

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

205

**FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

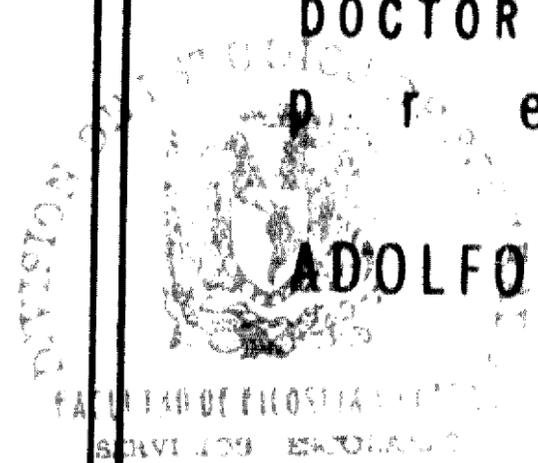
**LA COMPUTACION Y EL CURRICULUM
DE LA PRIMARIA MEXICANA**

T E S I S

**Que para obtener el Grado de
DOCTOR EN PEDAGOGIA**

p r e s e n t a

ADOLFO LOPEZ SUAREZ



Ciudad Universitaria, México, D. F.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CONTENIDO

INTRODUCCION.

1. Objetivo del Estudio, 1; 2. El Problema de Investigación, 1; 3. Delimitación del Problema, 2; 4. Justificación del Tema, 3; 5. Metodología Curricular, 3.

PRIMERA PARTE: Fundamentación de la Propuesta

1. EL DESARROLLO DE LA COMPUTACION.

1.1. La Prehistoria de la Computadora, 12; 1.2. Las Primeras Máquinas Calculadoras, 15; 1.3. La Tejedora Automática, 16; 1.4. La Primera Computadora... Hipotética, 17; 1.5. La Tarjeta Perforada y la Computación, 18; 1.6. La Ciencia de la Computación, 19; 1.7. Las Primeras Computadoras, 22; 1.8. La Computadora Sale del Ejército, 25; 1.9. Las Microcomputadoras, 25; 1.10. Las Cuatro Generaciones, 26; 1.11. Las Prospectivas, 28.

2. EL HOMBRE ANTE LA COMPUTADORA.

2.1. El Concepto de Hombre, 34; 2.2. Computación y Personalidad, 37; 2.3. Una Vía para Reducir la Angustia de la Decisión, 39; 2.4. Computación y Juego, 41; 2.5. La Computadora y la Intimidación, 44; 2.6. Una Relación Sana con la Computadora, 46.

3. LA COMPUTADORA Y LA SOCIEDAD.

3.1. La Modernización de la Sociedad, 54; 3.2. Modernización y Tecnología, 58; 3.3. Computación y Sociedad Moderna, 59; 3.4. Democracia y Computación, 62; 3.5. La Función Social de la Educación, 65.

4. LA COMPUTADORA Y LA EDUCACION PRIMARIA.

4.1. El Marco de Análisis, 74; 4.2. La Enseñanza de la Programación, 75; 4.3. La Enseñanza Asistida por Computadora (CAI), 79; 4.4. La Necesidad de Máquinas en la Escuela, 82; 4.5. Los Contenidos Curriculares de Computación, 84.

5. EL CURRÍCULUM DE LA PRIMARIA MEXICANA.

5.1. El Desarrollo del Currículum de Primaria, **88**; 5.2. El Niño de Primaria, **103**.

SEGUNDA PARTE: La Propuesta Curricular

6. LOS OBJETIVOS EDUCACIONALES SOBRE COMPUTACION.

6.1. Marco Conceptual, **115**; 6.2. Caracterización de la Propuesta, **125**; 6.3. El Perfil del Egresado, **128**; 6.4. Los Objetivos de Aprendizaje, **129**.

7. LOS CONTENIDOS.

7.1. Marco Conceptual, **137**; 7.2. La Selección de Contenidos, **142**; 7.3. Los Contenidos Seleccionados, **149**.

8. LA ORGANIZACION LOGICA Y PSICOLOGICA DE CONTENIDOS.

8.1. Marco Conceptual, **153**; 8.2. La Organización de Contenidos, **156**.

9. LAS ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE.

9.1. Marco Conceptual, **173**; 9.2. Las Actividades de Aprendizaje Seleccionadas, **177**.

10. LOS METODOS DE ENSEÑANZA.

10.1 Marco Conceptual, **196**; 10.2. Los Métodos de Enseñanza Sugeridos, **203**.

11. LOS RECURSOS DIDACTICOS.

11.1 Marco Conceptual, **221**; 11.2. Los Recursos Didácticos Propuestos, **226**.

• •

CONCLUSIONES, 245

GLOSARIO, 257

BIBLIOGRAFIA, 265

• • •

• • •

INDICE DE FIGURAS

- 1.1. EL MODELO DE DESARROLLO CURRICULAR, 4**
- 5.1. PLAN DE ESTUDIOS DE PRIMARIA (Proyecto), 97**
- 5.2. LA EDUCACION PRIMARIA EN LOS PERIODOS DEL DESARROLLO INTELLECTUAL SEGUN PIAGET, 106**
- 6.1. TABLA DE CLAVES PARA IDENTIFICAR DOMINIO Y NIVEL DE LOS OBJETIVOS, 130**
- 8.1. RELACIONES LOGICAS ENTRE LAS UNIDADES: Red Conceptual, 156**
- 8.2. ORGANIZACION DE LAS UNIDADES, 157**
- 8.3. UNIDAD 1. DESARROLLO Y SIGNIFICADO DE LA COMPUTACION: Relaciones Lógicas de los Temas, 158**
- 8.4. UNIDAD 1. DESARROLLO Y SIGNIFICADO DE LA COMPUTACION: Secuencia de Enseñanza, 160**
- 8.5. UNIDAD 2. LOGICA BOOLEANA: Relaciones Lógicas de los Temas, 161**
- 8.6. UNIDAD 2. LOGICA BOOLEANA: Secuencia de Enseñanza, 161**
- 8.7. UNIDAD 3. ESTRUCTURAS DE DATOS: Relaciones Lógicas de los Temas, 162**
- 8.8. UNIDAD 3. ESTRUCTURAS DE DATOS: Secuencia de Enseñanza, 162**
- 8.9. UNIDAD 4. OPERACIONES SOBRE DATOS: Relaciones Lógicas de los Temas, 163**

8.10. UNIDAD 4. OPERACIONES SOBRE DATOS: Secuencia de Enseñanza, **164**

8.11. UNIDAD 5. BASES DE DATOS: Relaciones Lógicas de los Temas y Secuencia de Enseñanza, **165**

8.12. UNIDAD 6. PROGRAMACION: Relaciones Lógicas de los Temas, **166**

8.13 UNIDAD 6. PROGRAMACION: Secuencia de Enseñanza, **168**

8.14. UNIDAD 7. ROBOTICA: Relaciones Lógicas de los Temas, **169**

8.15. UNIDAD 7: ROBOTICA: Secuencia de Enseñanza, **170**

8.16. DISTRIBUCION DE LAS UNIDADES DE CONTENIDO POR GRADO ESCOLAR, **171**

10.1. ENFOQUE CIBERNETICO DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE, **197**

C.1. AÑOS DE ESCOLARIDAD PER CAPITA POR ENTIDAD FEDERATIVA, **252**

C.2. CRONOGRAMA PARA UNA PRUEBA EXPERIMENTAL, **254**

* * *
* * *

INTRODUCCION

Yo estaría satisfecho si todos nosotros empezásemos reconociendo que ésta es nuestra tarea de hombres cultos y de científicos, que el hecho de descubrir cómo hacer que algo sea comprensible para los niños no es más que una continuación de hacer que algo sea, en primer lugar, comprensible para nosotros mismos: que la comprensión y el ayudar a que otros comprendan son una misma cosa.

La Educación Como Invención Social
J.S. Bruner

1. OBJETIVO DEL ESTUDIO.

Diseñar una estrategia curricular para introducir el estudio de la computación a la escuela primaria.

2. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION.

Lo primero que se requiere para alcanzar el objetivo anterior es analizar el desarrollo histórico de la computación hasta nuestros días, la relación que el hombre ha sostenido con esta tecnología, sus efectos sobre la vida de la sociedad, la forma en que se ha relacionado con la educación primaria y las características del curriculum de este nivel. De este modo dispondremos de un conocimiento suficiente de la problemática de la disciplina de interés, lo que fundamentará la forma concreta en que resulte más adecuado introducir el estudio de la computación a la escuela primaria.

A partir de esta fundamentación, podremos pasar a diseñar la propuesta curricular propiamente dicha. Para ello habrá que definir los objetivos educativos sobre computación que se propone que el niño alcance durante sus

estudios de primaria; a partir de estos objetivos podrá procederse a seleccionar los contenidos más adecuados y organizarlos para obtener las secuencias de enseñanza; finalmente, para cada elemento de contenido, podrán sugerirse las actividades de aprendizaje apropiadas, sus respectivos métodos de enseñanza y los recursos didácticos que apoyarán el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Conviene precisar que se pretende diseñar una propuesta que pueda aplicarse a *todas* las escuelas primarias formales que funcionan en México, por lo que deberá tenerse presente en todo momento las enormes diferencias que existen entre el gran número de establecimientos que funcionan en nuestro país.

3. DELIMITACION DEL PROBLEMA.

El estudio que aquí se presenta reconoce cuatro límites:

a) Nos interesa la *primaria formal*, definida como aquella que se imparte a niños considerados normales y ubicados en el grupo etario de los seis a los catorce años. Esto resulta importante, porque deja fuera del ámbito de estudio a la población tanto de discapacitados y desventajados como de sobredotados que requieren de educación especial, y a quienes no estudiaron primaria en la edad regular y son atendidos por programas de educación para adultos.

b) La metodología de desarrollo curricular difiere bastante entre niveles y modalidades educativas. La que aquí se aplicará se considera adecuada específicamente para el nivel de primaria.

c) Más aun, no es lo mismo proponer reformas a un curriculum preexistente que proponer la introducción de contenidos nuevos, como es el caso de la computación. Aquí centraremos la atención en el caso de la introducción de nuevos contenidos de computación¹.

d) El desarrollo curricular puede dividirse en dos grandes etapas: diseño e instrumentación. En la primera se fundamenta y define la propuesta; en la segunda se abordan los problemas de su puesta en operación. Por supuesto,

1 Por ello, podrá notarse adelante, el modelo metodológico que aplicamos no contiene al principio a la evaluación curricular, pues no puede evaluarse lo que no ha funcionado previamente.

ambas etapas no se encuentran desarticuladas; el diseño debe prever los problemas de instrumentación, pues de otro modo la propuesta podría no resultar viable. Sin embargo, conviene precisar que en este trabajo nos interesamos principalmente en la etapa de diseño.

