosas sobre la pantalla. Davis plantea que el sistema PLATO promueve un aprendizaje por descubrimiento en los alumnos. Solomon (1986) hizo una descripción detallada el currículum de matemáticas básicas del sistema PLATO. Este currículum presenta tres áreas:

- 1) aritmética con números enteros.
- 2) números fraccionarios y decimales y;
- 3) gráficas (variables, funciones y ecuaciones)

Las áreas se componen de varias lecciones pudiendo variar en su estilo (didácticas, presentación de nociones, juegos y ejercicios).

Las sesiones duran media hora y se dividen en tres fases: primera, una revisión del material trabajado anteriormente, segunda, introducción a la nueva lección; y tercera, juegos y diversiones. Las áreas que componen el currículum se dividen en subáreas siguientes:

- 1) aritmética con números incluye:
 - significado de las operaciones.
 - técnicas de cálculo y prácticas.
 - algoritmos.
 - valor y posición.
 - cambios de nombre y símbolos.
 - problemas formulados verbalmente
- 2) números fraccionarios y decimales incluye:
 - significado de las fracciones y las decimales.
 - fracciones equivalentes.
 - suma, resta, multiplicación y división de fracciones.
 - números de fracciones.

- significado de números de fracciones.
- aproximaciones heurísticas a la resolución de problemas.
- 3) gráficas, variables funciones y ecuaciones incluye:
 - números enteros y racionales, positivos, negativos y el cero.
 - variables y sentencias abiertas.
 - exponentes.
 - gráficas.
 - representación de funciones por medio de gráficas, cuadros y fórmulas.

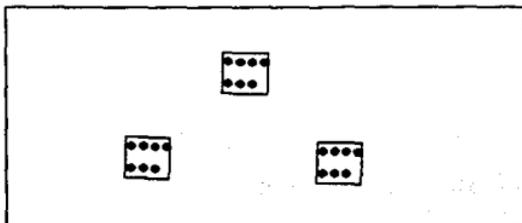
Un ejemplo breve de una lección PLATO es la de los sellos. El objetivo de esta lección es introducir al alumno en las nociones de suma y multiplicación. Subraya la correspondencia entre un cuadro y una formulación numérica.



(La cartulina es así)

Pulsar - BORRAR-
para borrar una CARTULINA

PAPEL



¡ Bien ! Has hecho 3 cartulinas de siete rombos.

¿ cuántos puntos hay en el papel?

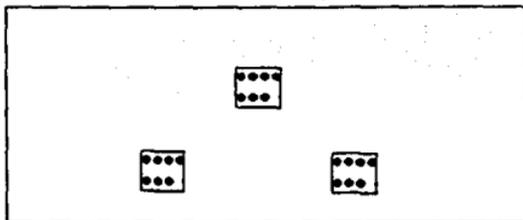
> 21



(La cartulina es así)

Pulsar - BORRAR-
para borrar una CARTULINA

PAPEL



¡ Bien ! Has hecho 3 cartulinas de siete rombos.

¿ cuántos puntos hay en el papel?

> 21 puntos bien!

Por favor formula una operación de suma a partir de este cuadro > $7+7+7=21$
¡Bien! pulsa -OTRO- para obtener un nuevo ejercicio

(Solomon 1986; 65)

b) Las Bases Psicológicas del Sistema PLATO

La influencia de Davis en el desarrollo del sistema PLATO fue fundamental. Esta influencia se puede sintetizar en dos aspectos; primero, sus ideas acerca de la enseñanza de las matemáticas y, segundo, sus planteamientos acerca del aprendizaje y el desarrollo del niño.

Davis fue uno de los pioneros de la reforma de la enseñanza de las matemáticas en la educación básica. El considera que el currículum escolar está separado de la experiencia cotidiana de los niños y promueve un aprendizaje memorístico de conceptos y algoritmos. La enseñanza de las matemáticas debe, por el contrario, acercarse al conocimiento del niño y seleccionar ejemplos de la experiencia cotidiana donde sean útiles las matemáticas.

El diseño de un currículum, junto con nuevos materiales y una formación de profesores adecuada, permitiría que los alumnos aprendan las matemáticas utilizándolas. Las matemáticas deben ser enseñadas en un ambiente que propicie un pensamiento matemático. Los alumnos tendrían que contar con los elementos para que ellos descubran las leyes de las matemáticas. En consecuencia, Davis propone ampliar el currículum de matemáticas para incorporar el álgebra, la geometría analítica, las representaciones gráfica y funciones; en todas estas áreas la aritmética encuentra un campo de aplicación. Estas ideas de reforma educativa fueron maduras y experimentadas durante varios años en el proyecto Madison que dirigió Davis. Posteriormente, fueron retomadas y adaptadas a las posibilidades más amplias de un sistema como PLATO.

Por otro lado, en consonancia con las ideas previas, Davis desarrolla una conceptualización del aprendizaje por descubrimiento. En el aprendizaje por descubrimiento se considera que los niños cuentan con una mente activa y elaboran la organización de su conocimiento. Cuando el niño llega a la escuela, cuenta con una buena experiencia acerca del mundo y el currículum debe acercarse a este conocimiento para no separar la escuela de la experiencia cotidiana. Los niños pueden mejorar sus aprendizajes si cuentan con un ambiente estimulante donde ellos aprenden actuando sobre las cosas.

El aprendizaje por descubrimiento es la forma más natural de aprendizaje. La escuela deberá proporcionar al alumno las situaciones y materiales para que él descubra los conceptos, las leyes y principios del conocimiento, sea matemático o físico.

Los profesores tendrían que modificar su papel en la enseñanza. Ellos se transformarían en guías y consejeros de los alumnos. Los profesores se ocuparían de la organización de las lecciones y estarían al pendiente de las necesidades y ayuda que requiera un alumno. El sistema PLATO sería una de las ayudas más importantes que estarían a disposición del profesor y de los alumnos. Además deberían dirigir sus esfuerzos hacia la promoción de una enseñanza inventiva y alentar los descubrimientos de sus alumnos.

Las ideas anteriores han sido desarrolladas por Davis a lo largo de más de veinte años.

Evidentemente, estas ideas guardan muchas relaciones con las discusiones y desarrollo teóricos de esos años. De hecho, Davis afirma que sus ideas se han nutrido de los trabajos de autores como Piaget, Polya, Papert y Bruner. Sin embargo, también conviene tener presente las aportaciones propias y el enriquecimiento derivado de su puesta en práctica. En consecuencia, las ideas educativas y psicológicas de Davis presentan un interés mayor en aspectos prácticos más que en una coherencia conceptual. La teoría puede iluminar algunos elementos en el desarrollo de una propuesta de este tipo pero, sin embargo, sólo un trabajo práctico puede hacer consistente a una propuesta y salvar los obstáculos que se presentan.

Los obstáculos más comunes tienen que ver con la reorganización de cuerpos de conceptos matemáticos y su vinculación con las experiencias cotidianas de los niños, así como el desarrollo de una formación adecuada de los docentes a las características de la enseñanza asistida por computadora.

3. El sistema SOLO

El sistema SOLO fue iniciado a principios de la década de los 70s en la Universidad de Pittsburgh. En principio, estaba dirigido a la producción de materiales curriculares en computadora para reorganizar la enseñanza de las matemáticas en el nivel de secundaria. El sistema consistió en la organización de cinco laboratorios que sirvieran como un vínculo para organizar el contenido de la enseñanza. Los esfuerzos estuvieron dirigidos hacia la organización de dichos contenidos y en el desarrollo de habilidades para la solución de problemas en la áreas de programación de computadoras, el desarrollo de modelos y el diseño de simulaciones en computadora. Así mismo, fueron desarrollados programas para aplicar conceptos matemáticos en la enseñanza de la música y las ciencias naturales.

Desde el principio, el sistema SOLO estuvo enfocado en la exploración de formas donde el alumno programa la computadora. El lenguaje de programación utilizado fue el BASIC. Posteriormente, el sistema SOLO quedó a cargo de T. Dwyers quien dirigió los laboratorios SOLOWorks.

Estos laboratorios ampliaron los trabajos previos hacia el desarrollo de diversos dispositivos de entrada -salida que apoyarán la interacción del alumno -máquina. Entre los dispositivos diseñados se encuentran los robots controlados por la computadora, extraterrestes, en órgano musical, un simulador de vuelo y gráficas de color.

El equipo de computación empleado fue una minicomputadora PDP-8, en sistema de tiempo compartido, y terminales múltiples para los alumnos y profesores. Después fueron adaptados muchos de los programas producidos para utilizarse en microcomputadoras. La difusión del sistema SOLO se vio favorecida por dos factores: primero, la disponibilidad cada vez mayor, a bajo precio, de microcomputadoras y, segundo, el hecho de que la gente considera valioso el programar una computadora.

El sistema SOLO está orientado hacia la práctica e intenta apoyar la labor docente de los maestros. De aquí, entonces que se otorga gran importancia al papel de los maestros en la incorporación de las computadoras en la escuela.

a) Tipos de Instrucción Impartida en el sistema SOLO

La utilización propugnada por Dwyer de las computadoras en la enseñanza está muy influida por su filosofía educativa. Consideramos que un esbozo de esta filosofía es necesaria para enmarcar su trabajo en la enseñanza.

Dwyer (1974) afirma que la utilización de las computadoras en la enseñanza es una vía para innovar a la educación. El concede una gran importancia a esta tecnología para desarrollar un aprendizaje autónomo en los alumnos, un aprendizaje donde los alumnos puedan servirse de las computadoras como una herramienta y hacer uso de sus potencialidades para aprender proyectos propios. El interés en fomentar un aprendizaje autónomo se corresponde con una concepción de la educación como liberadora del potencial humano.

Dwyer concibe a la educación como aquello "que libera el potencial humano y de esta manera a la persona" (Dwyer 1974:18). La definición anterior puede traducirse, en términos prácticos, en como hacer que las personas tengan control sobre su vida. La meta de la educación sería lograr un "control liberador" de las personas sobre su ambiente y sobre si mismos. En este contexto, es posible distinguir dos formas de plantear una filosofía educativa en la enseñanza: una algorítmica y otra heurística.

En un enfoque algorítmico de la enseñanza se definen secuencias de actividades para lograr metas determinadas previamente. Aquí se busca estructurar un proceso y precisar los resultados. El maestro se conduce como un transmisor de conocimientos.

El enfoque heurístico se caracteriza por emplear procedimientos abiertos donde no están especificados por completo los resultados ni la secuencia. No obstante, el enfocar a la enseñanza en las estrategias heurísticas permite una dirección y un control. Las estrategias heurísticas son guías que ayudan en la toma de decisiones y en la realización de los descubrimientos en tanto dejan abierto el universo de objetos donde operan. Dwyer está interesado en utilizar las posibilidades de la computadora dentro de un enfoque heurístico de la enseñanza; donde el alumno controla y programa la computadora.

Así mismo, él distingue entre una concepción autoritaria de la enseñanza frente a una de respeto por el alumno. La primera cumple una función importante cuando hay una herencia significativa que debe examinarse y es enfatizado el valor del conocimiento acumulado. La segunda se ocupa de desarrollar modelos de experiencia para nuevos aprendizajes.

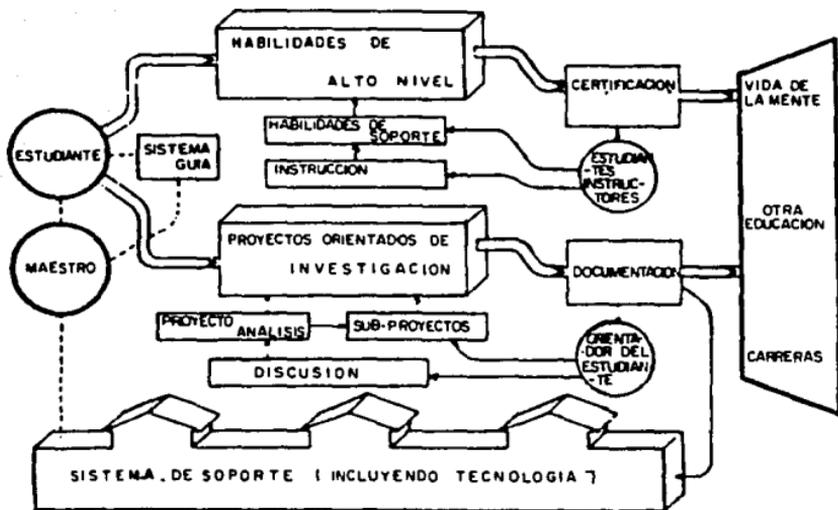
La concepción de respeto por el estudiante podemos ejemplificarla con una de las metáforas favoritas de Dwyer: el aprendizaje para pilotear un avión. En un primer momento, el instructor de vuelo dirige al aprendiz y le trasmite su conocimiento acerca del avión y como conducir un vuelo. El estudiante aprende a verificar los instrumentos, obedecer el control aéreo de tráfico, identificar la velocidad del aire, etc.. Esta información es una herencia útil para desarrollar un aprendizaje. Dwyer la denomina una forma dual de la enseñanza. Posteriormente, el estudiante pasa a una forma de aprendizaje SOLO. El modo SOLO consiste en desarrollar sus propios modelos de como usar este legado de conocimientos en nuevas situaciones, como puede ser realizar un aterrizaje. La tarea del instructor no es decirle al estudiante como aterrizar sino ayudarlo para que construya su modelo de como hacer el aterrizaje.

Dwyer propone que una situación donde el estudiante controla a una computadora es como el modo SOLO, en tanto que la instrucción asistida por computadora corresponde al modo dual. El propugna una utilización de la computadora como un medio para que el estudiante desarrolle y pruebe sus propios modelos. Esta filosofía educativa enmarca y justifica el trabajo realizado en el sistema SOLO.

En cuanto a la instrucción impartida tenemos que el sistema SOLO fue desarrollado con una fuerte orientación práctica. Las consecuencias principales de esta orientación fueron: primera, un trabajo intenso con los maestros para que pudieran utilizar la computadora como una herramienta de apoyo en sus cursos; y, segunda, retomar lo que existía en cuanto equipo de computación (sistemas de tiempo compartido) y lenguajes de programación (BASIC). Dwyer, al ser un hombre de acción, se preocupó por como empezar de inmediato y probar sus ideas educativas. El sistema SOLO estuvo orientado hacia una enseñanza de la programación y la utilización de la simulación para aplicar conceptos matemáticos y, después, se extendió a las ciencias naturales y a la música.