4. JUSTIFICACION DEL TEMA.

Son cuatro los postulados fundamentales que justifican la necesidad de introducir el estudio de la computación a la escuela primaria formal:

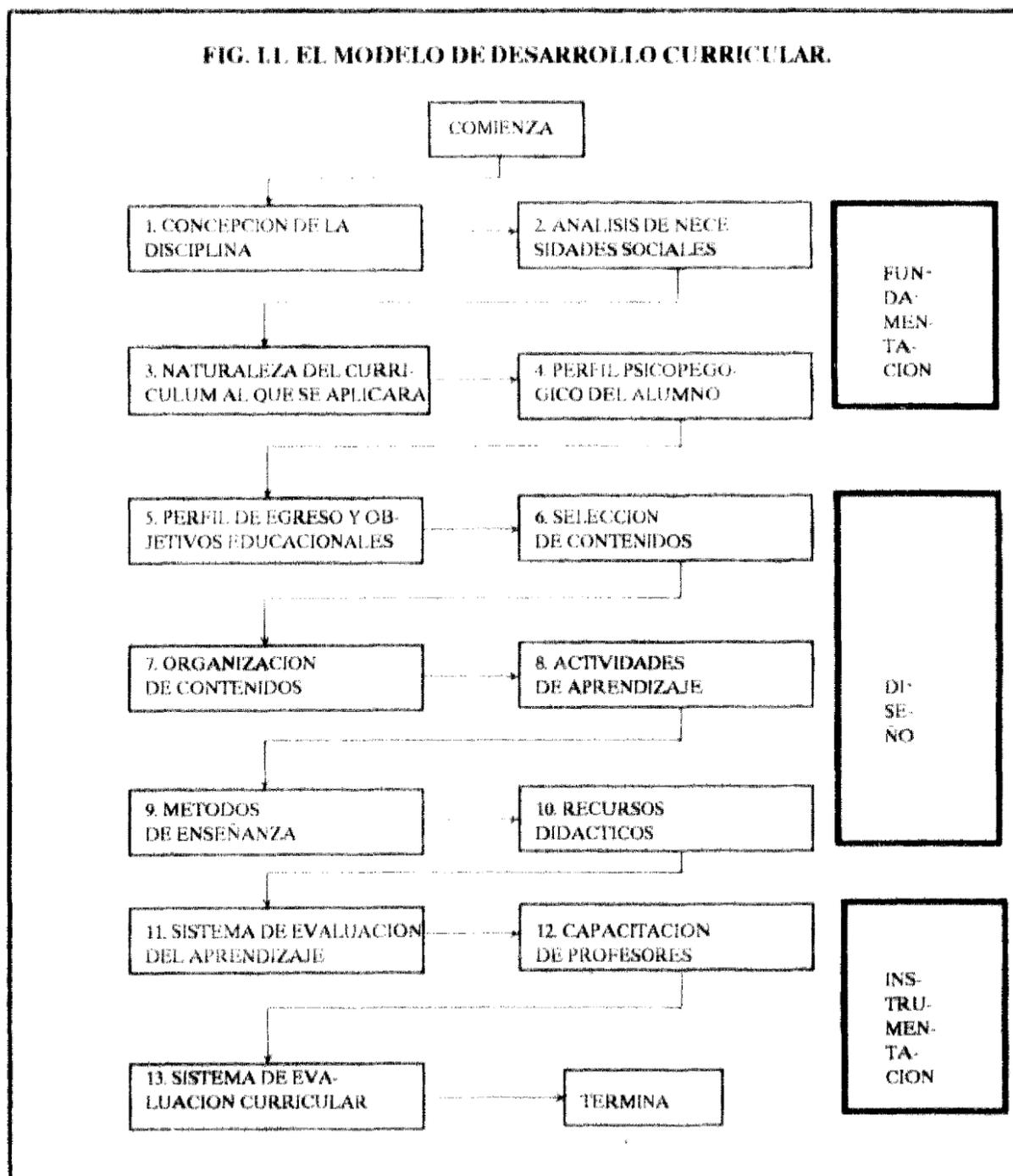
- a) La computación ya es la tecnología dominante en nuestra época, y lo seguirá siendo durante bastante tiempo más.
- b) La tecnología en general, y la computación en particular, juegan un papel importante en el proceso de modernización y de ulterior industrialización de cualquier sociedad en la actualidad.
- c) México es un país que actualmente se encuentra inmerso en un acelerado proceso de modernización, y en los próximos años tendrá que afrontar otro proceso igualmente acelerado de industrialización.
- d) En consecuencia, se requiere capacitar a la población en su conjunto para convivir adecuadamente con la computación, aprovechando sus beneficios y reduciendo los riesgos de su mal uso.
- e) Con una perspectiva de futuro, la mejor estrategia para lograr lo anterior consiste en incluir desde el nivel de primaria la enseñanza de la computación.

A lo largo de este trabajo se presentarán argumentos para sustentar estos postulados.

5. LA METODOLOGIA CURRICULAR.

Para emprender un proceso de desarrollo curricular, se requiere de un paradigma que resuma y organice las concepciones que tenemos sobre los elementos que conforman el curriculum, así como sus interrelaciones. En una palabra, que explicita su concepción sistémica. Eso es lo que haremos en esta sección.

Para facilitar la descripción de la metodología, en la página siguiente se muestra un diagrama que representa el modelo de desarrollo curricular que aplicamos. En él se diferencian las fases de fundamentación, diseño e instrumentación, y en cada una de ellas se presentan, en forma de cajas, bloques de actividades claramente diferenciables. Enseguida pasaremos a describir cada caja.



* FUNDAMENTACION DE LA PROPUESTA *

CAJA 1. Concepción de la Disciplina. La propuesta curricular debe partir de una clara concepción de la disciplina que se pretende enseñar. Para ello, especialmente en el caso de una tecnología tan reciente como es la computación, el estudio de su desarrollo histórico resulta crucial para entender su status actual. Pero además, tratándose de la disciplina que nos interesa, se requiere analizar cómo ha afectado y cómo puede afectar en el futuro la vida del hombre. De esto se ocupan los primeros dos capítulos de este trabajo.

CAJA 2. Análisis de Necesidades Sociales. Debe tenerse claro por qué razón se requiere enseñar esta disciplina en un nivel educativo básico -y pretendidamente universal- como es la primaria; en otras palabras, debe precisarse por qué se le considera socialmente necesaria. Se requiere, también, analizar la forma en que la computación se ha venido enseñando en la escuela primaria, de este modo podrán recuperarse las experiencias que se han tenido a lo largo de varios años. De esto se ocupan los capítulos 3 y 4.

CAJA 4. Perfil Psicopedagógico del alumno. Finalmente, se necesita tener claro cuál es el contexto curricular en el que se introducirá el estudio de la computación y cuáles son las características del alumno. Por esta razón en el capítulo 5 se analiza el curriculum de la primaria mexicana y un perfil psicopedagógico del alumno² que lo cursará, tal que nos permita estimar su capacidad cognoscitiva potencial para el aprendizaje, lo que resulta esencial para adecuar la enseñanza a las necesidades propias de una etapa de desarrollo tan acelerada como la que vive el niño de primaria.

* DISEÑO CURRICULAR *

CAJA 5. Perfil de Egreso y Objetivos Educativos. Aquí comienza el diseño curricular propiamente dicho. Se trata de precisar, con la mayor claridad posible, cuáles son los aprendizajes de computación que el alumno deberá lograr como resultado de sus estudios de primaria. Para hacerlo, se comienza por definir el perfil del egresado y después se definen los objetivos

2 Cuando se estudia cualquier sistema educativo, pero muy especialmente cuando se trata del masificado nivel de primaria, al hablar del "alumno", necesariamente nos estamos refiriendo al alumno típico, promedio, por más que esto no sea más que una abstracción. De otro modo requeriríamos diseñar un curriculum para cada tipo de alumno, lo que naturalmente también sería una mera abstracción ... pero además no tendría aplicaciones prácticas.

terminales de primaria (en nuestro caso, correspondientes a unidad) y los objetivos específicos (de tema). Esto es lo que haremos en el capítulo 6.

CAJA 6. Selección de Contenidos. A partir de la definición de objetivos, se procede a definir qué contenidos son los más adecuados para alcanzarlos, tomando como criterio en nuestro caso el avance de la ciencia y la tecnología computacional. Resolver esta caja exige explorar el territorio completo de la disciplina y escoger aquellos contenidos adecuados al nivel educativo. Por ejemplo, sería poco factible introducir contenidos de programación avanzada, sistemas expertos o inteligencia artificial en el currículum de primaria. De esto se ocupa el capítulo 7.

CAJA 7. Organización de Contenidos. Debe observarse que los contenidos seleccionados en la caja anterior se encuentran ordenados bajo una concepción estructural de la disciplina, y por tanto difícilmente quedarán organizados en una secuencia lógica y psicológica conveniente para la enseñanza. En esta caja se resuelve este problema aplicando las técnicas adecuadas. Realmente desarrollar esta caja exige, además de tecnología educativa, una comprensión clara de la naturaleza de los contenidos, para poder determinar sus interrelaciones. Esto es lo que se hará en el capítulo 8.

CAJA 8. Actividades de Aprendizaje. Una vez definida la secuencia óptima para abordar los contenidos, se requiere explorar cuáles son las actividades de aprendizaje más adecuadas para cada uno. Para hacerlo, no deben perderse de vista los objetivos de aprendizaje definidos en la caja 5. Resolver esta caja exige, ante todo, conocimientos de la psicología del aprendizaje. De esto se ocupa el capítulo 9.

CAJA 9. Métodos de Enseñanza. Para cada actividad de aprendizaje deberá explorarse un método de enseñanza adecuado. Aunque no puede olvidarse la estrecha interrelación entre aprendizaje y enseñanza, debe concederse primacía al primero: lo esencial no es que el maestro enseñe, sino que el alumno aprenda; en este sentido, es el maestro quien deberá adecuar su forma de enseñar a las necesidades del alumno, y no lo contrario. Resolver esta caja exige dominio de la didáctica, entendida ésta en su acepción original: el arte de enseñar. Esto se hará en el capítulo 10.

CAJA 10. Recursos Didácticos. El proceso de diseño curricular termina cuando se analizan los recursos que permitirán apoyar al maestro en la conducción del proceso de enseñanza-aprendizaje. Para seleccionar los recursos didácticos más adecuados conviene tener presente la organización de los contenidos. Resolver esta caja exige conocimiento de la tecnología educativa

aplicada al desarrollo de material didáctico. De esto se ocupa el capítulo 11 y último de este trabajo.

* INSTRUMENTACION DE LA PROPUESTA *

Por último, para operar la propuesta curricular se requieren tres elementos fundamentales:

CAJA 11. Sistema de Evaluación del Aprendizaje. Habrá que disponer de un sistema que nos permita indagar la forma en que los alumnos están aprendiendo, es decir, la forma en que están logrando los objetivos de aprendizaje.

CAJA 12. Capacitación de Profesores. Para que los profesores puedan enseñar una disciplina de la que tienen muy poco o ningún conocimiento sistemático, habrá que capacitarlos.

CAJA 13. Sistema de Evaluación Curricular. Todo modelo curricular tiende a la obsolescencia si no es permanentemente evaluado y ajustado a la evolución de la disciplina especialmente cuando cambia tan rápido como la computación y de las necesidades sociales. Por ello se requiere diseñar un sistema de evaluación curricular.

Las tres últimas cajas se comentarán brevemente en las conclusiones que se presentan al final de este trabajo y se bosquejará una estrategia metodológica para realizar una prueba experimental que permita evaluar las dificultades que implica la puesta en práctica de la propuesta.

* * *
* * *

El verdadero y legítimo fin de las ciencias consiste en que la vida humana se enriquezca con nuevos descubrimientos y nuevos poderes.

Sir Francis Bacon

PRIMERA PARTE

CAPITULO I

EL DESARROLLO DE LA COMPUTACION

Ingenioso Teuth, respondió el rey, el genio que inventa las artes no está en el caso de la sabiduría, que aprecia las ventajas y desventajas de sus efectos verdaderos. Padre de la escritura y entusiasmado con tu invención, le atribuyes todo lo contrario a sus efectos verdaderos. Ella no producirá sino el olvido en las almas de los que la conozcan, haciéndoles despreciar la memoria...

(Diálogo entre el rey egipcio Tamus y el dios Teuth, inventor de los números, el cálculo, la geometría, juegos como el ajedrez y, en fin, la escritura)

Fedro.
Platón

La historia de la tecnología se encuentra tan íntimamente ligada a la historia del hombre, que seguramente no resultaría fructífero tratar de dissociarlas. Una de las características fundamentales que diferencian al hombre del resto de animales en la escala evolutiva es, precisamente, el uso de instrumentos cada vez más complejos. El antropoide se comienza a humanizar justo cuando comienza a utilizar instrumentos. Desde entonces, la tecnología dominante en una época -las tecnologías definidoras de que habla Bolter [1988]- han influido profundamente no sólo en las condiciones materiales de vida, sino también en la concepción misma del universo, la vida espiritual y la sociedad. Pues bien, conviene plantearlo desde ahora, todo apunta a que la tecnología definidora de nuestra época es, justamente, la computación.

En este primer capítulo nos interesa bosquejar una panorámica del desarrollo histórico de la computación, tal que nos permita un acercamiento a la comprensión del estado actual de esta disciplina y de sus múltiples y complejos efectos sobre la vida humana, tanto en su dimensión social como individual.

1.1. LA PREHISTORIA DE LA COMPUTADORA.

Piaget nos hizo ver que el desarrollo del pensamiento matemático sigue un orden bastante regular. En sus primeros años, aproximadamente hacia los 4 o 5, el niño es capaz de contar, pero sorprendentemente aún no dispone de la noción de cantidad. Si a un niño en esta etapa se le presentan cinco dedos extendidos en una mano y se le pregunta ¿cuántos hay?, podrá responder "cinco"; si después se flexionan dos de ellos, escondiéndolos, podrá decir que ahora hay tres; pero si se le muestran al mismo tiempo las dos manos, una con los cinco dedos extendidos y la otra con sólo tres, y se le pregunta ¿En qué mano hay más? ¡Entonces el niño no podrá contestar! La razón es clara, el niño aún no tiene la capacidad de establecer relaciones de cantidad, y habrá que esperar, aproximadamente, hasta los seis años, edad en que estará maduro para hacerlo [cf. Piaget, 1988: cap. 1].

Este fenómeno, científico en el sentido de que es susceptible de prueba empírica, nos hace recordar la llamada *Ley Biogenética Fundamental*, que Haeckel¹ propuso en 1866. Recordemos que esta ley postula, en síntesis, que la ontogenia recapitula a la filogenia. En otras palabras, el desarrollo de los animales superiores -y muy particularmente del hombre- desde la concepción hasta el individuo maduro, reproduce los trazos fundamentales del desarrollo de su especie. Por caminos muy diferentes de los de Haeckel, Piaget² descubrió que esto ocurre también en el desarrollo de la inteligencia. Bajo esta concepción puede analizarse el desarrollo histórico de la computación.

La historia del cálculo debe haberse iniciado cuando el hombre ya fue capaz de operar con la cantidad. Se ha sugerido la idea de que el hombre comenzó a hacer cálculos usando piedrecillas. Por ejemplo, cuando un pastor sacaba su rebaño por la mañana, ponía dentro de una pequeña bolsa un guijarro por cada oveja que salía del corral; cuando regresaba por la noche, por cada oveja que entraba al corral sacaba ahora un guijarro. De este modo, estableciendo

1 Ernst Heinrich Phillip Augusti Haeckel, zoólogo y teórico de la evolución darwinista alemán, nacido en 1834 y muerto en 1919.

2 Jean Piaget, zoólogo suizo nacido en 1896 y muerto en 1980. Aunque sus estudios formales fueron en zoología (disciplina en la que alcanzó el doctorado) pronto cambió su área de interés hacia la psicología, donde consolidó toda una corriente de pensamiento conocida genéricamente como cognoscitivism.

una correspondencia uno-a-uno entre piedras y ovejas, podía saber si su rebaño había regresado completo. Si al terminar de entrar el rebaño al corral sobraban guijarros, entonces faltaban ovejas, y viceversa. En realidad lo que estos pastores hacían, era establecer relaciones uno-a-uno entre dos conjuntos, el de ovejas y el de guijarros. Así la bolsa con piedrecillas se convertía en un recurso mnemotécnico de contabilidad. Aunque en un sentido muy elemental, era una máquina calculadora. Por cierto, así se explica el doble significado del vocablo latino *calculus*: por un lado el de cuenta, cómputo, o investigación que se realiza mediante operaciones matemáticas; y, por el otro, el de concreción o piedra, significado éste que aún subsiste principalmente en medicina (v. g. cálculo renal).

De la bolsita de guijarros del pastor hasta el ábaco, sólo hubo que dar un pequeño paso. Los vestigios más antiguos que se han localizado del ábaco se remontan, por lo menos, al año 3 mil a.n.e. y se ubican en Babilonia. El ábaco es, en sentido estricto, una máquina calculadora. En la forma en que ahora lo conocemos, cada cuenta representa un dígito, y combinando dígitos y posiciones podemos representar cantidades realmente grandes con unas pocas hileras de cuentas. El ábaco resultó tan efectivo como auxiliar para el cálculo, que aún en la actualidad, especialmente en Oriente, se le utiliza en el comercio con una frecuencia mucho mayor de la podríamos suponer a primera vista. Y no debe pensarse que su uso es privativo de países tecnológicamente atrasados, pues el ábaco sigue siendo popular desde Rusia, pasando por Medio Oriente y China, hasta el Japón. El uso actual del ábaco parece estar más determinado por factores culturales que por factores tecnológicos.

Pero el desarrollo de máquinas calculadoras antiguas no parece haberse detenido en el ábaco. Price [1959] reportó en el *Scientific American* un hallazgo asombroso. En 1900 unos pescadores de esponjas, buceadores tradicionales que aún hoy se sumergen sin equipo, encontraron accidentalmente los restos de una nave hundida frente a la isla griega de Antiquitera, en el Mar Egeo. Entre los objetos que lograron rescatar se encontraban unos trozos de bronce, cuya forma era irreconocible por la corrosión y las incrustaciones. Cuando pudieron limpiarlos quedó claro que se trataba de piezas de un mecanismo; pero aunque estos objetos claramente evocaban piezas de relojería, no se tuvo entonces la menor idea del tipo de mecanismo de que se trataba. Como, además, los restos de la nave se fecharon en el siglo I a.n.e., las piezas fueron enviadas a un museo, sin poder precisar su función.

Hubo de pasar más de medio siglo para poder comprender al aparato de Antiquitera. Fue hasta 1955 cuando finalmente las piezas lograron ser armadas. El resultado fue un aparato de 16.4 cm. de ancho por 20.6 cm. de alto y 4.8 cm. de fondo. El tamaño mismo del aparato indica el nivel de precisión tecnológica

que exigió su construcción. Dice Price [1959: 66] al describirlo, que este sorprendente aparato es "...como un gran reloj astronómico, sin escape, o como una computadora análoga moderna, que emplea partes mecánicas para evitar cálculos tediosos". Todo hace suponer que este aparato, que funcionaba girando una manivela, permitía realizar con gran facilidad cálculos enormemente complejos para la época en que fue construido. Los resultados se representaban en una carátula y, leídos por alguien capacitado, indicaban la posición del sol y de los planetas en el Zodíaco.

El descubrimiento de esta "computadora griega" demostró, más allá de toda duda, que hace dos mil años los griegos -al menos élites muy selectas- lograron construir mecanismos que exigían una tecnología altamente avanzada, además de grandes conocimientos de astronomía y de matematización del tiempo. Por su nivel de complejidad, en palabras de Price [1959: 60]:

"Nada parecido a este instrumento se ha preservado en ninguna otra parte; nada comparable a él ha aparecido en ningún texto científico antiguo ni en alusión literaria alguna. Por el contrario, conforme a todo lo que sabemos de ciencia y tecnología de la época Helénica, cabría suponer que tal aparato no pudo existir".

El caso es que existió. Pero esto no debe llevarnos a la conclusión fácil de que mil setecientos años antes de Pascal ya existían calculadoras. El aparato de Antiquitera no puede representar el estado de la ciencia y la tecnología en la Grecia Antigua. En realidad debe considerársele como una verdadera asincronía dentro de su época. Cuando Bolter [1988: 21] discute la significación histórica de este aparato, deja claro que

"Al valorar la tecnología del pasado se corre el gran peligro de caer en anacronismos. Algún aparato puede parecernos que es una computadora: sin embargo, es muy probable que no fuera una computadora para sus contemporáneos, es decir, no funcionó en su cultura como funcionan las computadoras hoy día. Quizá fue un adorno o un juguete."

En otras palabras, una tecnología sólo define a su época cuando logra impactar sus modos de vida, de producción y de pensamiento; en una palabra, su cultura.

En este sentido, no cabe duda de que el ábaco fue la tecnología de cómputo definidora de las culturas hasta el Renacimiento.

1.2. LAS PRIMERAS MAQUINAS CALCULADORAS.

La máquina calculadora nace a finales del Renacimiento, justamente en los años en que Comenio³ traducía al latín su *Magna Didáctica*, obra que habría de reformar profundamente los sistemas educativos de su época y prefigurar el modelo pedagógico que hoy predomina en todo el mundo.

Con el gran avance que experimentó el conocimiento matemático en los últimos siglos de la Edad Media y durante el Renacimiento, y con su creciente aplicación a problemas prácticos y cotidianos, se presentaron las condiciones propicias para que Pascal⁴ desarrollara en 1642 su *Máquina Aritmética Digital*, que constituye el primer antecesor de las modernas máquinas calculadoras. Por cierto, Pascal inventó esta máquina para facilitar a su padre los cálculos requeridos por su negocio: la calculadora nace vinculada a los negocios. Años más tarde Leibniz⁵ introdujo avances a este instrumento de cálculo, e inició así un largo proceso de desarrollo y perfeccionamiento que llegaría hasta nuestros días.

No cabe duda que las máquinas desarrolladas por Pascal y Leibniz contribuyeron significativamente al advenimiento de la Ilustración, movimiento filosófico y literario caracterizado por su extremada fe y confianza en el hombre y en la capacidad de su razón para resolver todos los problemas de la vida humana. Habría que esperar tres siglos para que otros dos gigantes, Turing y Gödel⁶, nos desilusionaran y reubicaran.

3 Jan Amos Komensky, mejor conocido por su nombre castellanizado de Juan Amós Comenio, líder religioso nacido en Nivnice, Moravia y muerto en 1670 en Amsterdam. Se le ha considerado fundador de la pedagogía moderna.

4 Blaise Pascal, matemático, físico y filósofo francés nacido en 1623 y muerto en 1662.

5 Gottfried Wilhelm Leibniz (o Leibnitz), filósofo, matemático y consejero político alemán nacido en 1646 y muerto en 1716.

6 Kurt Gödel (o Goedel), matemático y lógico nacido en Austria en 1906 y muerto en Estados Unidos en 1978. probó el teorema que lleva su nombre y que demuestra la imposibilidad de lograr una aritmética sin contradicciones, lo que terminó con el sueño de axiomatizar por completo la matemática.

Desde sus prototipos, la máquina calculadora ha conocido los más diversos tamaños, formas y fuentes de energía motriz, desde la humana hasta la nuclear.