El tipo de instrucción que alienta SOLO puede ser caracterizado como exploratorio o heurístico. El maestro adopta un esquema donde se trabaja con un concepto, sea matemático o físico, y alienta al alumno a trabajar sobre éste utilizando la computadora. El alumno puede retomar este objetivo o reformularlo y genera un programa o un modelo donde aplicar un concepto. La disponibilidad de un entorno con una tecnología tan poderosa y a disposición del alumno, es una condición necesaria para un aprendizaje autónomo.

El diseño de los laboratorios SOLOWorks puede servirnos para ejemplificar la instrumentación de las ideas previas en la práctica. Dwyer organizó el programa de matemáticas para apoyarse en cuatro laboratorios de computadoras: dinámica, modelación, simulación y síntesis. Cada uno de los laboratorios estaban enfocados en la consecución de habilidades de solución de problemas y la prosecución de proyectos de investigación. El define un proyecto como cualquier empresa donde los resultados no están completamente predeterminados. La secuencia instruccional que sigue está representada en la figura siguiente:



Organización de los Laboratorios Soloworks.

(Reproducido de Dwyer 1974:12)

El maestro adopta aquí un papel de "facilitador sapiente". Los maestros son formados para que adquieran una experiencia directa con las computadoras y sean buenos en algunas de las habilidades relacionadas con el trabajo en los laboratorios.

Los laboratorios están formados por materiales curriculares y tecnología estimulante. El laboratorio de computadoras aborda aquellos aspectos de las matemáticas relacionadas con algoritmos y el manejo de la computadora. Las habilidades desarrolladas aquí son programar a la computadora, hacer programas para inventarios, manejo de datos, dibujar curvas matemáticas, etc..

El laboratorio de dinámica enfoca a las matemáticas que describen procesos desarrollados en el tiempo como, por ejemplo, la simulación de un vuelo en un avión. Un proyecto que podrían hacer dos alumnos sería hacer lecturas de la altitud, velocidad y tiempo de vuelo, traducir estos datos a un código digital y escribir un programa que siga la ruta del simulador.

El laboratorio de modelación -simulación usa las matemáticas como una herramienta para generar modelos de la realidad susceptibles de ser estudiados y manipulados. Algunos ejemplos de modelos son: puentes, elevadores, modelos de alunizaje, nichos ecológicos. Las habilidades desarrolladas corresponden a las de un matemático aplicado.

El laboratorio de síntesis se relaciona con métodos matemáticos que hacen uso del principio de superposición generando efectos complejos agregando un efecto sobre otro. Así, por ejemplo, el "monstruo musical" donde se alientan habilidades asociadas con la composición y diseño de los medios audiovisuales (Dwyer 1974:15).

La descripción anterior nos proporciona una idea general acerca del ambiente tecnológicamente rico donde los alumnos aprenden con las computadoras. Conviene resaltar, también, que los maestros juegan un papel central en el desarrollo del trabajo. El sistema SOLO alienta a los maestros para que se vuelvan expertos en una área de trabajo y apoyen el desarrollo de los proyectos formulados por los estudiantes. De esta manera, los alumnos serán motivados por los maestros en quienes reconocen un conocimiento sobre algo que les interesa. Dwyer (1975) comenta que realizó un programa fuerte de formación para maestros donde los introdujo al sistema SOLO y los apoyó para utilizarlo creativamente.

Los maestros fueron formados para que desarrollaran actitudes creativas, con la visión de que son investigadores que exploran sus ideas, no técnicos que instrumentan las ideas de otros.

b) Bases Psicológicas del sistema SOLO

Las bases psicológicas del sistema SOLO son múltiples y difíciles de precisar. Dwyer pasa de una serie de ideas generales, que conforman su filosofía educativa, a la discusión de cuestiones prácticas sobre la enseñanza, sin detenerse a elaborar o describir las teorías o nociones psicológicas que fortalezcan su trabajo. Solomon (1986) considera que las ideas de Dwyer tienen su fuente en experiencias personales y en el trabajo práctico. El bagaje psicológico teórico que despliega es más bien general y ecléctico. Por una parte, retoma muchos elementos acerca de la solución de problemas (Newel y Simon, Polya), y por la otra, retoma ideas de Piaget, Papert y Rogers.

La idea que desarrolla acerca de un aprendizaje autónomo tiene mucha afinidad con las formulaciones teóricas de Piaget y Papert. Dwyer constantemente apela a un aprendizaje realizado a partir de la acción del niño sobre el objeto. La elaboración de un programa es una actividad donde el niño establece una distinción entre una meta y una serie de medios para alcanzarla. Las versiones sucesivas de un programa nos pueden informar acerca de como el niño modifica sus representaciones de un problema.

El enfoca a la programación como un problema a solucionar o un reto. Dwyer retoma las ideas de Piaget y de Newel y Simon. Estos tres autores consideran que el conocimiento se desarrolla a partir de estados de desequilibrio y la consecución de un estado más estable. El tipo de soluciones que genera un sujeto nos permite apreciar ciertos niveles de desarrollo intelectual o el dominio de una estrategia para solucionar ciertas clases de problemas.

Las ideas de Polya y de Newel y Simon se expresan en las reflexiones de Dwyer en tomo a un aprendizaje exploratorio. El aprendizaje exploratorio puede concebirse como una forma de alentar al niño a desarrollar su inventiva. La solución de un problema difícilmente puede llegar a partir de un método rígido o un algoritmo, la solución de un problema requieren una reflexión y una mente abierta para ensayar diversas tentativas de solución. Precisamente, podemos poner a disposición del niño una serie de reglas heurísticas o formas tentativas de solucionar un problema. La disponibilidad de un medio estimulante y las orientaciones que puedan dar los profesores a los alumnos son condiciones necesarias para desarrollar un razonamiento heurístico.

Por último, la promoción de respeto hacia el alumno tiene que ver con las formulaciones de Rogers, quien afirma que siempre que estamos involucrados en una tarea de enseñanza, lo importante no es el aprendizaje desarrollado sino la persona que aprende. Esta idea empalma muy bien con la propuesta de Dwyer acerca del modo de aprendizaje dual. En un aprendizaje dual el maestro enseña algo valioso al alumno y lo guía hasta que lo domina. De esta manera, se hace necesaria la labor del maestro en un aprendizaje socialmente guiado.

4. El sistema LOGO

El sistema Logo fue desarrollado en el Instituto Tecnológico de Massachusetts a principios de los años 70s. Logo fue diseñado, inicialmente, como un lenguaje de programación basado en el manejo de listas para estudiantes. Este tipo de lenguajes cuentan con la capacidad para definir sus propios comandos y generar procedimientos muy flexibles para el manejo de datos. Las enormes posibilidades técnicas de estos lenguajes las hacen adecuados para la investigación en Inteligencia Artificial. La incorporación de S. Papert al equipo Logo redefinió el campo educativo, que abarco este proyecto.

Papert es un matemático interesado en la enseñanza de las matemáticas y, también, en estudios acerca de como conocen los niños. El estuvo un par de años colaborando con Piaget en sus investigaciones sobre el desarrollo del conocimiento matemático. A su regreso a los Estados Unidos de América, Papert se incorporó al grupo Logo y se interesó por estudiar la forma como la enseñanza de la programación, con el lenguaje Logo apoyaba al pensamiento matemático de los niños. El considera que las matemáticas son enseñadas en una forma memorística y abstracta. Las matemáticas ya no pueden ser enseñadas como definiciones de conceptos y algoritmos para resolver problemas separados de la experiencia infantil. La disponibilidad de las computadoras y de lenguajes como Logo permite desarrollar unas nuevas matemáticas donde el niño desarrolla ideas poderosas para pensar acerca de la vida, que ayuden a organizar el conocimiento y con aplicaciones en las actividades cotidianas.

Papert desarrolla la metáfora de la computadora como un país de las matemáticas. El control que tiene el niño sobre la computadora le permite usarla como un instrumento para expresar en términos matemáticos sus experiencias cotidianas. El niño aprende a desarrollar su pensamiento matemático en una forma semejante a como aprendió a hablar: en una forma natural y aprovechándose de la corrección inmediata de sus errores. El lenguaje Logo sirve entonces como un medio de aprendizaje (Papert 1972).

El sistema Logo está constituido por el propio lenguaje de programación y una serie de dispositivos como la tortuga, trazadores, generadores de música, etc.

La incorporación de un dispositivo gráfico como la tortuga hace que Logo tenga enormes facilidades para trazar líneas y generar figuras en la pantalla. La popularidad de la tortuga ha conducido a identificar a Logo con la propia tortuga. La tortuga consiste, comúnmente, en un triángulo que se desplaza por la pantalla y deja un trazo tras de sí.

Papert (1980) afirma que la geometría susceptible de ser manejada por los niños con la tortuga y el lenguaje Logo representa una innovación en la enseñanza de las matemáticas. La geometría de la tortuga consiste en elaborar un programa para que la tortuga trace una figura. Los programas consisten en descripciones para que la

tortuga se desplace. La elaboración de los programas y la retroalimentación inmediata permite al niño darse cuenta de sus errores, corrigiéndolos en nuevas versiones de un programa. La geometría de la tortuga es un entorno de aprendizaje donde se alienta al niño a pensar como un matemático. El niño puede recurrir a su propio conocimiento del medio y utilizarlo para generar programas. La elaboración de programas permite un manejo intuitivo de ciertos conceptos matemáticos y el desarrollo de un pensamiento organizado y planeado (Solomon 1982)

a) Tipo de instrucción impartida en el sistema Logo.

El sistema Logo no lo podemos considerar como una propuesta de enseñanza asistida por computadora. El sistema Logo está dirigido hacia la enseñanza de la programación. Las características técnicas del lenguaje Logo hacen posible que sea el niño quien controla a la computadora. El niño aprende a programar a la computadora como si esta fuera un "condiscípulo" menos aventajado, el niño tiene que "enseñarle" a la tortuga como hacer una figura. En el proceso de "enseñarle" a la tortuga, el niño elabora un programa donde se describe un procedimiento a ejecutar por la tortuga. En seguida, presentaremos una descripción de un programa elaborado con Logo.

Una de las situaciones iniciales que se les plantea a un niño es como hacer un cuadrado.

Comenzamos explicándole al niño como darle ordenes a la tortuga y, en seguida, mostrarle como la tortuga traza una línea en la pantalla. La tortuga se mueve, por ejemplo, 10 pasos si le damos la orden ADELANTE 10. La orden DERECHA 90 hará que la tortuga gire noventa grados a la derecha. Al repetir el niño cuatro veces estas instrucciones aparecerá en la pantalla un cuadrado.

El involucramiento del niño en el diseño de estos dibujos no sólo da una retroalimentación de la planeación realizada por el niño, también permite que este aprenda cosas acerca de las propiedades de las líneas, ángulos y distancias.

El niño puede denominar "cuadrado" a este procedimiento y conservarlo. De esta manera, cada vez que escriba "cuadrado" aparecerá dibujada esta figura. Posteriormente, puede utilizar este procedimiento y usarlo para generar figuras más compleja. Como, por ejemplo, el dibujo de una casa. Así mismo, puede juntar dos cuadrados grandes y uno pequeño a los cuales dibuja círculos más pequeños y tener el dibujo de un "camión". El niño puede juntar el procedimiento "casa" y "camión" e incorporarle otros procedimientos y generar el dibujo de un pueblo. La elaboración de estos dibujos es una tarea de programación. El niño aprende a programar y lo hace de una manera sencilla. El tiene que ser capaz de dar instrucciones precisas a la computadora, desarrollando sus capacidades de planificación de sus acciones (Solomon 1986) (Un ejemplo de los programas y dibujos generados se encuentran en la siguiente figura.

Un programa de computador para dibujar esta flor utiliza la observación geométrica de que los pétalos pueden ser descompuestos (¡hecho sorprendente!) en dos cuartos de círculo. Supongamos que podemos disponer de un procedimiento, denominado `to circle`, cuyo efecto aparece en los ejemplos. Algunos muestran las posiciones iniciales y finales de la tortuga, pero otros no.



```
QCIRCLE 50
```

```
QCIRCLE 50
```

Veamos ahora como se construye un petalo

```
To petal: size
```

```
1qcircle:size
```

```
2 right 90
```

```
3qcircle:size
```

```
end
```

```
petal 100
```

```
to flower: size
```

```
flower 100
```

```
stem 100
```

```
1 petal: size
```

```
2 petal: size
```

```
3 petal: size
```

```
4 petal: size
```

```
end
```

```
to stem:size
```

```
1right 180
```

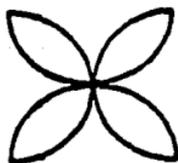
```
2 forward 2*:size
```

```
3 right 90
```

```
4 petal:size/2
```

```
5 forward:size
```

```
end
```



to plant: size

plant 50

- 1 pendown
- 2 flower: size
- 3 stem: size
- 4 penup
- end

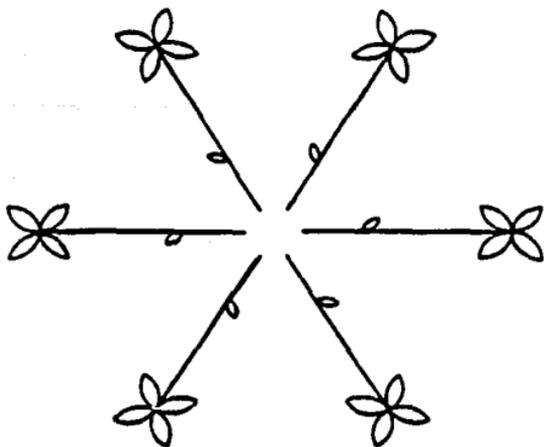
permitasenos ahora jugar un poco.

to hexaflower: size

- 1 right 90
- 2 forward 4*size
- 3 plant: size
- 4 forward: size
- 5right 30
- 6 hexaflower: size

end

hexaflower (Papert 1972:141)



Por otra parte conviene añadir que el niño puede corregir los programas elaborados. De esta manera el niño, se da cuenta de que ciertas instrucciones no dan el resultado planeado. El puede modificar las instrucciones hasta encontrar el error. Este proceso de perfeccionamiento de un programa es denominado depuración. Así, por ejemplo, cuando un niño pinta un rectángulo, que representa una casa, y desea colocar encima un triángulo a modo de techo pero no coordina la colocación y el triángulo sale encima o de lado. El niño puede variar las instrucciones hasta encontrar el error y realizar lo planeado.