Aquí conviene insertar una precisión sobre el concepto de calculadora, que más tarde servirá para poder diferenciarla de una computadora. La *memoria* de una máquina puede definirse como la capacidad para almacenar valores determinados o resultados intermedios, independientes del proceso que se realiza en un momento dado, y recuperarlos cada vez que se requieran para utilizarlos en el procesamiento. En la memoria, además, pueden guardarse instrucciones para guiar el proceso mismo. Pues bien, una máquina calculadora, como se le concibe actualmente, es un instrumento capaz de realizar operaciones aritméticas simples y calcular funciones matemáticas más o menos complejas. La calculadora carece de memoria y, como instrumento de cálculo, trabaja con números exclusivamente. Sin embargo debe observarse que lo anterior es válido únicamente bajo una concepción estricta, pues hoy día ya no es fácil establecer una frontera clara entre las calculadoras de bolsillo -que incorporan pequeñas memorias e incluso pueden ser programadas- y las computadoras. En estos casos resulta difícil decir si se trata de poderosas calculadoras o de computadoras rudimentarias.

1.3. LA TEJEDORA AUTOMÁTICA.

Pero volvamos al desarrollo histórico de la computación. Si se tratara de identificar algún campo representativo de la Revolución Industrial, podríamos escoger legítimamente a la industria textil. Y fue justamente en los telares ingleses de esa época donde tuvo su origen lo que, a falta de un término castellano con un significado preciso, hoy conocemos como software⁷.

Ante la necesidad apremiante de automatizar la producción textil para aumentar su eficiencia, en 1790 Jacquard⁸ concibió un telar automático capaz de producir tejidos con complejos patrones, mediante el control de los movimientos de varias lanzaderas de hilos de diferentes tipos y colores. Pero fue hasta 1805, en gran medida debido al clima de cambio que había producido la

7 Para facilitar la lectura, el significado de los tecnicismos y otros términos importantes se definen en un Glosario que se presenta al final de este documento.

8 Joseph Marie Jacquard, inventor francés nacido en 1752 y muerto en 1834.

Revolución Francesa, cuando finalmente logró poner a funcionar su invento a nivel de producción industrial.

El control de la máquina (que algunos autores de hoy llamarían "cerebro") consistía en simples tarjetas de acero, a las que se practicaban perforaciones. Cada perforación activaba una lanzadera, con lo que se lograba el patrón deseado. De este modo, el patrón que se quería para el tejido era *programado* (en un sentido estricto, actualmente vigente) mediante perforaciones o no perforaciones en la tarjeta. Claramente, aunque Jacquard no lo vio así, la perforación o su ausencia constituía un código binario, absolutamente equivalente al que utilizan actualmente todas las computadoras digitales. Habría que esperar a Boole para formalizar la lógica de este sistema. Este invento tuvo tal éxito, que sólo un año después de que comenzó a funcionar fue declarado propiedad pública, y se recompensó a Jacquard con una pensión gubernamental y con regalías por cada máquina que se fabricase con su sistema.

Poco después las tarjetas metálicas fueron sustituidas por otras de papel, que prefiguraban con toda claridad a las que se utilizarían en las computadoras de los años 60s de nuestro siglo.

1.4. LA PRIMERA COMPUTADORA... HIPOTETICA.

Para el siglo XIX la calculadora mecánica seguía dominando el terreno del cómputo. Pero con el avance que para entonces había tenido la tecnología, las necesidades de cálculo habían crecido en forma espectacular. Principalmente en el terreno militar, la balística y la navegación exigían cálculos cuyo desarrollo, aunque ya se dominaba, resultaba largo y tedioso, y no siempre era posible disponer oportunamente de los resultados. En estas condiciones, aún a principios del siglo XIX, por ejemplo en la artillería, era imposible calcular la trayectoria de un proyectil, por lo que lo más común era afinar el tiro por ensayo y error: el artillero simplemente ordenaba disparos "de prueba", y si el disparo se pasaba del blanco, se reducía el ángulo de elevación del cañón; si en cambio quedaba corto, se aumentaba el ángulo. Es claro que en estas condiciones, disponer de calculadoras más rápidas y poderosas resultaba estratégico.

Fue en esta época cuando Babbage⁹ comenzó a trabajar en el perfeccionamiento de la calculadora. A principios del siglo XIX logró construir una pequeña calculadora capaz de ejecutar cálculos con una precisión de hasta 8 dígitos decimales. A partir de este éxito, bastante considerable para su tiempo, Babbage consiguió apoyo del gobierno inglés para desarrollar otra máquina

más potente, capaz de alcanzar una precisión de hasta 20 decimales. Sin embargo, aunque logró diseñarla completamente en teoría, la máquina no pudo ser construída, pues entonces se carecía por completo de la capacidad técnica y mecánica para ello.

A pesar del relativo fracaso anterior, continuó trabajando sobre su idea y a mediados de la década de los 1830s, aplicando la idea de las tarjetas perforadas de Jacquard, Babbage dio un paso decisivo en la historia del cómputo, al diseñar la que llamó su "Máquina Analítica", primera precursora de las modernas computadoras digitales. En este ingenio Babbage previó dispositivos para ejecutar cualquier secuencia de operaciones matemáticas a partir de instrucciones codificadas en una tarjeta perforada: es decir, concibió la construcción de una máquina programable. Por primera vez se había planteado técnicamente la automatización del cómputo. Para lograr lo anterior, la máquina de Babbage incluía una unidad de memoria que almacenaría números, transferiría el control conforme lo dispusiera el programa y, en general, tendría la mayoría de los elementos funcionales básicos que hoy incorporan las computadoras.

Por desgracia, si ya de por sí la tecnología disponible en su tiempo no le permitió construir su segunda calculadora, mucho menos le permitió construir su "Máquina Analítica". De este modo todo quedó en un proyecto que, dado el carácter predominantemente utilitarista de la Inglaterra de Babbage, fue sepultado por el olvido durante más de un siglo, hasta que en 1937 fueron rescatadas sus notas, que ya para entonces tuvieron un valor puramente histórico.

1.5. LA TARJETA PERFORADA Y LA COMPUTACION.

En la Norteamérica de finales del siglo XIX, Hollerith¹⁰ se interesó en el problema de automatizar el cálculo, después de trabajar en el censo de 1880. Más tarde, durante el tiempo que trabajó en la Oficina de Patentes de Washington, aplicó el concepto de la tarjeta perforada de Jacquard e inventó varias máquinas para registrar estadísticas mediante tarjetas hechas de material aislante, a las cuales se practicaban perforaciones que, al permitir el paso de corriente eléctrica, contaban los ítemes.

9 Charles Babbage, matemático e inventor inglés nacido en 1792 y muerto en 1871.

10 Herman Hollerith, inventor estadounidense nacido en 1860 y muerto en 1929.

Este sistema, cuya aplicación práctica tuvo más éxito en Europa que en América, constituye un importante paso en el desarrollo de la computación. De hecho, hasta los años 1960s a las tarjetas perforadas que se utilizaban para introducir datos y programas en las computadoras se les conoció como "Tarjetas Hollerith".

El éxito de Hollerith en la explotación comercial de sus inventos merece comentarse, aunque sólo sea brevemente, por constituir importantes trazos históricos en el desarrollo de la computación. En 1896 Hermann Hollerith incorporó la Tabulating Machine Company en Nueva York, firma que, después de múltiples fusiones, en 1911 llegaría a constituir la International Business Machines, el famosísimo consorcio IBM, que ha jugado un papel protagónico en la evolución de las computadoras, desde sus orígenes.

1.6. LA CIENCIA DE LA COMPUTACION.

La computadora, a diferencia de la calculadora, supone realizar operaciones lógicas, además de numéricas. Ninguna máquina como la computadora ha establecido una diferencia tan profunda entre el instrumento físico compuesto por cables, elementos electrónicos y metal, a lo que se ha llamado *hardware*, por una parte, y por la otra la programación y los datos, el *software* del que ya hablamos. Si bien desde Pascal hasta Babbage el énfasis se había puesto en el hardware, para pasar de la calculadora a la computadora ahora se requería de una ciencia para formalizar el desarrollo del software, fundamentalmente en los aspectos lógicos y conceptuales. Para ello, en el espacio de apenas un siglo, habrían de trabajar tres personajes claves en la historia de la computación: Boole, Turing y Von Neumann.

En 1854 Boole¹¹ publicó sus "Laws of Thought" (Las Leyes del Pensamiento), obra crucial en el desarrollo de la computación en la que se formaliza completamente, por primera vez en la historia del hombre, un método simbólico de inferencia lógica de aplicación universal; este método permite, dada cualquier cantidad de proposiciones decidibles, cada una involucrando cualquier número de términos, obtener conclusiones lógicamente válidas mediante el procesamiento de las premisas. Esto se debe al hecho de que, en principio, toda proposición lógicamente decidible sólo acepta dos valores: *falso* o *verdadero*, a estos se le puede representar respectivamente como "0" y "1", y operar enton-

11 George Boole, matemático inglés nacido en 1815 y muerto en 1864.

ces con ellos. He aquí la base de toda la moderna lógica computacional. A esta variable dicótoma fundamental se le llama ahora *bit*, palabra que resulta de contraer los anglicismos *Binary digiT* (dígito binario).

Debe observarse que este método está formalizado a tal grado, que ni siquiera requiere ser aplicado por un ser humano: las operaciones pueden ser realizadas mecánicamente. De este modo Boole puso el razonamiento al alcance de la máquina. Sin embargo, con el desarrollo de la psicología moderna se ha visto que realmente lo que Boole formalizó no fueron las leyes del pensamiento, sino un profundo y fértil isomorfismo entre las operaciones algebraicas y los silogismos lógicos. Por otro lado, desde un punto de vista matemático, también con el tiempo se pudo observar que Boole desarrolló muchísimo más que un método: desarrolló toda una álgebra. De hecho hoy se conoce a este cuerpo de la matemática como el *álgebra booleana*.

Turing¹² es el segundo de los grandes pioneros de la teoría de la computación. En 1937 escribió "On Computable Numbers, With an application to the *Entscheidungsproblem*" (Sobre los Números Computables, Aplicado al Problema de la Decisión), artículo fundamental en la historia de la computación, en el que se prueba que existen algunos problemas matemáticos que no es posible resolver mediante un algoritmo susceptible de ejecutarse por una máquina automática: en otras palabras, existen problemas imposibles de resolver mecánicamente. Pero lo más importante del artículo es que en él se demuestra que es posible construir una máquina universal (la *Máquina de Turing*) capaz de realizar el trabajo de cualquier máquina lógica diseñada para algún propósito específico.

Este concepto, que ha sido considerado como uno de los mayores logros de la inteligencia humana, colocó los cimientos teóricos para el desarrollo de las computadoras electrónicas digitales, que vendrían sólo una década después. Aquí conviene observar que el propio Turing participó en 1945 en la construcción de la ACE (Automatic Computer Engine) y dirigió en 1948 la construcción de MADAM (Manchester Automatic Digital Machine).

Más tarde Turing afirmó que, con el desarrollo de la tecnología, podría construirse una máquina capaz de pensar a semejanza del ser humano, con lo que inició la discusión sobre la inteligencia artificial. De hecho afirmó que, con un programa adecuado, el "pensamiento" de la máquina sería indistinguible del pensamiento humano. Para esto propuso una prueba: en tres cuartos, total-

12 Alan Mathison Turing, matemático y lógico inglés nacido en 1912 y muerto en 1954.

mente aislados entre sí, se colocaría a una computadora en uno, a un experto humano en cierto tema en el segundo, y a un interrogador (juez) -por supuesto, también humano- en el tercero. La computadora y el experto estarían comunicados y sólo existiría comunicación del juez con los otros dos cuartos mediante un teclado (emisor) y una impresora (receptor). El juez plantearía libremente preguntas sobre el tema en cuestión, mismas que contestarían, independientemente, la máquina y el experto humano. Si el juez era incapaz de distinguir quien había dado cada respuesta, tendría que concluirse que la máquina pensaba como el experto. Más de medio siglo después de que se propuso la *Prueba de Turing*, y a pesar del enorme desarrollo de los llamados *sistemas expertos*, las computadoras más modernas siguen siendo totalmente incapaces de pasarla con éxito.

A Von Neumann¹³ le correspondió hacer la siguiente gran aportación a la teoría computacional. Hasta antes de él, siguiendo la lógica de las tarjetas perforadas desarrolladas por Jacquard y aplicadas a la computación por Babbage y Hollerith, se había aceptado implícitamente que instrucciones y datos eran cosas diferentes, y por tanto había que tratarlas por separado. En consecuencia, por una parte se suministraban los datos a ser procesados y por otra se introducían las instrucciones de procesamiento.

En primer lugar Von Neumann formalizó el concepto de *programa de computadora*; pero, mucho más importante que esto, además concibió la idea de presentar a la máquina los datos y las instrucciones del programa codificados exactamente igual, en forma de ceros y unos booleanos. De este modo, un conjunto determinado de bits (un *byte*), digamos "00100110" podía representar tanto un dato como una instrucción. Además, ambos se almacenaban en la misma memoria de la máquina. ¿Pero entonces cómo lograba ésta diferenciar entre datos e instrucciones? La simplicidad de la respuesta es lo que dio a la idea de Von Neumann su carácter genial: la diferencia se hace simplemente por posición. Cierta área de la memoria se reserva para los datos y otra para el programa.

Con este simple diseño lógico Von Neumann estableció las bases para construir las primeras computadoras digitales. Este diseño se implementó por primera vez en 1947, al construir la EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer). Pero lo más sorprendente es que, a pesar de las enor-

13 John Von Neumann, matemático nacido en Hungría, naturalizado alemán y más tarde estadounidense, nació en 1903 y murió en 1957.

mes transformaciones que han sufrido las computadoras, su arquitectura básica sigue aplicando el modelo de la *Máquina de Von Neumann*.

Está fue su aportación principal, pero por cierto no fue la única. En el campo de la computación Von Neumann también resolvió otro problema fundamental: cómo lograr, mediante diseño lógico, que puedan obtenerse respuestas confiables de una máquina construida con componentes falibles; en otras palabras, cómo evitar que la computadora se equivoque. Quizá la confiabilidad en el funcionamiento de la computadora sea una de sus características que más han colaborado a convertirla en un mito. Von Neumann también aportó al manejo de la memoria mediante el concepto de aleatoriedad¹⁴, y al problema de construir autómatas capaces de reproducirse a sí mismos.

1.7. LAS PRIMERAS COMPUTADORAS.

Tal vez sea este el momento en que convenga establecer la diferencia entre los dos tipos actuales de computadora: la analógica y la digital. Una *computadora analógica* es una máquina mediante la cual cantidades físicas de una variable continua (tales como potenciales eléctricos, presión de fluidos o movimientos mecánicos) representan en forma proporcional cantidades cuya naturaleza puede ser muy distinta (v.g. el tiempo en un reloj). Para resolver un problema, un sistema análogo se ajusta a condiciones iniciales y después se deja cambiar libremente, al terminar se obtiene la respuesta midiendo las variables. Las computadoras analógicas resultan especialmente poderosas en la simulación de sistemas dinámicos, tanto a tiempo real como a enormes aceleraciones o desaceleraciones, y se han aplicado a propósitos casi siempre específicos como aeronáutica, redes hidráulicas y plantas químicas, nucleares o industriales.

Las computadoras digitales, en cambio, solucionan problemas mediante el procesamiento de variables discretas. En realidad, independientemente de la forma que tomen, todos los símbolos que puede manejar una computadora digital son dos, y sólo dos: **cero** o **uno**. Cualquier tipo de símbolos que utilice un ser humano para comunicarse con la máquina (números, letras, símbolos especiales), a final de cuentas tendrán que reducirse a combinaciones de ceros y unos. La máquina, entonces, funciona contando, comparando y manipulando estos ceros y unos, ya sea en forma de datos o de instrucciones.

14 De donde surgió el concepto de RAM (Random Access Memory) o memoria de acceso aleatorio, que optimiza su uso mediante el acceso directo a una localidad cualquiera.

La computadora digital es la que mayor aplicación ha alcanzado en nuestros días. Su uso se ha popularizado hasta el punto de que, en el lenguaje coloquial, cuando hablamos de una computadora, regularmente nos referimos a una computadora digital. Conviene observar que en este trabajo centraremos la atención en este tipo de máquinas. Veamos ahora como surgieron las primeras computadoras.

LA MAQUINA DE ATANASOFF. Entre 1935 y 1942 el matemático y físico estadounidense John B. Atanasoff construyó el prototipo de una computadora digital electromecánica. Pero esta máquina aún estaba lejana conceptualmente de lo que serían las computadoras digitales que vendrían después.

LA MAQUINA DE BUSH. La primera computadora que se construyó, como ahora concebimos a estas máquinas, no fue una computadora digital, sino una analógica. Bush¹⁵, trabajando para la marina de guerra como líder del proyecto de detección submarina, desarrolló en el Massachusetts Institute of Technology de Cambridge un analizador para solucionar ecuaciones diferenciales. Cuando terminó de construirse en 1944, esta máquina fue capaz de manejar ecuaciones con hasta 18 variables independientes, presagiando a las computadoras electrónicas que se desarrollarían después de la Segunda Guerra Mundial. Ya perfeccionada, la máquina de Bush incorporaba un dispositivo de memoria que recuperaba información mediante codificaciones en microfilm.

LAS MAQUINAS DE AIKEN. Aiken¹⁶ trabajó para el US Navy Board of Ordnance en un proyecto para desarrollar una supercalculadora automática, capaz de ejecutar y seleccionar sin intervención humana cualquier secuencia de cinco operaciones básicas: suma, resta, multiplicación, división y recuperación de resultados previos. La primera de tales máquinas fue la Harvard Mark I, ingenio electromecánico que funcionaba mediante switcheo de relés eléctricos, fue terminado por el equipo de Aiken en 1944.

La Harvard Mark I era un verdadero monstruo: medía 15.3 m. de largo por 2.4 m. de altura y pesaba 31 toneladas y media; su alambrado se componía por 800 kilómetros de cable, unidos por más de 3 millones de conexiones hechas a mano. Trabajaba mediante programas codificados en cintas de papel perforado, que indicaban la secuencia de operaciones a realizar. Pero diseñar el

15 Vannevar Bush, militar e ingeniero electricista estadounidense nacido en 1890 y muerto en 1974.

16 Howard Hathaway Aiken, matemático estadounidense nacido en 1900 y muerto en 1973.

programa capaz de realizar un determinado proceso, podía implicar tal complejidad que sólo científicos e ingenieros de la más alta calificación eran capaces de hacerlo; además, cambiar el programa casi siempre exigía modificar el alambrado de la máquina. Sin embargo, una vez cargado el programa y habilitada la máquina, ya era manejable por personal con capacitación mínima.

Por supuesto, las primeras aplicaciones de la Harvard Mark I fueron para los militares que la habían financiado: se utilizó principalmente en el diseño, fabricación y desarrollo de artillería y balística. Tres años después terminó de construirse la Harvard Mark II, una máquina ya completamente eléctrica y bastante mejorada.

LAS MAQUINAS DE ECKERT Y MAUCHLY. A Eckert¹⁷ y Mauchly¹⁸, que trabajaban para la Universidad de Filadelfia, el gobierno les pidió buscar la forma de acelerar el recálculo masivo de tablas de artillería para el ejército. Ellos propusieron la construcción de una computadora digital de propósito general, capaz de manipular datos numéricos de cualquier tipo.

En 1946 terminaron la ENIAC (Electronic Numeric Integrator And Calculator). Esta fue una gigantesca máquina compuesta por 18 mil bulbos de vacío y 70 mil resistencias unidas por más de medio millón de conexiones soldadas a mano. El esfuerzo tecnológico fue gigantesco, tanto para construirla como para mantenerla funcionando. Cuando se fundía un bulbo -y esto ocurría con frecuencia- había que localizarlo y reemplazarlo a mano; además, disipar el calor resultaba una tarea ardua y costosa, pues consumía suficiente energía como para alimentar a un poblado pequeño. Como era de esperarse, las aplicaciones de la ENIAC fueron predominantemente militares, también en cálculos de balística. En 1949, construyeron su segunda máquina, la BINAC (BINary Automatic Computer), que introdujo la cinta magnética como medio de almacenamiento de datos, desplazando así por primera vez a la tarjeta o cinta de papel perforada.

17 John Presper Eckert, ingeniero estadounidense nacido en 1919.

18 John William Mauchly, físico e ingeniero estadounidense nacido en 1907 y muerto en 1980.

1.8. LA COMPUTADORA SALE DEL EJERCITO.

Ya independizados del ejército y asociados formalmente, Eckert y Mauchly construyeron su tercer modelo, la UNIVAC I (UNIVersal Automatic Computer), primera máquina que fue diseñada específicamente para aplicaciones comerciales a gran escala, saliendo así del ámbito militar e iniciando el *boom* de las computadoras. La presentación comercial de esta máquina fue al estilo norteamericano: se le presentó en un espectáculo publicitario por televisión, cuando la CBS la utilizó para predecir los resultados de las elecciones presidenciales de 1952. Por cierto, predijo tan acertadamente el aplastante éxito que obtendría Eisenhower, que tuvieron que suavizar los resultados antes de publicarlos, por temor al ridículo. Durante los primeros años de la computación el nombre UNIVAC estuvo a punto de sustituir al de "computadora".

En menos de 20 años Mauchly y Eckert recibieron 25 patentes relacionadas con mejoras a las computadoras. Su firma comercial fue adquirida en 1950 por Remington Rand Inc., que cinco años después se fusionó con Sperry Rand Co., una de las primeras compañías que entraron al campo de la computación, y que habrían de competir en las siguientes dos décadas con otras corporaciones gigantes como Control Data y Digital Equipment pero, sobre todo, con IBM.

1.9 . LAS MICROCOMPUTADORAS.

A mediados de los años 70s aparecen las microcomputadoras, principalmente como resultado del enorme avance que para entonces se había logrado por una parte en el hardware, con la miniaturización y la drástica reducción de los costos de los componentes, y por la otra en el software, con el desarrollo de sistemas operativos y paquetes de aplicación cuyo uso se había simplificado enormemente, poniendo a la computadora al alcance de personas con mínimos conocimientos en el área.

Típicamente, un equipo personal de cómputo se compone por una pequeña caja que contiene la unidad central de procesamiento, las unidades de memoria y las unidades de disco, ya sean fijos o removibles, con sus dispositivos lectores-grabadores; esta es la computadora propiamente dicha. Como equipo periférico se utiliza normalmente un teclado, un monitor de video y una

impresora, mediante los que el operador se comunica con la máquina. Todo este equipo cabe holgadamente en un escritorio pequeño.