Además de la geometría de la tortuga, el sistema Logo cuenta con otra serie de posibilidades técnicas para el manejo de datos, de listas, la simulación de fenómenos físicos, realización de cálculos matemáticos, poesía instantánea, etc.

El sistema Logo goza de una amplia utilización con los niños del nivel educativo de preescolar y de primaria. No obstante, también es utilizado a nivel de educación preparatoria y universitaria. Las características del lenguaje Logo lo hacen sumamente flexible y adaptable para múltiples tipos de utilización. En particular, resulta adecuado para la simulación de modelos y la investigación en inteligencia artificial.

b) Bases Psicológicas del sistema Logo.

Antes de comentar las bases psicológicas del sistema Logo es pertinente dar un rodeo para acercarnos a su filosofía educativa. Podemos caracterizar a esta filosofía como revolucionaria. En efecto, su trabajo con el sistema Logo lo ha conducido a una crítica de la escuela y a una valoración positiva de la cultura computacional que se está gestando. Papert (1980) considera que la escuela y los conocimientos que transmite están marcados por su disfuncionalidad (no guardan relación con la vida diaria y se encuentran desfasados de los cambios sociales) y su anacronismo (la generación de conocimientos actual hace que los conocimientos enseñados se tomen caducos en diez o doce años). La escuela tiene que abandonar su papel conservador y transformarse en un lugar de recreación del conocimiento. La escuela debe abandonar las prácticas de transmisión verbal del conocimiento para orientarse hacia el desarrollo de un aprendizaje constructivo, un aprendizaje donde el alumno reconstruye el conocimiento y se lo apropia significativamente. La escuela debe ofrecer al niño las condiciones para reconstruir los conceptos y explorar su propio modo de razonamiento.

La creciente difusión e incorporación de las computadoras en los intercambios sociales marcan la entrada a una cultura computacional. La computadora se torna en un instrumento de interacción social y, al mismo tiempo, en una herramienta para acceder a una enorme cantidad de información disponible.

En tanto la escuela no incorpore a las computadoras, la escuela retardará el contacto de los alumnos con un elemento básico de la cultura computacional.

Papert (1980) afirma que sistemas como Logo pueden ayudar a un cambio revolucionario en la enseñanza. El cambio que propugna Papert tiene que ver no sólo con una reelaboración del currículum, en áreas tan importantes como las matemáticas y las ciencias naturales así como en las formas de enseñanza e interacción maestro -alumno, sino también en la eliminación de las barreras institucionales que separan a la escuela de otros ámbitos de la vida social. La cultura computacional requiere de un aprendizaje autónomo donde el alumno sepa como resolver problemas en vez de un aprendizaje memorístico basado en la repetición de conocimientos. Así mismo la escuela debe acompañarse con los cambios sociales y abrirse a las demandas de una cultura basada en el manejo de la información.

Las computadoras son un elemento de la cultura computacional que puede servir para transformar los métodos de enseñanza y los contenidos curriculares. Papert considera que la geometría de la tortuga constituye un buen ejemplo de como introducir a los alumnos en el manejo de conceptos matemáticos poderosos (procedimiento, recursión, modularidad)

Las bases psicológicas del sistema Logo se encuentra en la Psicología Genética y en la Inteligencia Artificial. Papert (1980) propone que sistemas como Logo son un

entorno de aprendizaje rico y estimulante para un aprendizaje autónomo. La idea del aprendizaje autónomo es retomada de las investigaciones de Piaget acerca de como el niño construye su conocimiento; el niño conoce a partir de su acción sobre los objetos. A diferencia de Piaget quien plantea un aprendizaje natural y sin una guía directa, Papert piensa que el medio social juega un papel fundamental no solo en la dirección de los aprendizajes si no, también, en términos de los conceptos y contenido aprendidos.

Papert retoma, asimismo, la idea del sujeto como constructor de sus estructuras de conocimiento de la psicogenética. Sin embargo, a Papert no le interesa estudiar el proceso de construcción del conocimiento per se sino el desarrollo de un nuevo tipo de enseñanza. Este interés educativo conduce a Papert a concentrarse no solo en los procesos cognitivos sino, también, explorar vías que los unifiquen con los procesos afectivos. La interacción que propicia el sistema LOGO del niño con la computadora es una interacción directa, natural y no punitiva. Esto conduce a un incremento del interés y atención del alumno y, secundariamente, a unificar los aspectos afectivos y cognoscitivos.

Adicionalmente, papert alienta una metaforización de la actividad de programación utilizando metáforas como la de la tortuga, de duendes que ejecutan ordenes, etc.

Por último, en oposición a Piaget, Papert desdibuja la distinción que hizo Piaget entre el pensamiento concreto y el formal. Los programas que elaboran los niños se basan en ideas matemáticas intuitivas que, poco a poco, adquieren una expresión formal como un procedimiento. La elaboración de programas como Logo hace posible una planeación del pensamiento infantil y su expresión mediante un procedimiento formal.

En cuanto a las ideas que Papert (1980) retoma de la inteligencia Artificial, podemos anotar la de micromundos. En efecto, los entornos de aprendizaje desarrollados con Logo son un micromundo o un espacio problema. Los micromundos consideran en su definición:

- la definición de una situación problema simple, formulada de manera intuitiva al alumno,
- la disponibilidad de una serie de recursos y reglas para abordar la solución de un tipo de problema; y
- el desarrollo de un plan de acción y su depuración para alcanzar la solución o meta.

Por otra parte, las propias características de lenguaje Logo hacen posible que el alumno se familiarice con conceptos matemáticos utilizados en la Inteligencia Artificial como: procedimiento (descripción de secuencias de pasos), recursión (repetición de un procedimiento) y modularidad (dividir un problema complejo para resolverlo en partes más simples). Papert piensa que estos conceptos pueden ser manejados por los alumnos y que apoyan una forma de pensamiento matemático.

Una vez revisados los cuatro sistemas anteriores, consideramos conveniente hacer algunos comentarios sobre la enseñanza asistida por computadora. En una forma general, podemos constatar un desarrollo diverso y el sostenimiento de trabajos durante muchos años. Los distintos sistemas y las diferentes estrategias instruccionales son una buena evidencia de ésto. Sin embargo, creemos conveniente llamar la atención sobre varios problemas no resueltos de modo satisfactorio en estos sistemas. En primer termino, la utilización de las computadoras en la enseñanza ha sido hecha en términos prácticos. La incorporación de ciertas ideas teóricas, psicológicas y educativas han sido un producto derivado de los logros alcanzados. Aunque pueden haber sido estas ideas teóricas un elemento que sirviera para iluminar algunos aspectos de estos trabajos.

En segundo lugar, no se cuenta con una reflexión educativa sistemática que permita organizar y conjuntar los distintos sistemas y sus respectivos aportes a la enseñanza con computadoras. El trabajo de Solomon (1986) aporta elementos valiosos para sistematizar esta reflexión educativa.

En tercer lugar, se hacen necesarios una serie de trabajos de evaluación educativa acerca de estos sistemas de enseñanza. Pensamos que cada uno de los sistemas revisados posee una serie de bondades educativas y no se puede descartar fácilmente. Sin embargo, es necesario contar con información acerca de la efectividad de una u otra estrategia instruccional, la adecuación a ciertos contenidos o nivel educativo, las necesidades específicas de formación de los maestros, la articulación con un tipo de currículum vigente, etc. Esta serie de cuestiones no pueden tener una respuesta fácil y requieren de un trabajo de evaluación educativa que no está disponible aún.

Por último, pensamos que existe un desfase entre los desarrollos teóricos actuales, sea de las teorías psicológicas o de la investigación sobre aprendizajes escolares, y el recurso a ciertas ideas teóricas en los sistemas analizados. Estos sistemas se han apoyado en modelos teóricos formulados antes de los años 70s, pero no en los desarrollos contemporáneos. Consideramos que la psicología contemporánea aporta ideas y conceptos teóricos poderosos susceptibles de apoyar a la enseñanza asistida por computadora. En el capítulo cuatro serán expuestas algunas ideas y argumentada su relevancia para el diseño de paquetes educativos por computadora. Por supuesto estas ideas y conceptos teóricos deben estar acordes con la organización interna de la disciplina y los resultados de la investigación en esta área.

Capítulo III

La enseñanza de las ciencias naturales y la computadora como un medio didáctico

En este capítulo abordaremos el análisis de algunas cuestiones curriculares en torno a la enseñanza de las ciencias. Consideramos que esta área del currículum escolar se puede beneficiar ampliamente de las potencialidades didácticas de las computadoras. Como describimos en el capítulo anterior, la enseñanza de las matemáticas fue el principal foco de interés de los sistemas Plato, Solo y Logo.

En estos sistemas fue realizado un trabajo serio y de largo alcance para apoyar por medio de la computadora a la enseñanza de las matemáticas.

Ahora consideramos pertinente hacer un análisis sobre la currícula de ciencias naturales, para después, precisar las posibilidades didácticas de las computadoras. La discusión de las tendencias en la enseñanza de las ciencias y una breve descripción de la investigación educativa en esta área, constituye un contexto necesario para, posteriormente, formular una propuesta donde sean utilizadas las computadoras en la enseñanza de las ciencias naturales.

La enseñanza de las Ciencias Naturales

Las Ciencias Naturales han pasado de tener un lugar relegado en la educación a ser uno de sus pilares. A finales de la década de 1950, en los Estados Unidos de América, adquieren un lugar importante en tanto es reconocida la enorme brecha existente entre el conocimiento experto y el escaso conocimiento público. En ese momento se inicia un movimiento de reforma curricular dirigido a reducir esta brecha y a hacer más sólida la enseñanza de las Ciencias, facilitando su acceso a un mayor número de sujetos y a edades más tempranas. Científicos expertos dirigen y desarrollan cursos para innovar la enseñanza de la física, biología, química, iniciación a la ciencia, etc. White y Tisher (1986) considera al trabajo de estos años como "La década de los grandes currículos centrales".

Estos currículos son formulados y experimentados por una institución central que cuenta con un equipo de planeación curricular. Los científicos son los que orientan el diseño curricular y dirigen sus esfuerzos al nivel de educación media (preparatoria y secundaria). Los cursos desarrollados tienen como propósito el servir como preparación para los estudios universitarios.

La conceptualización de estos cursos considera tres elementos: la organización de la materia (contenido), la naturaleza del educando (forma en que aprende el alumno) y la utilidad de los conocimientos impartidos (para la sociedad y los alumnos). El énfasis de estos currículos centrales está puesto en una organización de la materia y en los procesos de indagación científica. Los métodos de enseñanza se basan en el aprendizaje por descubrimiento, usualmente en un laboratorio.

Los desarrollos curriculares posteriores, de mediados de los años 70's a últimas fechas en Inglaterra y Estados Unidos, presentan un contraste con los planteamientos anteriores. Los nuevos currículos presentan un giro hacia el proceso de aprendizaje y una cierta dispersión en sus propósitos y contenidos. La enseñanza de las ciencias se centra ahora en la forma en que el niño se apropia del conocimiento del mundo, las actitudes requeridas para abordar los problemas de manera científica y el fomento de una apreciación de las relaciones entre las ciencias y la sociedad (Young, 1983, Guad 1977).

Los nuevos currículos no presentan una organización ni una secuencia rígida en el contenido. Estos currículos pueden ser caracterizados como de tipo modular debido a su flexibilidad y a la diversidad de experiencias de aprendizaje que proporcionan. No se cuenta con un libro de texto pero sí con múltiples materiales de apoyo (guías para realizar experimentos, manuales para el maestro, libros, revistas, películas) la formación de los maestros tienen que ver más con el manejo del trabajo en equipo que con el dominio de los contenidos.

Uno de los trabajos más logrados en esta nueva orientación es el realizado por Giordan (1978), nivel de enseñanza secundaria. Este autor se interesa por el proceso de construcción del conocimiento llevado a cabo por el niño al entrar en relación con una disciplina científica. Al tomar como punto de partida esta relación se hace necesario reformular los objetivos y formas de enseñanza para dar lugar a una nueva forma de enseñanza que se despliega en dos fases: una de liberación y otra de estructuración.

La fase de liberación. Consiste en una apreciación del conocimiento "espontáneo" que tienen los alumnos sobre algunos fenómenos y procesos naturales. Se comienza con cuestionamientos generales y se deja que los alumnos formulen temas de interés colectivo susceptibles de dar pie a actividades exploratorias y discusiones posteriores sobre las mismas. El propósito es conformar una actitud experimental en los alumnos para que éstos aprendan a describir e interpretar procesos naturales, que colaboren y discutan sus experiencias sin tener que referirse a una autoridad que supuestamente posee "verdad". Posteriormente, es posible llegar a establecer indicadores de una actitud científica como la motivación, curiosidad, autonomía, colaboración, participación con discusiones, etc. y ver como se sitúan y evolucionan los alumnos con respecto a los mismos.

La fase de estructuración se dirige a la adquisición de una metodología y conceptos científicos. Aquí se trata de modificar las representaciones globales y aisladas de los alumnos y formar una representación más estructurada de su conocimiento. Estas nuevas representaciones se irán acercando a las propias del conocimiento científico, en tanto que una disciplina establece redes de relaciones entre sus conceptos. Asimismo se nutren de diversos planteamientos epistemológicos relacionados con la obra de Piaget, Bachelard y Popper.

El establecimiento de las nuevas representaciones pasa por una serie de actividades de tanteo experimental, superación de las experiencias cotidianas y de organización y argumentación de los resultados encontrados en investigaciones realizadas en equipo. La repetición de ciclos de investigación conduce a la formación de una metodología experimental y al inicio de conceptualizaciones más cercanas a las propias de la ciencia. El papel de maestro es central en este tipo de currículum puesto que dirige los cuestionamientos que se hacen los alumnos, sugiere experiencias para investigar y conducir la discusión colectiva. El desarrollo de estos nuevos currículos ha recibido un fuerte apoyo de las investigaciones sobre la formación de estrategias y aprendizajes de los contenidos escolares de Ciencias Naturales.