En menos de una década estas máquinas ya habían reemplazado a la gran mayoría de los equipos grandes y medianos, no sólo en las aplicaciones comerciales, sino también en las aplicaciones personales, dando origen al cómputo personal, privado, opción que apenas diez años antes resultaba impensable. Actualmente los macroequipos han visto limitado su ámbito de aplicación casi exclusivamente a las grandes instituciones.

La computación personal muy pronto se vio potenciada por el desarrollo de redes, lo que permitió a las máquinas "hablar" entre sí, con el consecuente crecimiento exponencial en la capacidad de procesamiento, de memoria y, sobre todo, de intercambio de información. Actualmente ya no es una figura retórica hablar de *comunicación* vía computadoras, ya sea entre personas, entre instituciones o entre personas e instituciones.

Es precisamente sobre el cómputo personal que pondremos el énfasis en este trabajo. El cómputo personal inició una serie de cambios en los más diversos ámbitos de la vida individual y en comunidad, que habrían de tener profundos efectos sobre la organización social y sobre la cultura, como lo han analizado desde los más contrapuestos puntos de vista Lussato [1982], Shallis [1986], Bolter [1988] y Roszac [1990], entre otros. Pero dejaremos para los siguientes tres capítulos ahondar un poco en este tema.

1.10. LAS CUATRO GENERACIONES.

Desde la primera computadora electrónica hasta la fecha, su desarrollo tecnológico puede dividirse en cuatro etapas bastante definidas, a las que comúnmente se conoce como las *cuatro generaciones*. En seguida trataremos de resumir las principales características de cada una de ellas, pero debe tenerse en cuenta que la exposición será necesariamente esquemática y se basará en casos típicos, pues no dejaron de existir asincronías provocadas por equipos que se adelantaron a la época en que aparecieron.

LA PRIMERA GENERACION. Se inicia con las primeras máquinas que aparecieron a mediados de los años 40s. Se trató de instrumentos de cálculo compuestos por bulbos, memoria formada por cilindros magnéticos con capacidad no mayor a 7 u 8 k-bytes y lectoras y perforadoras de tarjetas como medio de entrada/salida de datos. Su velocidad de procesamiento no rebasaba

las 10 mil operaciones por segundo. Sus precios oscilaban entre 100 mil y 2.5 millones de dólares.

El alfabeto que eran capaces de manejar era estrictamente numérico. No disponían de sistema operativo, por lo que el manejo de la máquina estaba reservado exclusivamente a especialistas altamente calificados. El lenguaje de computación simplemente no existía, aunque comenzaron a desarrollarse rudimentarios lenguajes ensambladores.

LA SEGUNDA GENERACION. Se inicia a finales de los años 50s. Además del cálculo, la computadora comienza a aplicarse al procesamiento de datos administrativos. Estas máquinas incorporaron el transistor, los núcleos de ferrita y las cintas magnéticas para la memoria, lo que además de aumentar su confiabilidad, logró que su capacidad llegara hasta los 32 kbytes; aparecen los *chips*, pequeñas pastillas de silicio que contenían cientos de transistores, diodos y resistencias, lo que inició la miniaturización y reducción del costo del equipo y redujo también el consumo de energía. Como medios de entrada/salida siguieron prevaleciendo las tarjetas perforadas. Su velocidad de procesamiento alcanzó las 100 mil operaciones por segundo. Sus precios variaban entre los 100 mil y los 10 millones de dólares.

El alfabeto que manejaban ya incluía, además de números, letras y algunos caracteres especiales. Como lenguajes de programación se perfeccionaron los ensambladores y aparecieron FORTRAN y ALGOL como primeros compiladores, además aparecieron las bibliotecas de procedimientos, con lo que se redujo la exigencia de personal con alta preparación científica para su manejo.

LA TERCERA GENERACION. Estas máquinas entran al mercado a finales de los años 60s, apareciendo las mini y posteriormente las microcomputadoras. Como su aplicación principal aparecieron los sistemas de información tanto para fines administrativos como institucionales y de investigación. La tercera generación de computadoras introduce los circuitos integrados y la memoria secundaria en cintas y discos recubiertos de película magnética, lo que incrementa la miniaturización y reduce aún más los costos. La capacidad de la memoria central llegó hasta los 256 k-bytes y la secundaria hasta un megabyte (mil millones de bytes). La tarjeta perforada es desplazada por los discos y las cintas como medios de entrada/salida. La velocidad de procesamiento alcanza el millón de operaciones por segundo y su precio oscila entre 50 mil y 100 millones de dólares.

El alfabeto que podían manejar estas máquinas se componía por números, letras y caracteres especiales. Nuevos sistemas operativos simplificaron notablemente la operación de la máquina, pues ya se ocupaban de manejar discos,

multiproceso, memoria dinámica, memoria virtual y otros procesos que, si los realizara el programador, resultaría enormemente complejo; no cabe duda que el desarrollo de estos sistemas operativos fue una de las piedras angulares de la popularización que alcanzaría la computadora, pues ya no sólo ingenieros especializados podían operarla. Aparecieron los lenguajes estructurados de alto nivel como COBOL, C y PASCAL, lo que amplió enormemente las fronteras del desarrollo de sistemas.

LA CUARTA GENERACION. Esta generación, que es la actual, entra al mercado a finales de los años 70s. Sus aplicaciones principales incluyen sistemas de información, sistemas de comunicación y, sobre todo, el cómputo personal. Incorpora como nuevos componentes a las memorias MOS (Metal Oxyde Sylicates) en microelectrónica de muy alto nivel de integración (VLSI). Su capacidad de memoria central (RAM) va desde 640 k-bytes hasta más de 10 megabytes; en memoria secundaria ya resulta difícil establecer límites a la capacidad de almacenamiento. Los medios de entrada/salida se diversifican, y aparecen las terminales inteligentes, los diskettes, los digitalizadores y graficadores, los lectores ópticos, el "ratón" y muchos otros. Su velocidad de procesamiento ya rebasa ampliamente los 10 millones de operaciones por segundo y su precio va desde mil dólares hasta 100 millones.

La cantidad de símbolos alfabéticos que pueden manejar las máquinas actuales ya es, prácticamente, irrestricto. Además pueden manejar cualquier alfabeto humano actual, desde las diversas versiones derivadas del latín (español, inglés, portugués, sueco, etc.), hasta hebreo o japonés. Hoy estas máquinas pueden ser, y de hecho son, manejadas por prácticamente cualquier persona; existen incluso versiones para analfabetos. Los lenguajes de programación se han simplificado, aumentando al mismo tiempo su poder, y van desde superlenguajes estructurados, lenguajes de inteligencia artificial, lenguajes de paquetería y lenguajes descriptivos y gráficos. Por sorprendente que parezca, tendríamos que aceptar que las máquinas de la cuarta generación han logrado rebasar las posibilidades de explotación de la mayoría de sus usuarios.

1.11. LAS PROSPECTIVAS.

Cómo serán las computadoras del futuro próximo y cuáles serán sus aplicaciones es algo que aún está por verse, pero cualquier prospectiva que se intente debería tener presentes las exageraciones que se han cometido en el pasado. Los ejemplos sobran, pero sólo veremos dos. En primer lugar, Roszac [1990: 150-151] cita una declaración típica de principios de los años 70s, que en este caso correspondió a Marvin Minsky, filósofo de la ciencia y uno de pio-

neros de la inteligencia artificial del Laboratorio de Inteligencia Artificial del Massachusetts Institute of Technology, quien en Septiembre de 1970 hizo a la revista *Life* la siguiente declaración:

"Dentro de tres a ocho años tendremos una máquina con la inteligencia general de un ser humano medio. Me refiero a una máquina que podrá leer a Shakespeare, engrasar un coche, intervenir en las politiquerías de la oficina, contar un chiste, sostener una pelea. En este punto la máquina empezará a educarse con fantástica velocidad. En unos meses habrá alcanzado el nivel de genio y, transcurridos varios meses más, su poder será incalculable."

Veinte años después de esta predicción, vemos cada vez menos probable su realización. Dentro del área de la inteligencia artificial, igual suerte han corrido las predicciones sobre la traducción automática de lenguajes humanos, área de investigación en la que durante años el gobierno estadounidense invirtió enormes sumas de dinero por considerarla una prioridad estratégica, hasta que una comisión de especialistas concluyó que las posibilidades de lograr este objetivo eran altamente improbables, por lo que clausuró el apoyo económico al proyecto.

Un segundo ejemplo: aquí, en México, McGovern [1984: 9] afirmaba que :

"Para fines de los años ochenta (el subrayado es nuestro) será posible proveer de educación preescolar y primaria efectiva a los alumnos, usando instrucciones programadas por los sistemas centrales al alcance de las computadoras domésticas. Los estudiantes podrán responder las preguntas interactivamente sobre el material estudiado, y recibirán información educativa en forma de video, con imágenes y voz. Las respuestas del estudiante determinarán las orientaciones adicionales que deberán ser dadas en cualquiera de las materias o áreas. Las respuestas a las preguntas también serán grabadas, para que puedan ser manejadas por el maestro o instructor".

El hecho es que las tendencias que vivimos a principios de los años 90s apuntan en sentido exactamente contrario. Este tipo de exageradas expectativas ha caracterizado a la computación desde sus inicios. Recuérdese la prueba de Turing.

Con esta prevención, analicemos brevemente las expectativas que se han propuesto para el futuro cercano. Hemos visto que el desarrollo de las computadoras ha pasado por cuatro grandes etapas. En la primera fueron utilizadas para el cálculo, como instrumentos de gran velocidad y potencia, en relación a sus antecesores mecánicos. En una segunda etapa el desarrollo se orientó mucho más a estudios lingüísticos para la comunicación hombre-máquina mediante lenguajes formales, lo que permitió que la computadora dejara de ser un recurso exclusivo de expertos altamente especializados, y se convirtiera en un instrumento al alcance de sectores sociales mucho más amplios. En una tercera etapa entró a las organizaciones de todo tipo, llevando consigo implícito un enfoque de sistemas que revolucionó los cimientos mismos de la administración y de las organizaciones. Finalmente, hoy en día la computación está revolucionando desde sus más profundas bases a la sociedad misma; al popularizarse y quedar al alcance de prácticamente cualquier persona (hemos dicho que aún analfabetas), las posibilidades de comunicación se han visto incrementadas hasta niveles insólitos. Por primera ocasión en la historia de la humanidad la computadora ha posibilitado una distribución selectiva de los mensajes, ahora es posible hacerlos llegar a quienes se desee, y sólo a ellos; de igual modo pueden recibirse selectivamente sólo aquéllos que interesen; la velocidad de transmisión ya resulta, en la práctica, instantánea; finalmente, la reproducción es exacta, las modernas técnicas de validación eliminan la posibilidad de error.

En el campo de los lenguajes, se ha avanzado desde el complicadísimo *lenguaje máquina* compuesto por largas hileras de ceros y unos, hasta los lenguajes de alto nivel, los lenguajes de inteligencia artificial, la paquetería y los sistemas expertos. Cada avance ha implicado un alejamiento de la máquina y un acercamiento al ser humano. Todo apunta a que esta tendencia continuará y permitirá una programación y una explotación cada vez más simple de la máquina. Los lenguajes aceptados por la computadora serán cada vez más cercanos al lenguaje humano coloquial, si bien en un horizonte previsible parece difícil que se alcance la conversación libre entre el hombre y la máquina, imagen que es tan popular en la ciencia ficción.

La robótica constituye otra importante área de desarrollo. Los robots que han logrado pasar de la etapa de investigación a la aplicación práctica, pese a su impresionante eficacia, aun no han logrado rebasar los patrones repetitivos de movimiento, por complejos que éstos sean. Con el reciente desarrollo de la inteligencia artificial es probable que los robots logren comportamientos más adaptativos al ambiente (*¿podría decirse más inteligentes?*), con lo cual sus posibilidades aumentarían notablemente y rebasarían el ámbito industrial.

Respecto a sus aplicaciones, puede decirse poco, pero abarcar mucho. Desde hace décadas las computadoras se han aplicado a los más diversos campos. Hoy sería difícil encontrar una actividad humana en la que no participen, ya sea en forma abierta u ocultas en los aparatos más insólitos: un horno de microondas, un automóvil, un marcapasos cardíaco, un satélite de comunicaciones. Parece que para el futuro lo que puede esperarse es un uso más intenso, pero no más extenso.

* * *

La computadora nació como una idea en las mentes de algunos de los hombres más brillantes de que se tenga memoria. De ahí pasó a los institutos de investigación, donde se convirtió en una ciencia y finalmente logró construirse con apoyo del ejército, como ha sucedido en la mayoría de avances científicos y tecnológicos de la historia, por lo que sus primeras aplicaciones fueron casi exclusivamente militares. Dado el alto costo de los primeros equipos, su uso sólo pudo extenderse a consorcios comerciales, pasando del ejército a los negocios. Pero con la gran reducción de costos y simplificación de su manejo, ya en las dos últimas décadas su uso comenzó a popularizarse y hoy vemos que ha entrado no sólo a pequeñas instituciones y negocios, sino que ha llegado a los escritorios de los hogares.

La computadora ha tenido un desarrollo vertiginoso en menos de medio siglo de existencia. Su incremento en eficacia y su reducción de costos no tiene paralelo en ninguna otra tecnología. Se ha propuesto una analogía [Perkinson, 1985] para comprender mejor el significado de este fenómeno: si la tecnología automotriz se hubiera desarrollado al mismo ritmo que la computación, ahora un Rolls Royce debería costar menos de tres dólares, en lugar de los 100 mil que cuesta; rendir un millón de kilómetros por litro de gasolina, en lugar de los apenas 8 que rinde... y no debería contaminar el ambiente en absoluto. Por supuesto que este impresionante desarrollo tecnológico ha traído aparejada una influencia cada vez mayor de la computadora en la vida humana, tanto en el nivel individual como en el social.

A pesar de las exageradas prospectivas que se han hecho para el futuro de la computación, de lo que ya no cabe duda es de que la computadora es hoy el instrumento por antonomasia de la época que nos tocó vivir: es su tecnología definidora. La computadora realmente nació como una supercalculadora, pero pronto logró las más diversas aplicaciones. Hoy tiene casi cualquier uso ima-

ginable y esto, inevitablemente, ha tenido un impacto cultural que no parece exagerado comparar al de la aparición de la escritura o la imprenta.

* * *
* * *

CAPITULO 2

EL HOMBRE ANTE LA COMPUTADORA

La mismísima alma del hombre se debe a las máquinas; es una cosa hecha por las máquinas. Piensa como piensa y siente como siente debido al trabajo que las máquinas han forjado en él, y la existencia de ambos es, tanto para él como para ellas, una **conditio sine qua non**.

**Erewhon
Samuel Butler**

A través de la historia puede observarse que la relación entre el hombre, la tecnología y sus máquinas, ha tenido un efecto profundo en sus concepciones del universo y de sí mismo. Resultaría muy difícil tratar de comprender a uno sin las otras. Profundos y antiguos mitos y tradiciones así lo demuestran. La alfarería fue la tecnología que definió a la época en que surgió la religión judía, y al hombre se le concibió entonces como un ente formado por arcilla, que recibió la vida mediante el soplo divino; con los mayas ocurrió algo semejante, cuando trataron de explicar el origen del hombre como una creación divina que fue formada de maíz, pues su tecnología dominante era la agrícola.

Los filósofos de la Grecia clásica también explicaron al mundo mediante analogías tecnológicas. En La República, Platón concibió un Estado formado completamente por artesanos y gobernantes capacitados para realizar esta tarea durante toda su vida; en el Timeo compara explícitamente al creador con un artesano -alfarero o carpintero- que forma al universo como criatura viviente, finita y esférica. Durante la Edad Media el interés se centró en aprovechar las fuerzas de la naturaleza, principal-

mente el viento y el agua; entonces apareció el reloj mecánico, que preparó la revolución que sufriría más tarde la concepción del tiempo; antes del reloj no existía comúnmente la práctica de dividir las horas en minutos, mucho menos en segundos. Pero el reloj no sólo afectó nuestra concepción del tiempo, también trajo una nueva perspectiva de automatización, regularidad y precisión mecánica. Comenio comparó el funcionamiento que debía tener la escuela con el del reloj y Descartes utilizó esta máquina como metáfora para explicar al hombre mismo. Durante la Revolución Industrial, con su predominante enfoque utilitarista, se concibió al universo como una máquina de vapor que desperdiciaba continuamente su energía.

En fin, la tecnología y sus máquinas, creaciones del hombre, siempre han influido poderosamente el concepto que ha tenido de sí mismo y del universo, en los ordenes social, económico, político, moral, artístico... en una palabra, su cosmovisión.

Ya hemos visto en el capítulo anterior que la tecnología dominante en la actualidad es la computación, y la computadora su máquina. En este capítulo discutiremos la forma en que ambas han afectado al hombre en su vida individual.

* *

2.1. EL CONCEPTO DE HOMBRE.

Pocas cosas son tan importantes para el ser humano como su autoestima, y ésta se ve determinada por la concepción que tiene de sí mismo. En el tránsito desde el homínido hasta el *homo sapiens*, el hombre fue conociendo gradualmente sus alcances y ganando confianza en sí mismo. En las culturas antiguas predominó la idea de que era una criatura totalmente dependiente de entidades superiores, metafísicas, a las que llamó Dios.

Con el nacimiento de la cultura helénica surge una profunda transformación en la imagen que el hombre tenía de sí mismo. Los dioses se antropomorfizan, no sólo en su forma, sino en sus emociones y comportamiento. Los Dioses griegos amaban, odiaban, ambicionaban y experimentaban envidia y celos. El propio universo asume proporciones humanas, pues los griegos no lo concebían infinito. En general, la cosmovisión helénica desplaza a Dios del centro y pone en su lugar al hombre. El hombre, pensaban, es la medida de todas las cosas. Así nace la cultura occidental. Esta concepción se habría de prolongar

durante la primera época de la cultura romana y perduraría hasta que el cristianismo logró convertirse en la religión dominante.

A pesar de los terrores religiosos, ya en el cristianismo, durante la Edad Media el hombre todavía logra fortalecer su autoimagen, aunque ésta habrá de cambiar radicalmente. Ahora el hombre es la suprema criatura de Dios. La tierra que habita fue creada para él y el resto del universo fue ordenado para adornarla. Nada en la creación es superior al hombre. El es el centro del universo. Esta autoimagen habrá de perdurar por mil años, hasta el renacimiento de la ciencia y la cultura.

Correspondió a Copérnico¹ asestar el primer golpe a la cosmovisión medieval, cuando priva a la tierra del privilegiado sitio que ocupaba como centro del universo en el sistema ptolemaico². Con esta radical reubicación de nuestro planeta, deviene una reconceptualización igualmente radical del papel del hombre en el universo. Muy poco tiempo después de Copérnico, Galileo³ con su telescopio habría de consolidar la certeza de que la casa del hombre no es más que una minúscula mota de polvo, perdida en la inmensidad de un espacio que resulta más desconcertante y desconocido mientras más se le conoce. A Galileo se le ha considerado el padre de la física, pero no sería exagerado considerarlo también el padre de la ciencia moderna. El hombre, en resumen, dejó de habitar el centro del universo.

Con su teoría de la evolución de las especies, Darwin⁴ no sólo propuso una explicación que resolvería el misterio del origen el hombre, sino que también asestó otro tremendo golpe, quizá el más devastador, a la imagen que el hombre se había formado de sí mismo como un ser privilegiado en la naturaleza. Al convertirlo en una simple etapa de la historia evolutiva de la vida -aún cuando sea la etapa más elevada-, termina drásticamente con su concepción de constituir un ser único y en gran medida separado del resto de la naturaleza, y lo reduce al nivel biológico de los animales. Pero todavía le quedan la conciencia, la volición y la inteligencia que lo caracterizan como una criatura única.

1 Nicolaus Copernicus (Mikolaj Kopernik), astrónomo polaco nacido en 1473 y muerto en 1543.

2 Por Claudius Ptolemaeus (Claudio Ptolomeo), astrónomo, geógrafo y matemático que floreció hacia 127-145 en Alejandría.

3 Galileo Galilei, matemático, astrónomo y físico italiano nacido en 1564 y muerto en 1642.

4 Charles Darwin, naturalista inglés nacido en 1809 y muerto en 1882.

Pero ahora llegó Freud⁵, quien al crear el psicoanálisis como método terapéutico, postula la existencia de un inconsciente dinámico que reside en todos los seres humanos y que, aunque su existencia pase inadvertida para ellos, determina en gran medida su conducta. De este modo el hombre queda despojado de otra ilusión fundamental para su autoconcepto: la idea de que disponía de la capacidad para gobernar libremente su comportamiento; en otras palabras, para hacer lo que él quería. Con el descubrimiento de Freud, ahora resultó que ni siquiera lo que el hombre hace depende completamente de él mismo, sino que está determinado por oscuras fuerzas instintivas, de las que incluso desconoce su existencia. A pesar de la tranquilizadora idea de que el inconsciente freudiano "sólo influye" en nuestro comportamiento, los conceptos de libertad, responsabilidad, libre albedrío y, en general, el concepto mismo de hombre requerirían desde ese momento una nueva revisión radical.

Los descubrimientos de Copérnico, Galileo, Darwin y Freud por supuesto no fueron los únicos, aunque podrían ser los más representativos del impacto del conocimiento científico sobre el concepto que el hombre tenía de sí mismo. A ellos habría que agregar muchos descubrimientos de la física, la química, la biología y el resto de ciencias.

Pero, en cualquier caso, los descubrimientos de estos cuatro pioneros compartieron una característica en común: fueron precisamente eso, descubrimientos. En contraste con ellos, las máquinas inventadas por el hombre no habían tenido un impacto decisivo sobre su autoimagen, nunca habían competido con él... hasta que llegó la computadora, como ya vimos, a mediados de nuestro siglo.

La computadora es una máquina única en la historia. Se ha llegado a antropomorfizar hasta el grado de plantear seriamente la posibilidad de que su funcionamiento incluya reacciones humanas como las respuestas emocionales⁶. Pero es, ante todo, una máquina relacionada íntimamente con la inteligencia humana, y en algunos aspectos llega a competir con ella. Podemos aceptar o no que la computadora podrá algún día llegar a "pensar" o a tener "inteligencia"⁷, pero el hecho es que constituye un instrumento único, capaz de

5 Sigmund Freud, neurólogo austriaco nacido en 1856 y muerto en 1939.

6 Véase, por ejemplo, a Edelson [1986: 298-302], quien en un interesante artículo sobre inteligencia artificial explora la posibilidad de programar "facultades afectivas", tales como motivaciones y emociones, en una computadora.