La Investigación sobre la Enseñanza de las Ciencias Naturales

En cuanto a la investigación sobre la enseñanza de la ciencia, un problema que ha adquirido una importancia creciente es el relativo a las ideas o representaciones espontáneas de los alumnos. Las investigaciones realizadas por Driver, Guesne y Tiberghien (1985), en alumnos de enseñanza básica y media en Inglaterra, resaltan el hecho de que los alumnos llegan al aprendizaje con ideas espontáneas que interfieren e, incluso, bloquean el aprendizaje de conceptos científicos básicos. Los alumnos se forman estas ideas e interpretaciones como un resultado de sus experiencias cotidianas en diversos aspectos de sus vidas a través de actividades físicas prácticas, hablando con otras personas y por los medios masivos de comunicación. Algunas de las características más destacadas de estas ideas espontáneas son:

- Conducen a un pensamiento dominado por las características observables de una situación.
- Presentan un foco limitado de una situación y dependen de aspectos resultantes.
- Tienen un carácter implícito, constituyen representaciones o teorías en acción y no sujetas a una reflexión.
- Pueden ser incoherentes y contradictorias entre sí, presentan un carácter sumamente flexible.
- Tienden a realizar un razonamiento causal lineal, una acción puede llegar a producir diversos efectos.
- Presentan una enorme resistencia al cambio, su modificación por otras ideas más cercanas a la ciencia puede llevar muchos años.

(Driver, Guesne y Tiberghien 1985, Pozo 1987).

No obstante la dominación y persistencia de estas ideas espontáneas, también se han llevado a cabo investigaciones acerca de como modificarlas. Strike y Posner (1982) y Hewson (1988) consideran que el aprendizaje de la ciencia es resultante de la interacción entre las teorías o concepciones de los alumnos y las teorías que se les presentan. En oposición a un planteamiento empirista, que concibe al aprendizaje como una acumulación, consideran que antes de enseñar una nueva teoría debemos conocer las concepciones de los alumnos para actuar sobre éstas. Usualmente las teorías existentes no son reconciliables con las nuevas teorías y tienen que ser reestructuradas o, aún, intercambiadas por las nuevas teorías.

Los dos requisitos para que se de un cambio conceptual son la existencia de una insatisfacción con la teoría existente y la disponibilidad de una nueva teoría. La nueva teoría debe cubrir tres condiciones para ser aceptada: Ser inteligible (los alumnos saben lo que ésta significa), plausible (verdadera) y fecunda (los alumnos la encuentran productiva para enfrentarse con nuevos problemas).

Hewson (1982) considera que este modelo de cambio conceptual tiene varias implicaciones educativas relevantes. Este modelo implica que la instrucción debe dirigirse a reducir el estatus de las teorías o concepciones no deseables, lo cual requiere, entonces, el que éstas sean conocidas. Asimismo, la instrucción se dirige a elevar el estatus de las teorías o concepciones no deseables, lo cual requiere, entonces, el que éstas sean conocidas. Asimismo, la instrucción se dirige a elevar el estatus de las teorías o concepciones deseables, lo cual ocurre a expensas de las concepciones existentes. La promoción de conflictos con las concepciones existentes y la exposición articulada de las nuevas teorías tienen como resultado una mayor plausibilidad para las nuevas teorías.

Los desarrollos curriculares anteriores demandan que nos preguntemos acerca del currículo vigente en nuestro país para después marcar un contraste con éstos. A partir de la reforma educativa de 1972-1974 es modificado el currículo de Ciencias Naturales en la enseñanza primaria.

El nuevo currículo es elaborado por un equipo de científicos e investigadores educativos. Este currículum presenta dos aspectos novedosos: Primero presenta una orientación cognoscitiva y, segundo, descarga a los libros de texto de un contenido informativo extenso. La integración de estas dos novedades fue factible al enfocar la formación del humano con una actitud científica y sobre los procedimientos básicos del método científico (Gutiérrez 1982). Los objetivos formales que se intentan establecer en el alumno son:

- Manifestar interés por conocer los hechos y fenómenos de la naturaleza.
- Dar explicaciones elementales de algunos fenómenos naturales propios de su entorno próximo.
- Aplicar los procedimientos básicos del método científico.
- Utilizar un vocabulario científico que le permita manejar la información correspondiente a su grado escolar.

Los libros de texto son el instrumento principal, además de la labor docente, para conseguir estos objetivos. Estos libros intentan ofrecer al alumno una enseñanza formativa más que informativa. La programación de los contenidos en la secuencia completa está organizada acorde a un modelo en espiral. Los temas y conceptos fundamentales son considerados en cada grado pero con mayor amplitud y profundidad a medida que se avanza.

El método establece los pasos necesarios para la adquisición del conocimiento. Algunos de los pasos utilizados son: observación, clasificación sistemática, uso de modelos elementales, registro sistemático de observación, uso de explicaciones causales, planteamiento y solución de problemas y generalización de algunos procesos naturales.

Los contenidos utilizados en el estudio de la naturaleza son:

a) Los seres vivos

Sus diversas clases, caracterización de su estructura, su relación con el ambiente, etc.

b) El medio ambiente

Influencia con los seres vivos, fenómenos atmosféricos, caracterización de los climas y su paisaje, etc.

c) Materia y energía.

Fuentes y clases de energía, propiedades, constitución de la materia, etc. (SEP 1981).

Ahora bien, con miras a una descripción más particular de la forma en que se programan los libros de texto, pasamos a caracterizar al libro de tercer año (SEP, 1988). En cada una de las unidades se presentan diversos temas y actividades dirigidas a que los alumnos se familiaricen con una serie de conceptos centrales de las Ciencias Naturales y procedimientos del método científico.

La organización del contenido propia de este libro se puede caracterizar de acuerdo a la siguiente tabla.

**CUADRO 1: ESQUEMATIZACIÓN DEL LIBRO DE TEXTO DE CIENCIAS NATURALES
TERCER AÑO (SEP 1981)**

UNIDADES

CONCEPTO	1	2	3	4	5	6	7	8	OBSERVACIONES
• <i>Explicaciones (causalidad)</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	
• <i>Regularidad (generalidad de un hecho)</i>	x	x	x	x	x				
• <i>Adaptación (morfología)</i>									
• <i>Reproducción</i>	x	x							
• <i>Sistemas (cuerpo humano)</i>	x								
• <i>Salud (prevención de enfermedades y accidentes)</i>	x								
• <i>Medición</i>	x	x	x						
• <i>Transformaciones materia, energía (luz, calor, sonido)</i>	x	x	x						
• <i>Movimientos astronómicos (sistema, planetas)</i>	x								

- *Procedimientos básicos del método científico (Actividades Básicas)*

Observación

Hipótesis

Experimentación

Registro y evaluación generalización

Habilidades — Actitud

Metodologías — Científica

El cuadro anterior nos permite hacer una caracterización más profunda del currículo de Ciencias actual. En primer término, podemos considerarlo como un currículo central único para todo el país y que se sirve del libro de texto como su instrumento principal y casi único. Los dos apoyos auxiliares con que cuenta son: primero, los libros para el maestro y, segundo, las diferentes experiencias y actividades sugeridas en cada unidad. De hecho, estas sugerencias son el único apoyo puesto que son las mismas pero explicadas más ampliamente en el libro para el maestro. Fuera de este apoyo, el currículo presenta una seria carencia de apoyos didácticos como pueden ser materiales audiovisuales, facilidades para hacer excursiones a los alrededores, espacios y materiales adecuados para realizar experimentos y pruebas sencillas, libros de apoyo, etcétera.

En segundo lugar, no obstante la importancia concedida a los procesos de construcción del conocimiento, la programación de los contenidos y las actividades sugeridas enfatizan de manera redundante los procedimientos metodológicos. Una revisión superficial de cualquiera de los libros de texto nos revela la repetición de las actividades. En el cuadro que realizamos para describir el libro de tercero también resulta evidente esta misma situación: a lo largo de todas las lecciones se repiten varios de los procedimientos metodológicos. Particularmente, se da un peso excesivo a la observación y registro de los resultados en las experiencias sugeridas. Esto puede significar que hay una concepción bastante pasiva del trabajo del alumno y una subvaloración de las explicaciones que éste pueda dar a los fenómenos naturales. En este mismo sentido, no es extraño que la actividad de los alumnos, durante una experiencia, se reduzcan al seguimiento de instrucciones o a ser un mero espectador; mientras que la maestra es la única encargada de hacer una explicación de lo que sucedió. Cualquier sugerencia de variación, en el orden de experimentación e interpretación de los resultados, puede ser considerada irrelevante. La numerosidad de los grupos de primaria, con un número de 30 a 45 alumnos por aula, y el seguimiento de una secuencia curricular única hacen sumamente improbable que el alumno muestre curiosidad, involucramiento en la clase, que plantee nuevos problemas y trate de encontrar los medios para probar sus ideas. En breve, la curiosidad epistémica de los niños no encuentra los estímulos necesarios para construir su conocimiento.

Por último, aunque se cuenta con una programación en espiral a lo largo de la secuencia completa, la programación de cada uno de los cursos presenta una secuencia bastante lineal, repetitiva y acumulativa debido a la insistencia en la utilización de los mismos procedimientos metodológicos y a las actividades asociadas. Aún cuando fuera factible realizar las experiencias y actividades propuestas en los libros de texto, la discusión e interpretación de los resultados responde a la dinámica de la clase y se encuentra poco vinculada a la vida cotidiana de los sujetos interactuantes. Una serie de datos más detallados a este respecto pueden encontrarse en Rockwell y Gálvez (1982) Meneguzzi (1980) y en un informe de evaluación sobre la enseñanza de las Ciencias Naturales (SEP 1984).

Las reflexiones precedentes nos indican limitaciones en la conceptualización propuesta para la enseñanza de las ciencias. Estas limitaciones presentan una relación directa con las restricciones del salón de clases, la formación de los maestros y una enseñanza verbalista que deja poco lugar para la actividad del alumno, así como una ciencia de investigación, las concepciones espontáneas de los alumnos y los medios instruccionales adecuados para modificarlas. Podemos considerar que el actual currículum de ciencias se encuentra demasiado enfocado en los procedimientos metodológicos y en el uso de una secuencia única.

Por otro lado, conviene recordar que uno de los propósitos de la interrumpida revolución educativa fue el elevar la calidad de la educación y, en particular, una actualización y revisión de los programas de enseñanza primaria (SEP-P.N.E.C.R.). Asimismo, el programa de Modernización Educativa (P.M.E.) también retoma esta preocupación por la elevación de la calidad en el servicio educativo. Pensamos que a la luz de las consideraciones anteriores, algunas de las direcciones posibles de una reforma de la enseñanza de las ciencias son las siguientes:

- a). Diseñar secuencias curriculares más flexibles y susceptibles de adecuarse a las distintas regiones del país, como puede ser una enseñanza modular donde se apoyen los conceptos centrales.
- b). Dirigir la formación del maestro hacia el trabajo en equipo y su conocimiento de las técnicas de aprendizaje en grupo.
- c). Desarrollar las currículas en términos de la relación que establece el alumno con los conceptos y disciplinas científicas, es decir, investigar la forma en que el alumno construye su conocimiento de estos contenidos escolares y los problemas que presenta en su adquisición como guía para desarrollar los contenidos.
- d). Facilitar el trabajo en equipos y promover los intereses de los alumnos para adaptar la secuencia de los temas y conceptos programados.
- e). Como consecuencia de los puntos anteriores, contar con una serie de apoyos y medios didácticos diversificados, éstos deben ser producidos no sólo centralmente sino también por los propios maestros e investigadores educativos.

A reserva de que pueda desarrollarse una reforma con estas direcciones, consideramos que la psicología cognositiva actual cuenta con los instrumentos teóricos para apoyar este cambio, como intentaremos mostrar en el modelo propuesto en el siguiente capítulo. Antes de proponer este modelo, descamos detenemos en la cuestión de las posibilidades didácticas de las computadoras.

La computadora como un medio didáctico

En continuidad con los comentarios realizados en el segundo capítulo, ahora debemos precisar algunas de las ideas expuestas ahí y presentarla en forma sintética. La diversificación de los apoyos y medios didácticos es uno de los puntos principales para proponer la experimentación de la E.A.C. en la enseñanza de las ciencias. Asimismo, por sí misma la E.A.C. ofrece una serie de posibilidades y ventajas que la hacen un medio didáctico merecedor de una experimentación educativa. Los argumentos que apoyan su inclusión en una posible reforma curricular son:

Las computadoras pueden almacenar y recuperar fácilmente la ejecución del alumno, permitiéndole explicitar más directamente sus propios procesos de aprendizaje. De esta forma, los alumnos son ayudados a aprender como detectar, diagnosticar y corregir sus errores y representaciones del conocimiento.

La computadora puede integrarse a un entorno de aprendizaje que proporcione una estimulación educativa, rica y variada para el aprendizaje de los alumnos. Donde los alumnos exploren nuevos conceptos o problemas por sí mismos y, además, cuenten con una guía externa que los aliente a la sistematización de su pensamiento y les proporcione la ayuda necesaria cuando sea más útil (Bossuet 1983; Reiff 1987; Solomon 1986).

La computadora se puede utilizar como un texto interactivo que permite una enseñanza individual y/o individualizada. Individual en tanto que, adaptándose al ritmo de trabajo de cada alumno, es un instrumento para hacer adquirir el mismo contenido a todos los alumnos. Individualizada en tanto que apoya el desarrollo de las potencialidades propias de cada individuo, al contar con diversas ayudas que se ajustan al alumno.

La computadora cuenta con las potencialidades gráficas para desplegar representaciones simbólicas poderosas, como son las representaciones dinámicas de procesos dependientes del tiempo y repetibles el número de veces que sea necesario. Esto facilita el manejo de conceptos abstractos al simplificar su complejidad y reducir su duración con miras a tomarlos accesibles de manera concreta.

Consideramos que las potencialidades anteriores nos permiten dar cuenta de los logros obtenidos por los diferentes sistemas de E.A.C.

Sin embargo, estas potencialidades didácticas pueden aumentarse al considerar los aportes teóricos provenientes de la psicología constructivista contemporánea. Los avances e ideas teóricas desarrolladas en cuanto a la construcción del conocimiento guardan una complementariedad natural con los resultados de la investigación sobre la enseñanza de las ciencias. En el siguiente capítulo describiremos las principales ideas teóricas y su apoyo en la formulación de un modelo instruccional constructivista para la enseñanza de las ciencias donde sean utilizadas computadoras.

Capítulo IV

La enseñanza de las ciencias asistida por computadora.

En este último capítulo presentamos una serie de ideas teóricas derivadas de la psicología constructivista que juzgamos altamente relevante para la enseñanza.

La formulación de un modelo constructivista para la enseñanza de las Ciencias Naturales debe considerar dos partes: primera, un modelo teórico que de cuenta de la construcción del conocimiento de una manera general y coherente, y, segunda, una serie de propuestas instruccionales sobre como instrumentar este modelo (Pozo 1987).

1. Elementos para un modelo constructivista del conocimiento.

Consideremos que los desarrollos teóricos realizados en la Psicología, durante las tres últimas décadas, aportan una serie de ideas interesantes y fecunda sobre la cognición humana. A pesar de la diversidad en la nomenclatura y los matices teóricos, parece existir convergencia en la forma de plantear la problemática del conocimiento y la configuración de una visión compartida.

A continuación comentaremos algunas de las ideas y convergencias que nos parecen más fecundas.

Actividad.

En primer término destaca el reconocimiento al papel activo del sujeto en el conocimiento de su entorno. El sujeto no es un ente pasivo expuesto a las contingencias del entorno como plantean las teorías asociacionistas del aprendizaje (Skinner, Gagné). Por el contrario, la extensa obra de Jean Piaget es una constante afirmación de esta actividad y su relación con la organización del conocimiento.

La relación entre actividad y conocimiento constituye uno de los problemas centrales de la Psicología contemporánea. Céliérier (1979) considera que el estudio de esta relación se ha abordado de una manera diferente por la Psicología genética y la Psicología cognoscitiva. La primera tiene como objeto de estudio la construcción del conocimiento a partir de la acción, en tanto que la segunda se ocupa de describir como las representaciones internas del sujeto controlan sus acciones. Este concepto de actividad está dirigido a enfatizar, más allá de la actividad externalizada como comportamiento, los procesos internos de organización y cambio de las formas de pensar de los sujetos.

Interacción

El conocimiento que tiene el sujeto de su entorno no deriva de la sola experiencia (objeto) ni tampoco de ideas a priori o innatos (sujeto). El conocimiento deriva de la interacción sujeto-objeto, donde el sujeto asimila nuevas experiencias a su conocimiento y modifica o acomoda su conocimiento para dar cabida a nuevas experiencias. La postulación de este interaccionismo cognoscitivo permite valorar los aportes respectivos del sujeto y el medio en la construcción del conocimiento (Piaget 1967).

Constructivismo.

Constituye el planteamiento central de la psicogenética y consiste en postular una organización del conocimiento en estructuras cognoscitivas cada vez más coherentes y poderosas susceptibles de aplicarse a problemas más complejos. Cada una de estas estructuras caracteriza una forma de interacción del sujeto con su medio. De esta manera, las etapas sucesivas en el desarrollo intelectual comienzan con una inteligencia práctica basada en las percepciones y desplazamientos, pasan a una inteligencia intuitiva y de acciones reversibles sobre los objetos concretos, representación y operaciones lógicas elementales hasta llegar a una inteligencia abstracta donde el pensamiento opera sobre proposiciones y en forma hipotético - deductiva. Los logros cognoscitivos alcanzados en una etapa no se pierden, por el contrario, permanecen y se integran en la siguiente.

Piaget (1975) desarrolla un modelo de equilibración del conocimiento para explicar su organización, las transformaciones que sufre y su evolución hacia la reversibilidad lógica- matemática. En una sección posterior retomaremos el tema de la equilibración y plantearemos una versión modificada de ésta.

Competencia cognoscitiva.

Es el conjunto de esquemas, habilidades, estrategias y estructuras disponibles por el sujeto en un momento dado de su desarrollo intelectual. Conforme avanza el desarrollo psicológico del sujeto, observamos un incremento de sus capacidades (memoria, habilidades, lenguaje), recursos cognitivos (razonamiento, estrategias) y diversidad de problemas que puede enfrentar (físicos, sociales, prácticos). No obstante que el estudio de la cognición sea abordado tomando como punto de partida a la operación intelectual ó a la representación mental, encontramos una complementariedad en el sentido de obtener una caracterización global de la competencia cognoscitiva del sujeto. En función del tipo de tarea y los contenidos involucrados, puede establecerse una identificación de los componentes y procesos cognitivos involucrados.

El conocimiento de estas competencias cognitivas es un elemento fundamental en la determinación de los que es posible enseñar, su secuencia y los métodos más adecuados.

Aprendizaje significativo.

Los aprendizajes que realizan los sujetos pueden ser más o menos significativos en un continuo que va de lo memorístico a lo significativo, la significatividad es una cuestión de grado. De acuerdo a Ausubel (1968) se realiza un aprendizaje significativo cuando son establecidas relaciones sustanciales y no arbitrarias entre lo que se aprende y lo que ya se sabe. Para que se realice un aprendizaje significativo se requieren dos condiciones: primero, el nuevo material debe ser potencialmente significativo (poseer una organización interna) y, segunda, el alumno lo puede poner en una relación no arbitraria con lo que ya conoce. Coll (1988) agrega que cualquier aprendizaje significativo involucra una memorización comprensiva (ubicación en una red más o menos amplia de significados), tener un valor funcional (puede ser utilizado para generar nuevos significados) y permite atribuir un sentido a lo que se aprende.

En este contexto, en vez de sólo enfocar el proceso psicológico de aprendizaje significativo como una relación de todo - nada deberíamos intentar que los aprendizajes que realizan los alumnos sean, en cada momento de la enseñanza, lo más significativos posibles. Esta proposición abre de nuevo el problema de la dirección que ofrece la enseñanza para guiar el aprendizaje. El papel de la enseñanza y el maestro estaría dirigido a que los alumnos profundicen y amplíen los significados compartidos durante la enseñanza, es el elemento mediador susceptible de explicar los aprendizajes escolares obtenidos. Las actividades de enseñanza deben crearle un sentido al alumno y permitirle darle un control a su propia actividad de aprendizaje.

La enseñanza debe considerar, entonces, los significados culturales de un aprendizaje y los procesos de comunicación establecidos en el aula. La enseñanza es un conjunto de actividades planeadas para que los alumnos y profesores compartan conjuntos progresivamente más amplios de significados acerca de los contenidos escolares.

Estrategias de aprendizaje.

Existen una serie de trabajos realizados por psicólogos neopiagetianos que han reformulado la teoría del desarrollo intelectual en términos de estrategias de aprendizaje. Estas teorías son consistentes con los trabajos de Piaget pero explican los cambios observados en un nivel de análisis más detallado y están orientadas instructionalmente. Los trabajos de Case (1980, 1987) resultan particularmente interesantes en el estudio de estrategias de aprendizaje.

Case (1980) afirma que las estructuras operatorias pueden ser modeladas como conjuntos de estrategias ejecutivas. Estas estrategias consisten en el enfocamiento que realiza el niño sobre una o varias características de un objeto y la coordinación reversible o no de sus acciones sobre éste.

Cada una de las estrategias se aplica a una tarea y son cada vez más diferenciadas y equilibradas que las anteriores. El desarrollo de estas estrategias es el siguiente:

- Concentración aislada (en una característica propia de un objeto).
- Centración unirelacional (repetición de una acción).
- Centración birelacional (coordinación de dos acciones sobre un objeto).
- Centración birelacional con elaboración (coordinación de dos o más acciones sobre objetos múltiples).

Como podemos observar estas estrategias sirven como reglas para enfocar un problema y son cada vez más complejas.

Las condiciones necesarias para reestructurar las estrategias de aprendizaje son:

Primera, la exposición a información relevante a dominio específico en cuestión.

Segundo, considerar un incremento en la memoria de trabajo que sirve para coordinar la información relevante para la estrategia.

Tercera, es generado un aumento gradual en la memoria de trabajo dentro de cada etapa debido a la automatización de las operaciones.

Cuarta, una vez que la memoria de trabajo alcanza un nivel crítico, el camino es despejado por la conjunción de operaciones de orden superior que subyacen a las estrategias de la siguiente etapa. La teoría sobre estrategias de aprendizaje se ha traducido en análisis de tareas sumamente detallados y, también, en una identificación de los problemas más recurrentes que enfrentan los niños para solucionar o aprender un contenido escolar. Asimismo, ha permitido el desarrollo de diversas implicaciones educativas, mismas que consideraremos en una sección posterior.

A lo largo de la revisión anterior intentamos destacar la complementariedad en las teorías y convergencia en los planteamientos. Es evidente el lugar central que todavía ocupa la Psicogenética. Esta teoría es el planteamiento más ambicioso y coherente en el estudio de la cognición humana. Esto significa que no puede ser dejado de lado a la ligera, por el contrario, las nuevas teorías retoman algunos de los problemas y estudian cuestiones más específicas (Delval 1983).

Observamos un deslizamiento teórico de los grandes cuestionamientos acerca de la evolución racional, de una mente universal, hacia cuestiones más específicas y vinculadas con un sujeto psicológico (Coll 1981, 1987).

Este sujeto psicológico comienza a ser caracterizado en términos pragmáticos e inmerso en aprendizajes escolarizados y cotidianos. Sin embargo, pensamos que la propia Psicogenética puede dar lugar a modelos más específicos. En efecto, el modelo de equilibración formulado por Piaget (1975) ha recibido mayor atención y se ha intentado desarrollar en forma más detallada para estudiar los aprendizajes escolares.

Por nuestra parte, consideramos que este modelo puede aportar una visión más coherente de la enseñanza y permite caracterizar los mecanismos involucrados en la construcción del conocimiento. A continuación presentamos la adaptación que realizaron Coll (1983) y Pozo (1987) al modelo de la equilibración. Ambos autores consideran que el modelo de equilibración contiene una serie de planteamientos valiosos para comprender la construcción de los conocimientos escolares y, particularmente, la enseñanza de las ciencias.

Coll (1983), en un lúcido análisis, retoma el modelo de la equilibración propuesto por Piaget (1975) para describir la construcción de conocimientos escolares. En primer término, destaca el énfasis del modelo de equilibración sobre los aspectos funcionales de conocimiento. Aquí interesa explicar como son construidos los esquemas y estructuras intelectuales más que caracterizar las estructuras lógico-matemáticas del pensamiento infantil. Esta construcción descansa en un funcionamiento donde son equilibrados los intercambios del sujeto con el objeto. La función de adaptación conduce a una activación de los esquemas existentes (asimilación) y a una modificación de éstos (acomodación) para dar cabida a nuevas experiencias. En tanto que la función de organización permite dar una dirección y coherencia a esta renovación continua de los esquemas. En este sentido, la equilibración es un proceso constante que involucra tres niveles:

Primero, una equilibración entre la asimilación (esquemas disponibles por el sujeto) y la acomodación (experiencias y problemas que plantea un objeto de conocimiento).

Segundo, una equilibración colateral entre los diversos subesquemas disponibles en un momento del desarrollo con miras a su diferenciación y coordinación.

Tercero, una equilibración jerárquica del todo (inteligencia) sobre las partes (esquemas y estructuras) que da una integración y garantiza la coherencia del funcionamiento intelectual.

El progreso intelectual no se da por la simple asimilación de nuevas experiencias, es necesario que existan desequilibrios que pongan en acción diversos mecanismos cognitivos.

Los desequilibrios son producidos cuando existe una resistencia del objeto a ser asimilado (perturbación) o cuando no existen los esquemas disponibles (laguna) para asimilar el objeto. Entonces, se produce una regulación de la acción que tiende a anular la perturbación o a neutralizarla. Las compensaciones son, precisamente, las reacciones en sentido contrario a un efecto dado que tienden a anularlo. La puesta en marcha de estas compensaciones conduce a: anular la perturbación modificando en un sentido inverso el esquema (compensación por inversión) o bien neutralizan la perturbación diferenciando el esquema para acomodarlo al efecto perturbador (compensación o reciprocidad). Las compensaciones generadas están en la base de las

construcciones cognitivas al ser las responsables de la modificación de los esquemas. (Piaget, 1975: 34).

La fuente del progreso intelectual radica en este proceso de desequilibrio y reequilibración denominado *equilibración mayorante*. La *equilibración mayorante* conduce a un equilibrio más avanzado en tanto permite anticipar e integrar un número mayor de perturbaciones virtuales. Piaget (1975) identifica tres tipos de conductas que describen como las perturbaciones son compensadas:

Primera, las conductas alfa (α) consisten en compensaciones donde la perturbación simplemente es ignorada, el esquema es tan general que no considera a la perturbación.

Segunda, las conductas beta (β) consisten en integrar la perturbación en el sistema dando lugar a una reorganización inestable, pudiendo alterarse por otra experiencia igualmente perturbadora.

Tercera, las conductas gamma (γ) consisten en una integración de la perturbación como un elemento anticipado por el propio esquema; las perturbaciones son anticipadas como transformaciones virtuales del esquema y pierden su carácter de perturbación.

La *equilibración mayorante* introduce diversas mejoras en el sistema cognitivo: ampliación del sistema en extensión (aplicarlo a un número mayor de objetos y perturbaciones); aplicación en comprensión (diferenciación de los esquemas iniciales a nuevos esquemas que integran las perturbaciones; y la construcción de nuevos esquemas de nivel superior para lograr coordinaciones más poderosas).

Coll (1983) considera que este modelo de *equilibración* es útil para estudiar la adquisición de conocimientos escolares. El cambio de un ámbito psicológico a uno escolar acarrea, necesariamente, la adaptación del modelo de *equilibración*. Esta adaptación debe tomar en cuenta la especificidad de los contenidos escolares y a la enseñanza. La adquisición del conocimiento escolar debe ser vista como una construcción de esquemas de conocimientos que incluyen representaciones, normas, destrezas, actitudes, intereses y, por supuesto, esquemas operatorios. Los esquemas del conocimiento son representaciones que posee una persona, en un momento determinado de su historia, sobre una parcela de la realidad; pueden estar más o menos organizados en una cantidad variable de información y detalles y ser más o menos válido (Coll, 1983: 194).

Las situaciones de enseñanza/aprendizaje pueden ser caracterizadas como un proceso de construcción, revisión y coordinación de esquemas de conocimiento; donde su elaboración requiere una actividad externa que llamamos enseñanza. La forma en que se puede contribuir a una elaboración más adecuada de estos esquemas de conocimiento requiere:

- Encontrar un desfase óptimo entre los esquemas de conocimiento escolar; los contenidos escolares no deben ser ni muy difíciles, para que el alumno los pueda aprender, ni muy fáciles, para que el alumno se aburra.
- Diseñar las situaciones que motiven al alumno y conduzcan a una toma de conciencia de los desequilibrios en el aprendizaje y como superarlos.
- Proporcionar ayudas pedagógicas que permitan la superación de los desequilibrios provocados; que le faciliten la reequilibración con la dirección de un progreso de los esquemas de conocimiento; y una revalorización del papel de la enseñanza, como un proceso instruccional y sistemático sobre el aprendizaje de los alumnos (Coll 1983: 199-200).

Por su lado Pozo (1987) afirma también la necesidad de aportar modelos más específicos sobre el aprendizaje de los alumnos. El propone un modelo de cambio conceptual enfocado sobre como los alumnos cambian sus teorías o representaciones espontáneas, más que sólo adquirir nuevas teorías.

El aprendizaje de las ciencias consiste en un proceso de cambio y ajuste de estas teorías a formas más avanzadas de explicación, como las teorías científicas. El recurso a la teoría de Lakatos (1976) sobre el cambio de las teorías científicas permite vincular la idea de un desarrollo teórico acumulativo con la de reestructuraciones. El desarrollo del conocimiento es un proceso donde una teoría inicial es puesta a prueba, sufre modificaciones y ajustes para, finalmente, convertirse en una teoría más coherente y poderosa. En el caso de los aprendizajes escolares, las teorías espontáneas de los alumnos son puestas a prueba y se les expone una nueva teoría que sustituya a la primera. Los dos mecanismos básicos involucrados en este cambio son: Primero, establecimiento de conflictos entre las teorías espontáneas y datos que las desaprobren, identificables claramente; segundo, promover la toma de conciencia de estos conflictos y ofrecer una nueva teoría que explique estas discrepancias y abarque nuevos datos.

Pozo (1987) revalora el papel de la enseñanza expositiva en la presentación de la estructura conceptual de una disciplina, donde el alumno pueda comparar esa estructura con sus ideas o teorías espontáneas. Asimismo, el aprendizaje por descubrimiento estaría apoyado por diversos materiales y actividades que conduzcan a establecer una organización implícita en los contenidos.

En una forma general, Pozo (1987) identifica tres fases para promover el cambio conceptual en la enseñanza:

- Primera, presentar el contenido de aprendizaje tanto como experiencias o como un modelo conceptual alternativo.
- Segunda, ayudar en la toma de conciencia acerca de la resolución de conflictos y explicaciones planteadas en la fase previa.
- Tercera, consideración de los conocimientos por su aplicación a nuevos problemas o reelaboración conceptual de los mismos.

En una forma específica, Pozo (1987) formula siete pasos necesarios en el diseño de situaciones de instrucción que promueven el cambio conceptual:

- 1.- Presentación del tema y de los objetivos de una unidad.
- 2.- Consolidación y toma de conciencia, por parte de los alumnos, de sus teorías iniciales acerca del tema en cuestión.
- 3.- Provocación y toma de conciencia de los conflictos suscitados entre sus teorías y datos observables.
- 4.- Presentación de una nueva teoría con exceso de contenido empírico respecto a la teoría previa de los alumnos.
- 5.- Comparación entre la teoría inicial y la nueva teoría.
- 6.- Aplicación de una nueva teoría a problemas ya resueltos por la teoría inicial.
- 7.- Aplicación de la nueva teoría a problemas no resueltos por la teoría inicial (Pozo 1987:219).

El diseño de situaciones instruccionales y un medio escolar que permita la confrontación de ideas, constituyen los dos aspectos fundamentales para que los alumnos modifiquen sus marcos conceptuales y éstos adquieran una nueva forma más articulada y relacional.

2. Propuesta de un modelo instruccional para la enseñanza de las ciencias ayudada por computadoras

Ahora pasaremos a formular un nuevo modelo instruccional para la enseñanza de las ciencias ayudada por computadora. Las consideraciones hechas en este capítulo nos indican la necesidad de mantener una visión amplia acerca de la enseñanza de las ciencias. En este sentido, pensamos que la incorporación de computadoras tiene que insertarse en una forma sustancial en los programas y los contenidos de ciencias y, también, en la disponibilidad de mayores ayudas psicopedagógicas y nuevos medios instruccionales. El modelo instruccional que formularemos tiene presente este punto de partida necesario. La incorporación de computadoras por sí mismas tienen poco sentido, adquiere un significado y relevancia como parte de una reforma amplia.

En primer término, consideraremos que es necesario reformular las metas de la enseñanza en ciencias. En efecto, el modelo de cambio conceptual bosquejado previamente nos indica que no basta sólo con enseñar nuevos conceptos. Los alumnos cuentan con una serie de representaciones espontáneas que debemos conocer. Estas representaciones conjugan diversas creencias, valores y conocimientos culturales del medio donde vive el alumno. Asimismo, estas ideas espontáneas tienen un alto valor funcional en tanto aportan una precisión pragmática para los problemas de la experiencia cotidiana.

La tarea de la enseñanza, entonces, es desarrollar un proceso complejo de modificación de estas ideas espontáneas e iniciar al alumno en el pensamiento y forma de proceder de las explicaciones científicas en relación a esos problemas.

En la enseñanza pueden ser presentadas al alumno concepciones alternativas que contradigan sus representaciones y, también, ofrecerle ayudas pedagógicas que apoyan su lucha para adaptar nuevas concepciones. En este contexto, pensamos que es posible reformular las metas de la enseñanza en las ciencias. Hawkins y Pea (1987:299), analizando las implicaciones del modelo de cambio conceptual proponen las dos metas siguientes:

- a. Ayudar al alumno a hacer problemáticas sus propias presuposiciones; y
- b. Desarrollar en el alumno una comprensión profunda de como las explicaciones y formalismos científicos son medios coherentes y eficientes para enfrentar un rango amplio de fenómenos.

La adopción de estas dos metas significa que ya no basta con apelar a la formulación de una actitud científica. Donde se tendía a sobrevalorar los poderes cognitivos del alumno y su actividad autoestructuradora. Estas dos nuevas metas implican conceder un peso mayor a la enseñanza y a las diversas ayudas pedagógicas necesarias para que el alumno modifique sus representaciones erróneas. Así como socializarlo en formas de pensamiento más poderosas y que permitan rupturas con su experiencia cotidiana.

Es claro que la adopción de estas dos metas involucra una serie de complicaciones y, en cierta medida, una incongruencia respecto de los objetivos vigentes actualmente en los programas de ciencias naturales a nivel básico. No obstante, pensamos que existe una base empírica amplia y derivaciones teóricas alentadoras que avalan una reformulación en este sentido, es posible tratar de diseñar y experimentar con una población pequeña este modelo de cambio conceptual.

Existen un par de consecuencias derivadas de la adopción de un modelo de cambio conceptual: primera, una revalorización de la exposición o presentación de contenidos y, segunda, la exploración de las representaciones espontáneas de los alumnos.

La revalorización de una presentación organizada de los contenidos científicos es la primera consecuencia del modelo de cambio conceptual. La presentación de los contenidos debe considerar la estructura de la materia, es decir, tener presente un análisis epistemológico de los conceptos y de sus relaciones lógicas. La forma de su presentación deberá ser congruente con una serie de hallazgos empíricos acerca de las características que poseen las representaciones espontáneas de los alumnos. La búsqueda de esta concordancia es una tarea compleja y delicada. La forma de abordarla ha sido acudiendo a diseños instruccionales flexibles (en cuanto a las secuencias) y susceptibles a una actualización continua (en cuanto a los contenidos), como los diseños modulares. La realización de un modelo curricular modular acorde a las metas que retomamos es una tarea demasiado amplia para este escrito. Sin embargo, creemos contar con los medios para proponer un ciclo instruccional donde puedan utilizarse contenidos programados en forma modular.

Adicionalmente, deseamos insistir en que los objetivos y la organización de los contenidos deberán ser congruentes con las metas de un cambio conceptual. En particular, es fundamental que los alumnos conozcan cuales son los objetivos de los contenidos y actividades de enseñanza-aprendizaje que les son propuestas.

La segunda consecuencia del modelo de cambio conceptual es una exploración de las representaciones espontáneas de los alumnos. La investigación de estas ideas es, por supuesto, una tarea empírica amplia y necesaria.

No obstante aceptar la necesidad de tener investigaciones sistemáticas acerca de estas representaciones, el maestro puede ser dotado con algunos instrumentos para evaluar los rasgos sobresalientes de éstas. Además, pueden ser diseñadas guías de aprendizaje que faciliten el encaramiento de los problemas derivados de estas ideas. La investigación realizada en otros países y la experiencia de los docentes son elementos básicos en el diseño de estos auxiliares. En este mismo sentido, es posible acudir a la computadora como un auxiliar para analizar y evaluar, en cada alumno, los rasgos generales de sus representaciones. El procedimiento básico consistiría en presentar situaciones, relacionadas con la experiencia cotidiana, y organizar un trabajo en equipos donde la computadora servirá para: almacenar preguntas; informa-

ción y notas relacionadas; ordenar datos; almacenar materiales diversos bajo diferentes categorías; formular esquemas y relaciones y servir para graficar datos.

Por otra parte, la organización y presentación del contenido tiene que complementarse con diversas ayudas pedagógicas. En el modelo de cambio conceptual se establece que no basta con promover desequilibrios en el alumno, es imprescindible que también se le proporcione los medios para modificar sus representaciones espontáneas. De aquí, entonces, que sea necesario contar con múltiples actividades de enseñanza-aprendizaje y ayudas pedagógicas adaptables a las necesidades del alumno. Coll (1987) recomienda la utilización de métodos poco estructurados con alumnos de alto nivel intelectual pero no con alumnos de nivel medio o bajo: "a menor nivel de conocimiento previo pertinente, mayor es la ayuda que necesita el alumno e inversamente, a mayor nivel de conocimientos previos, menor necesidad de ayuda" (1984: 146). Aquello que un alumno puede aprender depende, además de sus características individuales, del tipo de ayudas pedagógicas que se le ofrezcan.

La importancia de contar con múltiples ayudas pedagógicas y actividades de enseñanza-aprendizaje ha sido también reconocida en la enseñanza asistida por computadora; particularmente, por los investigadores asociados al proyecto LOGO. Solomon (1986), discípula de Papert; denomina estas ayudas y actividades con el término de entornos de aprendizaje. El diseño de entorno de aprendizaje está dirigido a presentar un rico y variado campo de problemas por medio del ordenador, problemas que pueden ser resueltos con dos o más soluciones posibles.

Por nuestra parte, pensamos que el ordenador es susceptible de adaptarse, además de al aprendizaje por solución de problemas, a otras estrategias instruccionales tales como: presentación de temas y ejercicios, juegos, aprendizaje por descubrimiento con base en simulaciones y apoyo documental gráfico. La estrategia instruccional utilizada dependerá de los contenidos y las ayudas que se desee ofrecer al alumno.

El diseño curricular capaz de valerse de estas diversas estrategias instruccionales es uno de tipo modular. Las ventajas que ofrece un diseño modular se pueden resumir en los términos siguientes:

- Es una organización curricular que intenta romper con el aislamiento entre la escuela y la comunidad, retoma los problemas de ésta para organizar su plan de aprendizaje;
- Considera el conocimiento como un proceso de acercamiento a la objetividad y, también, vincula la teoría y la práctica; el conocimiento se integra en diferentes escalas de observación y precisión pragmática (alcance y nivel de complejidad de las explicaciones formuladas).

- El aprendizaje es un proceso de transformación de estructuras y representaciones menos integradas a otras correlaciones articuladas. El alumno pasa de problemas referidos a su experiencia cotidiana a otros definidos por la comunidad científica.
- Propicia una modificación de las relaciones entre el alumno y el docente, ambos buscan la comprensión mutua y un acercamiento a las formas de explicación y formalismos de la comunidad científica.
- Es reconocida la diferencia entre los diferentes tipos de problemas (prácticos, técnicos, científicos) y sus nichos, la funcionalidad de las soluciones ofrecidas define la precisión pragmática utilizada (Hawkins y Pea 1987).

Las ventajas anteriores son el resultado de un diseño curricular dirigido y sistemático. El hecho de orientar el diseño a problemas posibilita el recurso a distintos campos de conocimiento y a una profundización en temáticas específicas. Además, es conveniente enfatizar que está centrado en actividades de aprendizaje y no en contenidos.

D'Hainaut (1989) considera que un modelo modular debe reunir las siguientes características:

- Presenta o define un conjunto de situaciones de aprendizaje, referidas a conceptos, principios, reglas o leyes;
- Su función está determinada y dirigida por los objetivos que lo definen;
- Proporciona pruebas y resultados sobre el desempeño del escolar, los cuales proporcionan realimentación al alumno y al maestro; y
- Pueden adaptarse a una variedad de secuencias e itinerarios de aprendizaje, métodos y situaciones.

Las características anteriores ofrecen la posibilidad de diseñar secuencias instruccionales con una diversidad amplia de situaciones de aprendizaje y ayudas psicopedagógicas. La descripción de un ciclo instruccional permitirá una visualización de como modificar la enseñanza de las ciencias y la inserción de las computadoras en las mismas.

En una forma general, proponemos un ciclo instruccional en tres fases:

I. Hacer experiencias para ver y para probar ideas.

II. Enfocar ideas, explicar conceptos y utilizar procedimientos.

III. Realizar discusiones colectivas y promover un distanciamiento de la experiencia cotidiana.

Ahora pasamos a describir cada una de estas fases y las actividades de las que se pueden hechar mano. Aquí puntualizaremos varias de las ideas desarrolladas en el modelo de cambio conceptual.

I. Hacer experiencias para ver y para probar ideas.

Las actividades de esta fase están dirigidas a apreciar las ideas espontáneas de los alumnos. La primera actividad es iniciar con una discusión en torno a un fenómeno cotidiano y las ideas que tienen los alumnos respecto a éste. Una forma de promover la participación de los alumnos y su involucramiento es seleccionar un fenómeno que sea curioso, sorprendente, contraintuitivo o, simplemente, cotidiano como, por ejemplo, el vapor que se desprende al calentar un líquido.

La actividad básica del maestro es alentar a los alumnos para que expresen sus ideas espontáneas. La discusión deberá dar oportunidad a que se expresen la mayor parte de los alumnos y a que se establezcan las ideas centrales en torno a un fenómeno. Las ideas deberán ser escritas, sea en el pizarrón o en cartulinas, y almacenadas en una computadora, posteriormente, podrán ser discutidas a la luz de una serie de actividades y conceptualizaciones mejor definidas (Appel 1977).

Las ideas propuestas serán el punto de partida en el diseño de experiencias para ver. El maestro organizará pequeños equipos donde se discutirá como hacer experiencias donde se pueda observar que sucede con un fenómeno. El maestro también organizará a los alumnos para que observen con detenimiento algunos detalles de la experiencia y lo que sucede en general.

Así mismo, los alumnos indagarán y expondrán información precisa acerca de estos fenómenos. Es posible hacer guías de lecturas y pequeñas lecciones donde los alumnos puedan disponer de otras ideas. A los maestros se les pueden ofrecer antologías con lecturas más extensas y detalladas; más aún, una actividad altamente motivadora podría ser el darles medios para que ellos mismos hicieran sus propias antologías. En ambos casos, los materiales de apoyo deberán cubrir dos criterios básicos: primero, ofrecer una introducción al tema o concepto en cuestión en forma accesible sin trivializar el conocimiento; y, segundo, ofrecer un nivel conceptual y de lenguaje con una precisión adecuada para establecer rupturas con la experiencia cotidiana.

La segunda actividad es promover un intercambio de información y puntos de vista entre los alumnos. La organización de "conferencias" y discusiones colectivas acerca de los fenómenos investigados puede ser un medio sumamente recomendable. El objetivo aquí es que los alumnos modifiquen su actitud hacia el conocimiento científico. Al promover su discusión en términos de sus ideas previas y experiencias cotidianas se posibilitaría este cambio.

Las sesiones de discusión irán poco a poco promoviendo algunos procesos cognitivos como: a) un descubrimiento de los propios puntos de vista; b) una articulación más precisa del pensamiento ante la necesidad de intercambiar ideas; c) una valoración del conocimiento y d) la argumentación de los puntos de vista y la necesidad de acudir a una serie de pruebas empíricas para decidir acerca de la validez de una idea. El entrenamiento y capacidad de los maestros para encauzar y coordinar el intercambio de ideas es primordial. Los maestros y los alumnos, entonces, podrán decidir el tiempo que dedican a un tema o concepto, la profundidad en su revisión y la secuencia en que se tocan temas cercanos. El conocimiento no responderá a una secuencia lineal y rígida, el avance en el programa dependerá de la participación e involucramiento de los alumnos y el docente.

Las lecturas, las exposiciones y las discusiones ofrecerán el material inicial para diseñar algunas experiencias para probar sus ideas, el maestro alienta a los alumnos para que en el curso de la lección se tomen notas y se bosquejen otras experiencias adicionales para probar sus ideas, la disponibilidad inmediata de las notas puede ser hecha con ayuda de una computadora. La computadora puede servir como un archivo electrónico que facilite el almacenamiento y recuperación de información. Por supuesto, en un primer momento el maestro estará a cargo de su almacenamiento. Sin embargo, las notas almacenadas y las experiencias propuestas serían redactadas por los alumnos.

II Fase. Enfocar ideas, explorar conceptos y utilización de procedimientos. Las actividades previas aportaran diversos elementos donde el maestro destacará la necesidad de enfocar las ideas. En efecto, las experiencias que pueden ser propuestas, muy probablemente, serán hechas en forma poco controlada, las observaciones estarán orientadas a los aspectos perceptibles y el lenguaje será poco preciso. El conocimiento puesto en juego estará muy cercano a la experiencia cotidiana y será más bien general y difuso.

La primera actividad del maestro será promover un enfocamiento de las ideas y hacer que los alumnos discutan formas de delimitar las experiencias. En este momento, el maestro puede trabajar con los equipos y seguir el estudio de casos especiales. Los casos especiales serán experiencias susceptibles de realizarse en el aula y que permitan observaciones controladas y registros detallados. La solución de estos casos especiales es la segunda actividad básica en esta fase.

Los tres tipos de situaciones que pueden ser utilizadas como estudios de casos especiales son:

- Experiencias dirigidas por el maestro. En este caso, se pondrán a disposición del grupo una serie de experiencias sencillas donde el maestro coordina y los alumnos las desarrollarán. La participación de los alumnos estará orientada a realizar la experiencia dirigida.
- Experiencias de solución de problemas, simulación de juegos. Estas experiencias serán realizadas en la computadora. Aquí se podrá disponer de un rango más amplio de las facilidades que ofrece el ordenador como un medio instruccional.
- Experiencias para explicar nuevas ideas y procedimientos. El maestro y los alumnos ahora podrán internarse en casos distintos y hacer variaciones en los procedimientos utilizados.

El estudio de los casos especiales requiere de una serie de actividades más detalladas y diversas ayudas psicopedagógicas. En este sentido, la tercera actividad será una discusión enfocada a la información y la coordinación del trabajo escolar para desarrollar una experiencia controlada. Ahora, asistiremos a una recapitulación de varias de las actividades de la fase previa pero mejor enfocadas.

El maestro organizará el grupo en equipos y éstos realizarán las mismas actividades. Las actividades principales serán: disponer de los materiales necesarios para hacer la experiencia; dividir el trabajo y coordinar los papeles manipuladores y observadores; seguir un procedimiento establecido o acordar como variarlo; llevar un registro de los datos que arroje la experiencia; y discutir el significado de los datos transformándolos en resultados.

Como es posible anticipar, la intervención y labor de coordinación del maestro será mucho mayor durante las primeras experiencias. Sin embargo, su intervención disminuirá en estas tarea poco a poco y, también, será desplazada a la forma de registrar las observaciones y la discusión de los resultados.

La cuarta actividad principal estará enfocada en un análisis de los datos y los procedimientos utilizados. Probablemente, no todos los equipos obtendrán los mismos resultados. De aquí, entonces, que un análisis de los procedimientos utilizados sea una actividad fundamental. La discusión de los resultados puede profundizarse si se cuenta con la posibilidad de detectar los errores, diagnosticarlos y modificarlos.

El propósito aquí es que los alumnos aprendan a sistematizar información y la pongan en relación a un concepto; que establezcan la precisión pragmática requerida ante un cierto nivel de conceptualización de un fenómeno.

La combinación de las situaciones y las actividades propuestas están organizadas de acuerdo a dos ejes:

- a. De un trabajo dirigido hacia una auto-coordinación de las actividades en equipo;
- b. De un conocimiento general hacia un conocimiento enfocado sobre conceptos y procedimientos.

Pensamos que los tres tipos de situaciones ayudan a enfocar los conceptos situándolos en una escala de observación. El concepto de escala de observación se refiere al nivel de abordaje de un fenómeno (físico, químico, biológico) y su nicho o contexto, el diseño de los módulos deberá hacer explícito en que términos es planteado el fenómeno o situación. Adicionalmente, la profundización en el análisis de un concepto estará referida a una precisión pragmática, es decir, en que rango de situaciones será válida la explicación de un concepto. Dependiendo de la caracterización que se haga de la estructura de una disciplina, encontraremos una ordenación jerárquica y relaciones de supraordenación o interdependencia entre los conceptos.

No todos los conceptos podrán ser abordados con las mismas técnicas instruccionales ni tampoco al mismo nivel de profundidad; habrá algunos conceptos más susceptibles a una experimentación que otros, (como la energía y el calor), mientras que otros se prestarán mejor a un ejercicio de simulación (leyes de la genética).

Por último, la repetición de ciclos de actividades principales facilitará la formación de habilidades metodológicas necesarias para el manejo y análisis de los resultados obtenidos en las experiencias propuestas.

Por otro lado, consideramos que la utilización de la computadora en el desarrollo de las experiencias puede ser ventajoso.

En primer término, la computadora puede ser utilizado como un instrumento para almacenar los datos de múltiples observaciones, análisis de estos datos en términos de variables discretas (frecuencias, porcentajes y acumulación de observaciones) y una graficación de los resultados. La sola utilización de la computadora como un medio de registro familiariza al alumno con las computadoras como herramientas con usos múltiples. Así mismo, hace posible el comparar los resultados de observaciones sucesivas o contrastar los resultados de dos o más equipos que se encuentren desarrollando la misma experiencia.

La segunda forma de utilizar la computadora es mediante la estrategia de solución de problemas. Una vez que el alumno ha sido enfrentado a una experiencia, es posible plantearle algunos problemas semejantes para apreciar su manejo de un concepto o procedimiento e, incluso, plantearle nuevos problemas para evaluar la transferencia que realice de un aprendizaje.

Una tercera forma, de utilizar la computadora, que ofrece múltiples posibilidades instruccionales, es la simulación. La simulación consiste en esquematizar un fenómeno y manejar los principales parámetros o variables que intervienen en su de-

sarrollo. La computadora puede programarse para presentar simulaciones con diferentes valores de los parámetros y con un número reducido o mayor de parámetros. Existe, también, el recurso a programas que pueden utilizarse para que el alumno modele sistemas, como un paso previo a una simulación. Aquí vale la pena resaltar las enormes posibilidades gráficas de la computadora en la simulación.

La computadora no sólo hace posible una reducción de la escala espacial y temporal de un proceso, también permite poner bajo el control de los alumnos los parámetros y la visualización inmediata de las manipulaciones (Disessa, 1987).

La cuarta forma de utilizar la computadora está referida a la manipulación de múltiples observaciones y su análisis. Consideramos que la visualización y accesibilidad de los resultados permiten una exploración de los procedimientos utilizados en una experiencia. La variabilidad de los resultados y su no concordancia puede actualizarse de inmediato para detectar errores, diagnosticarlos y corregirlos. Los conocimientos que adquieren los alumnos no estarán referidos a las experiencias particulares, ahora podrán comenzar a familiarizarse con formalismos incipientes y los procedimientos asociados a un concepto. La computadora les permite seguir un procedimiento y el acceso a un registro duradero de los datos susceptible de examinarse las veces que sea necesario.

La organización y almacenamiento de las experiencias, resultados e información enfocada es una quinta forma de valerse la computadora. Los conocimientos que construyen los alumnos pueden ordenarse en una biblioteca escolar por medio de un diseño simple de archivos en una computadora. Consideramos que esta posibilidad puede estimular el interés y motivación de los alumnos. Asimismo, constituye un medio que, posteriormente, permite la redacción de informes y su impresión. Los alumnos pueden rebasar las interacciones sociales establecidas en el aula y llegar a comentar su trabajo, en forma impresa, con otros grupos escolares o sus padres.

Por último, la computadora puede utilizarse para llevar un registro individual del desempeño de los alumnos y los aprendizajes logrados. El maestro puede descargarse de un trabajo de análisis y evaluación de los alumnos e inspeccionar sólo el registro de cada alumno. De esta forma, el docente tiene más tiempo para interactuar con los alumnos y un conocimiento de cada uno de ellos.

III Fase. Discusiones colectivas y distanciamiento de la experiencia cotidiana.

La enorme cantidad de trabajo y actividades comprendidas deberán tener como consecuencia un distanciamiento de la experiencia cotidiana. Pensamos que el medio ideal lo constituye la promoción de discusiones colectivas. La actividad central de esta fase para el maestro es la conducción de estas discusiones. Las discusiones pueden iniciarse con un repaso de las ideas o teorías que plantearon inicialmente los alumnos. A la luz de las experiencias realizadas y la información enfocada que fue recopilada, es posible problematizar las ideas espontáneas y hacer rupturas dirigidas con la experiencia cotidiana.

La segunda actividad del maestro es resaltar los cambios operados en la expresión de las nuevas teorías en términos de:

- Utilización de términos observacionales.
- Manejo de comparaciones enfocadas y detalladas.
- Uso de formas de representación gráfica y símbolos convencionales básicos.
- Cambio hacia un vocabulario más preciso; y
- Búsqueda y utilización de argumentos para afirmar las ideas propias y discutir las ideas de otros alumnos.

El desarrollo de estas discusiones como culminación del ciclo instruccional permitirá apreciar una coherencia mayor del conocimiento científico y una mayor amplitud de los fenómenos explicados. Sin embargo, tampoco se debe perder de vista que este conocimiento está referido a una escala de observaciones pragmática en la vida cotidiana. En consecuencia, es necesario que el alumno tome conciencia de las distintas formas de explicar un fenómeno y de una articulación entre los saberes (prácticos, técnicos, cotidianos y científicos). La distinción entre un conocimiento cotidiano y uno científico es importante para lograr esta articulación. El alumno, poco a poco, tendrá que reconocer la mayor precisión y generalidad del conocimiento científico; comprender las limitaciones y problemas que acarrearán sus teorías iniciales y comenzar a modificarlas. Pensamos que esta modificación involucra un distanciamiento de su experiencia cotidiana pero no desecha un lento descubrimiento. La vida cotidiana tiene que ser reconocida y valorada como parte de la cultura compartida por los alumnos. La promoción de un cambio conceptual y la incorporación de las computadoras en la enseñanza pueden no tener un efecto directo sobre las formas de pensar de los alumnos. Estamos convencidos que sólo una reorganización y multiplicación de las ayudas pedagógicas pueden crear el entorno social para una problematización de la experiencia cotidiana. El aprendizaje de la ciencia depende crucialmente de las interacciones sociales y los medios proporcionados a los alumnos para modificar sus ideas espontáneas y distanciarse de la experiencia cotidiana.

3. CONCLUSIONES.

Después del recorrido que hemos realizado en torno a las computadoras y la enseñanza, ahora deseamos reforzar varias ideas que hemos planteado y argumentado en este trabajo. Estas ideas las plantearemos como conclusiones y puntos de llegada. En la medida que estas ideas ayuden a generar otros trabajos y reflexiones, constituyendo puntos de partida, habrá tenido una significatividad y relevancia lo aquí expuesto.

La primera conclusión que planteamos es concebir a la computadora como una herramienta, adaptable a propósitos múltiples. La computadora es un dispositivo generado culturalmente que requiere, en el plano de la enseñanza de un conocimiento y ensayo de sus diversas potencialidades. En este sentido es importante no prejuzgar los defectos o bondades que puedan tener los diversos sistemas de enseñanza asistida por computadora. Pensamos que es necesario probar las distintas estrategias instruccionales y adaptarlas a aquellos objetivos y contenidos que los requieran. La práctica rutinaria puede resultar muy eficaz cuando se intenta dar un apoyo o enseñanza remedial. El diseño de lecciones tutoriales ha sido utilizado para la enseñanza de cuerpos de conocimiento estructurados y puede apoyar la enseñanza de conceptos, principios y leyes en ciencias naturales.

La utilización de las simulaciones está más relacionada con el estudio de procesos de ciencias naturales y enseñanza de procedimientos y solución de problemas matemáticos. Por último, puede ser enseñada la programación y utilización de ciertos programas para generar gráficas o hacer archivos.

En tanto que exista una claridad en cuanto a que aspectos curriculares apoyar con una u otra estrategia instruccional, el diseño de programas educativos por computadora se contextualiza y puede ser evaluado con mayor precisión.

La segunda conclusión está referida a como utilizar los paquetes EAC para apoyar nuevas formulaciones curriculares. El equipo diseñador de las lecciones EAC no sólo debe considerar la adecuación de estas lecciones a los objetivos y contenidos vigentes debe, también, servirse de la computadora como una herramienta para explorar innovaciones curriculares. Las innovaciones curriculares pueden ir desde enseñar de otra manera los contenidos vigentes y la ayuda a alumnos con problemas de comprensión hasta la propuesta de nuevos contenidos, susceptibles de manejarse con lecciones EAC, y objetivos para ciertos contenidos. La computadora puede ser un apoyo muy fuerte para explorar nuevas formas de enseñanza e incorporar nuevas ideas teóricas, psicológicas o pedagógicas, que hagan más significativo al aprendizaje de los alumnos.

La tercera conclusión tiene que ver con la utilización de la computadora como una forma de personalizar la enseñanza. Una parte fundamental de las lecciones EAC tiene que ver con la programación de reglas y criterios para ajustar las lecciones al aprendizaje que logran los alumnos. Consideramos que el diseño y la evalua-

ción de las lecciones EAC pueden proporcionar diversos tipos de ayuda y secuencias instruccionales adaptables a los alumnos. Así mismo la computadora puede llevar un registro del desempeño de cada alumno y éste puede ser consultado por el docente. La propia evaluación y juicios que haga el docente, no obstante, será en elemento fundamental para proporcionar la ayuda psicopedagógica que requieran los alumnos.

La cuarta conclusión que deseamos formular relativa a la vinculación entre el conocimiento escolar y la experiencia cotidiana. En varios de los sistemas EAC revisados analizamos este punto. Es claro para nosotros que la significatividad del aprendizaje escolar esta relacionada con una funcionalidad o utilización práctica de lo aprendido. Sin embargo, podemos afirmar que esta vinculación se puede dar en un doble sentido: por una parte, de la consideración de las ideas o representaciones espontáneas que llevan los alumnos a la situación escolar y, por la otra parte, de como la enseñanza modifica estas ideas espontáneas y las acerca a formas de comprensión científica. De esta manera la vinculación no es sólo práctica si no, así mismo, reflexiva sobre la propia experiencia cotidiana. La enseñanza de las ciencias puede ayudar a una elaboración crítica del sentido común y a un distanciamiento de la experiencia cotidiana para establecer contacto con formas de conocimiento universal. En la enseñanza de las ciencias, las lecciones EAC pueden apoyar el cambio conceptual de los alumnos y facilitar su contacto con formalismos básicos para explicar los fenómenos de la realidad.

La quinta conclusión es relativa al papel de los docentes. Los docentes ahora no deberan estar formados para transmitir conocimientos. La formación de los docentes deberá estar dirigida hacia el trabajo grupal y la elaboración del conocimiento de los alumnos. Desde luego que, paralelamente, es conveniente que los docentes se familiaricen con las computadoras, las manejen y, finalmente, ellos diseñen y produzcan lecciones EAC. La iniciativa y autonomía que logren los docentes en cuanto a la producción de lecciones EAC será un buen indicador de su compromiso y comprensión de las posibilidades didácticas de las computadoras.

Por ultimo, pensamos que la computadora por sí misma no trae consigo una innovación educativa. La innovación educativa depende de los distintos actores educativos (diseñadores curriculares, psicólogos y pedagogos, docentes y alumnos) y de como utilicen a la computadora. Si bien el diseño y producción de paquetes EAC puede ser hecho por un equipo pequeño de educadores, la incorporación en gran escala de las computadoras en el sistema educativo entraña serios problemas de planeación, diseño curricular y formación de docentes. En consecuencia, se requiere de una estrategia global donde se concilie, por una parte, el trabajo de diseño, elaboración, prueba y evaluación de los paquetes EAC en centros experimentales y, por la otra, una planeación del soporte técnico, formación del profesorado y evaluación del impacto educativo y sociocultural de las computadoras en la enseñanza la estrategia formulada y los resultados podran ser objeto de una discusión pública. En la medida

que este trabajo sea público podrá ser evaluado por los distintos actores y lograr una aceptación basada en resultados y argumentos y no, como es una costumbre en la educación nacional, ser el objeto de una decisión de un funcionario y una elaboración de expertos carentes de un contexto donde enraizarlo.

La computadora puede ser un apoyo muy fuerte para explorar nuevas formas de enseñanza e incorporar nuevas ideas teóricas, psicológicas o pedagógicas, que hagan más significativo al aprendizaje de los alumnos.

- Appel, M. H. 1977. The Application of Piagetian Learning Theory to a Science curriculum project. En V. I. M. H. APPEL and L. S. Goldberg (Eds.) *Topics in cognitive Development*.
- Atkinson, R.C., y Wilson, H.A. 1969 Computer - Assisted Instruction. En R.C. Atkinson y H.A. (Eds.), *Computer Assisted Instruction: A book of readings*. New York: Academic Press, 1969.
- New York: Plenum Press, 1977.
- Ausubel, D.P. et al (1968) *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: trillas, 1976.
- Bossuet, G. 1983 *L'ordinateur a l'école*. París: Puf.
- Botkin, W. James. 1982 Aprendizaje innovador, microelectrónica e intuición. *Perspectiva*. XII (1):19 -28.
- Burns, P.K., y Bozeman, W.C. 1982 Computer - assisted instruction and mathematics achievement: Is there a relation ship. *Educational Technology*. 22 (6).
- Case, R. (1987) the structure and process of Intellectual develement. *International Journal of Psychology* 22 (5/6):571 607.
- Case R. (1980) The Underlying Mechanism of Intelcectual Development. En *Cognition, Development and instruction* J.R. kirby y J.B. Biggs (Eds.) New York: Academic Press.
- Cellerie G. Estructuras cognoscitivas y esquemas de acción. *Archives de Psychologie*, 1979, 47 p. 87 103 (Traducción de Joaquin Figueroa Cuevas).
- Cerych, L. (1982) Computers in education: major problems and key policy option. *European Journal of education*; 1 (4): 421 - 423.
- Coll, C (1983) La construccion de esquemas de conocimiento en el proceso de enseñanza/aprendizaje. En *Psicología genética y aprendizajes escolares*. C. Coll (comp.) Madrid : Siglo XXI.
- Coll, C. (1981) *Psicología genética y educación*. Barcelona: Oikas - tau.
- Coll, C. (1988) Significado y sentido en el aprendizaje escolar. Reflexiones en torno al concepto de aprendizaje significativo. *Infancia y Aprendizaje*. 41:131 142.
- Coll, C. (1987) por una opción constructivista de la intervención pedagógica en el curriculum escolar. en A. Alvarez. *Psicología y Educación*. Madrid: Aprendizaje Visor.
- Collis, B. (1984) Implications of the Educational Use of Computers in North American Elementary School. *British Journal of Educational Studies* (2):125-133.
- Delval, S. (1983) *Crecer y pensar*. Barcelona: Laia.
- Delval, J. (1985) Los usos de los Computadores en la Escuela. Miniografo. S/R.
- Delval, J. (1986) Niños y maquinas. Los ordenadores y la Educación. Madrid: Alianza.
- D Hainaut, L. (1989) *La Programación Educativa*. Oikos- tau.
- Dirección General de Evaluación SEP . (1984) *Evaluación de la Enseñanza de las Ciencias Naturales y Matematicas en la Educación Primaria*. Informe de Resultados. México: Secretaria de Educación Pública.

- Disessa, A. (1987) The third revolution in computers and education. *Journal of Research in Science Teaching*, 24 (4):343 - 367.
- Dwyer, T. (1975) Some thoughts in Computer and Greatness. En *The Computer in the School*. Tutor, Tutee. R. Taylor (ed). New York, Teacher College Press 1980.
- Dwyer, T.A. (1974) Heuristic strategies for using computers to enrich education. *International Journal of Man Machine Studies*. 6:1 - 16.
- Espinosa, G. (1983) Algunas ideas sobre la computadora y la educación. *Comunicaciones Técnicas*. IMASS # 37.
- Giordan, A. (1978) *La Enseñanza de las Ciencias*. Madrid:Siglo XXI, 1985.
- Gleason, T.G. (1981) Microcomputers in education. The state of the art. *Educational Technology*. 1 (3): 7 - 13.
- Good, R.S. (1977) *How children learn science. Conceptual development and implications for teaching*. New York:Macmillan
- Gutierrez, J.M. (1982) *Reflexión sobre la Enseñanza de las Ciencias Naturales en la Escuela Primaria Educación VIII* 1 (42), 13-32
- Hall, J. and Rhodes, V. (1986) *Microcomputers in Primary School, some observations and Recommendations for good Practice*. Educational Computing Unit. Centre for Educational Studies. Kings College: London.
- Hartley R. Aprendizaje con ayuda de ordenadores. En H. T Smith y T. R. G. Green (Eds.) *El hombre y los ordenadores inteligentes*. Barcelona: Mitre, 1982.
- Hawkins, J. and Pea, R. (1987) Tools for Bridging the Cultures of every day and Scientific Thinking. *Journal of Research in Science Teaching*. 24, (4):292 - 307.
- Hebenstreit, J. (1980) 10 000 microcomputers for french secondary schools computer. *European Education Computer* 10: 17 - 21.
- Hernandez, M.E. (1984) *La educación elemental, auxiliada por computadora en México. Un estudio de sus perspectivas y posibilidades tecnológicas*. Tesis de maestría Fac.de Psicología, UNAM.
- Hewson, P. W. (1982) Case Study of Conceptual Change in Special Relativity, the Influence of prior knowledge in learning. *European Journal of Science Education*. 4,(1):61-77.
- Hewson, P.W. and Hewson M. (1988) An Appropriate Conception of Teaching Science: A view from Studies of Science Learning. *Science Education*. 72 (5): 597 -614.
- ILCE. (1989) Reunión Latinoamericana de Informática Aplicada a la Educación Básica. *Tecnología y Comunicación Educativa*. 4 (12):12 - 26.
- Knight, P. y Bozeman, W. (1981) Computer - Assisted instruction and Mathematics achievement: is there a relationship. *Educational technology*. XXI (10): 32 - 39.
- Laborda, J. (1986) *Informática y Educación*. Barcelona: Laia.

- Lakatos, L. (1976) *La Metodología de los Programas de Investigación Científica*. Madrid: Alianza, 1983.
- Meneguzzi, L. (1980) *El Manejo del Libro de Texto Gratuito de Ciencias Naturales en la Escuela Primaria Mexicana*. Tesis de Maestría. México: Departamento de Investigaciones Educativas CINVESTAV. IPN.
- Nora, S. y Minc, A. 1978 *La informatización de la sociedad*. México: F.C.E., 1981.
- Papert, S. (1972) Enseñarle a los Niños a ser Matemáticos versus Enseñar Matemáticas a los Niños. En C. Coll (1983) op. cit.
- Papert, S. (1980) *Desafío a la mente. Computadoras y educación*. Buenos Aires: Galapago, 1981.
- Park, O. y Seidel (1987) Conventional CBI versus intelligent CAI: suggestions for the development of future systems *Educational Technology* 15 -21.
- SEP (1984) *Programa Nacional de Educación, Cultura, Recreación y Deporte*. 1984 - 1988. México : SEP 1984.
- SEP. *Programa de Modernización educativa México* ; SEP 1990.
- Piaget, J. (1967) *Biología y conocimiento*. México: Siglo XXI, 1975
- Piaget, J. (1975) *La Equilibración de las Estructuras Cognitivas*. Madrid: Siglo XXI. 1979.
- Pozo, J. (1987) *Aprendizaje de las Ciencias y Pensamiento Causal*. Madrid: Visor.
- Rockwell, E. y G Ivez, G. (1982) Formas de transmisión del conocimiento científico: un análisis cualitativo. *Educacion VII* (42): 97 - 140.
- Reif, F. (1982) Instructional design, cognition, and technology: applications to the teaching of Scientific concepts. *Journal of Research in Science teaching*, 24, (4): 309- 324.
- Roblyer, M. D. 1981 (When is it Godd courseware) Problems in developing standars for microcomputer courseware. *Educational Technology*. 7 47-54.
- Ruthuen, K. (1984) Computer Literacy and The curriculum. *British Journal of Educational Studies*. XDXII, (2): 134 - 147.
- SEP - ILCE. (1987) Introducción a la computación Electrónica en la Educación Básica de México. Proyecto COEBA - SEP. *Tecnología y Comunicación Educativa*. 2, (7) : 15 - 23.
- Simon, J. C. (1981) *la Educación y la Informatización de la Sociedad*. Barcelona : Narcea, 1983.
- Skinner, B.F. (1970) *Tecnología de la enseñanza*. Barcelona; Labor, 1982.
- Smith, H.T. y Green, T.R.G. (1982) *El hombre y los ordenadores inteligentes*. Barcelona: Ed. Mitre.
- Strike, K. y Posner, G. (1982) Conceptual change and Science teaching *International Journal of Science Education* 10 (1), 11.
- SEP. *Libro para el maestro segundo grado*. México : SEP, 1981.
- SEP. *Libro de Ciencias Naturales. Tercer grado*. México SEP, 1988 SEP-OGE.

- Solomon, C. (1986) *Entorno de Aprendizaje con ordenadores. Una reflexión sobre las teorías del aprendizaje y la educación.* Barcelona, Paidós, 1987.
- Suppes, (1975) The impact of computers on curriculum in the school and Universities. En *the computer in the school.* Tutor, tool, tutee. R. Taylor (ED.) NEW YORK : teachers Collage Press, 1980 p.p. 248 - 261.
- Solomon, C. (1982) Introducing LOGO to childrens. *Byte* (August): 196 - 208.
- Suppes, P. (1966) The use of computers in education. *Scientific American.* 215 (3): 3-12.
- Turner, P. (1983) Micros for school. *Media in Education an Development.* 16 (4): 170 178.
- White, R.T. y Tisher, R.P. (1986) Research on Natural Sciencies. En *Handbook of Research on Teaching.* M.C. Wittrock (comp.) New York: Mc Neally.
- Young, B. (1983) The Selection of Process, Context and Concepts and Their Relation to Methods of Teaching. En *New Trends in Primary Schools Science Education.* W. Harten (comp.) Paris: UNESCO.