7 En este trabajo quisieramos alejarnos del debate acerca de si una computadora piensa o no.

imitar funciones intelectuales que siempre se consideraron exclusivas del ser humano. Este hecho ha venido nuevamente a replantear la pregunta: ¿qué es, finalmente, lo característico del hombre?

El hombre ha tenido que establecer una relación, no siempre fácil, con su creación. La relación hombre-máquina en el caso de la computación ha llegado a ser enormemente compleja. Tratemos de profundizar un poco en ella.

2.2. COMPUTACION Y PERSONALIDAD.

Desde el enfoque de la psicología, la *personalidad* consiste en la organización única y dinámica que presenta cada individuo del complejo de rasgos cognoscitivos (relacionados con la inteligencia), connotivos (relacionados con el carácter), afectivos (con el temperamento) y somáticos (con la constitución física). Estos rasgos pueden ser observados objetivamente, pues se revelan por comportamientos recurrentes que la persona manifiesta en diferentes situaciones. La personalidad determina la forma única y peculiar en que cada individuo se ajusta a su ambiente, y a partir del conocimiento de ella es posible predecir cómo será el comportamiento en una situación dada (cf. las propuestas de Allport, Catell y Eysenck, en Bischof [1980: 316, 495 y 531]; y Fromm [1990: 264]).

La personalidad es un concepto central para entender al ser humano como sujeto individual, y su conformación se determina tanto por factores heredados que forman el temperamento, como por el carácter que se moldea mediante la interacción con el medio ambiente. Conviene, entonces, explorar la forma en que la personalidad afecta a, y es afectada por, la relación del individuo con la computadora.

Cuando los adultos se enfrentan a una computadora sin tener experiencias previas con ella, su primera reacción es generalmente de temor y evitación, y se manifiesta por resistencia más o menos abierta a entrar en contacto con la máquina. Este fenómeno se presenta en forma particularmente clara cuando el novato juega roles intelectuales de importancia en la sociedad; esta situación

En todo caso creemos que, en términos de Wittgenstein se trata de un pseudoproblema provocado por una pregunta mal planteada. Ya el propio Turing [1969], que fue quien inició este debate, planteó con toda precisión que en el centro de la controversia está la forma en que definamos al pensamiento.

es particularmente clara en los cursos de computación dirigidos a profesores universitarios o dirigentes de diversas instituciones. El temor de un adulto al primer contacto con la computadora puede explicarse en muchos casos por la serie de estereotipos que describen a la computadora como una máquina sumamente compleja, que no está al alcance más que de expertos o sobredotados. En estas condiciones, el individuo percibe amenazada su dignidad intelectual por el riesgo de no poder utilizar adecuadamente una máquina, que exige destrezas especiales de psicomotricidad, pensamiento y emotividad; es decir, del comportamiento global.

Es de gran importancia observar que estas reacciones no se presentan en los niños. Cuando se acercan por primera vez a una computadora, en ellos se nota espontaneidad y falta de prejuicios; "falta de respeto", se dice a veces, con interesantes connotaciones. Esta espontaneidad debería ser aprovechada por la educación para establecer desde el principio una relación sana con la máquina. Colocar las bases para que el futuro adulto establezca una relación sana con la máquina constituye un reto para la escuela primaria.

Pero la imagen de la computadora como una máquina amenazante no solo tiene un origen popular; en mucho ha sido producto de analistas con un alto nivel cultural. Los ejemplos abundan, pero aquí sólo veremos dos, que son bastante representativos. En primer lugar, Parent [1986: 12] parece resumir la preocupación que sienten algunos analistas del fenómeno computacional: "La computadora -dice- es un enemigo a vencer, aunque sea muy amable (como en la enseñanza auxiliada por computadoras)". He aquí una concepción que proyecta toda una serie de temores sobre estas máquinas.

Existen concepciones todavía más radicales. Veamos ahora como percibe Mumford [1954: 198] a la relación entre el hombre y la computadora:

"Hemos vivido para dar fé del acoplamiento íntimo del autómeta con el ello, el ello que se eleva de las profundidades más bajas del inconciente, y el autómeta, el pensador semejante a la máquina y la máquina que remeda al hombre, desligado por completo de otras funciones mantenedoras de la vida y de las reacciones humanas, que desciende de las alturas del pensamiento conciente. La primera fuerza ha demostrado ser más brutal, si se desprende de la personalidad total, que la más salvaje de las bestias; la otra resulta tan impenetrable a las emociones humanas, tan obligada a responder únicamente a la limitada serie de cuestiones para la que su dispositivo fue originalmente cargado, que carece de la inteligencia salvadora para desconectar su propio

mecanismo compulsivo, a pesar de que esté empujando tanto a la ciencia como a la civilización a su ruina misma."

A pesar de lo estremecedora de esta visión, debemos intentar un mínimo de objetividad para asumir una posición ante ella. Adelante se plantean algunas consideraciones sobre esta y otras concepciones de la computadora.

Por otro lado Bolter [1988: 174] ha prevenido contra el efecto "hacker"⁸. Cuando un individuo comienza a interactuar estrechamente con una computadora, a nivel de programación, es frecuente que el efecto hipnótico que produce diseñar, correr, corregir y perfeccionar el programa una u otra vez, llega a absorber su atención hasta el grado de hacerlo descuidar casi cualquier otra ocupación. Esto parece deberse a que el goce intelectual de la programación es capaz de llegar a provocar una verdadera adicción. Cuestión similar ocurre con los llamados videojuegos, en los que el niño comienza a interesarse cada vez más conforme va comprendiendo su funcionamiento, pero cuando logra dominarlos deja de interesarse en ellos. Este fenómeno no es privativo de la computación, se presenta en casi cualquier tipo de juego.

Pensamos que no debería exagerarse el impacto de la computadora en la personalidad. Si bien el uso de una computadora exige notables cambios en las esferas psicomotora, afectiva y sobre todo intelectual del individuo, estos cambios no deben sobreestimarse. Aunque el impacto inicial, sobre todo en los adultos, de la interacción con la máquina puede afectar, no parece probable que el efecto que la computadora tiene sobre la personalidad total sea mayor que los que sufre, digamos, un médico con el ejercicio de su profesión.

2.3. UNA VIA PARA REDUCIR LA ANGUSTIA DE LA DECISION.

Otro estereotipo frecuente consiste en percibir a la computadora como un instrumento que toma decisiones. Sobre este estereotipo se han escrito gran cantidad de críticas serias, de advertencias para prevenir catástrofes y, por supuesto, de novelas de ciencia ficción. Un ejemplo claro y típico es la cinta cinematográfica "2001: Una Odisea Espacial", de Stanley Kubrick, en la que aparece la computadora *HAL-2000*, que originalmente acompañaba a una

8 Anglicismo intraducible en el contexto de la computación. Puede equivaler a "enganchado", o mejor, adicto.

misión espacial para apoyar la operación de la nave. El problema surge cuando HAL sufre un ataque de paranoia (nótese la antropomorfización) y termina por matar a toda la tripulación para poder completar la misión. La máquina acaba tomando el control y destruyendo a sus creadores.

La toma de decisiones es sin duda uno de los procesos que mayor angustia provocan en el dominio del comportamiento conciente. La angustia aumenta conforme son mayores la trascendencia y los riesgos que implica la decisión. Para reducir la angustia que implica el riesgo de tomar una decisión errónea, las organizaciones de cualquier nivel, desde una familia o una pequeña empresa hasta la nación más grande del mundo, siempre han buscado distribuir la responsabilidad de tomar decisiones entre el mayor número posible de sus miembros. Para esto se han aplicado los más diversos métodos, desde la votación hasta la discusión para buscar el consenso.

Sin embargo, el peso de la decisión sigue provocando angustia, y la inteligencia humana ha buscado en la ciencia recursos para fundamentar racionalmente la búsqueda de opciones y la elección de una de ellas. Así surgió la ingeniería de toma de decisiones, que ha llegado a constituir una disciplina compleja y altamente especializada, que exige procesar enormes volúmenes de información. En este contexto la computadora, con su velocidad de proceso y su confiabilidad, juega hoy un papel principal para apoyar la toma de decisiones. Al suministrar a la máquina todos los datos necesarios junto con los criterios de decisión, ésta podrá entregar en muy poco tiempo decisiones absolutamente carentes de error (error de proceso, *subráyese*). Ningún equipo humano, por grande o capacitado que estuviera, podría procesar mejor los datos, y menos aún podría hacerlo en un tiempo más corto. Entonces, si algo falla, ya no está al alcance del ser humano evitarlo y habrá que resignarse pensando que alguna voluntad superior así lo determinó. Por escalofriante que parezca, este es el razonamiento que parecería subyacer en los sistemas de toma de decisiones apoyada en computadoras. Así lo han visto varios estudiosos entre los que destaca Fromm [1970: 57].

Pero estas concepciones parten del supuesto de que es la computadora quien toma las decisiones, y este es un supuesto completamente erróneo. Desde el propio nombre de estos sistemas, toma de decisiones *apoyada* en computadora, queda claro que lo que realmente hace la máquina no es tomar decisiones, sino suministrar elementos de juicio -*nítidamente* objetivos- que se obtienen a partir de la información y los criterios establecidos; estos elementos de juicio habrán de apoyar la toma de decisiones. Pero quien toma la decisión, quien elige entre las alternativas es, en sentido estricto, un ser humano. Un ser humano que además, llámese presidente de la nación o gerente de la empresa, ha sido cuidadosamente elegido y capacitado para tomar tales decisiones. Lo

que no parece discutible es el hecho de que proporcionando elementos de juicio capaces de apoyar una elección racional, la computadora reduce la angustia en el proceso de toma de decisiones, al aportar decisiones para apoyarlo. Pero de esto a decir que la computadora oprimió el botón, que fue ella quien inició la guerra nuclear es, simplemente y llanamente, antropomorfizar a esta máquina y tener una ingenua idea de los procesos de decisión. Por cierto, volviendo a la cinta de ficción de Kubrick, en su segunda parte se llega a esta conclusión.

2.4. COMPUTACION Y JUEGO.

Desde hace mucho se considera al juego como una actividad que tiene un fuerte efecto en el desarrollo del individuo, particularmente en su edad temprana, y que en consecuencia puede tener un alto valor pedagógico. Al hombre se le ha llamado *homo ludens*. La actividad lúdica suele tener un papel central en casi cualquier teoría pedagógica. Por ejemplo, para Locke⁹ [1986: 86] durante el proceso educativo "el arte supremo es el de procurar que todo lo que tienen que hacer sea para ellos un juego y un deporte" y propone que el juego sea utilizado como recompensa para estimular el cumplimiento de los deberes. Rousseau¹⁰ [1984: 8] propone, al considerar la forma en que debería ser educado Emilio: "¿Me atreveré a exponer aquí la regla más grande, la más importante, la más útil para toda la educación? Pues no es el ganar tiempo, sino el perderle".

Más tarde Froebel¹¹ formaliza estas ideas y reconoce el papel crucial que el juego tiene en la educación del niño; el juego, dice, es la etapa más importante en el desarrollo del niño y debe ser vigilado estrechamente por el educador, para obtener de la actividad lúdica los indicadores que le permitan evaluar objetivamente el desarrollo del niño. Pero el punto fundamental para Froebel era que el juego *no debía ser espontáneo*, sino sutilmente organizado y guiado por el maestro; debía responder a un programa cuidadosamente elaborado. Para

9 John Locke, filósofo de la educación y político inglés nacido en 1632 y muerto en 1704.

10 Jean Jacques Rousseau, filósofo, escritor y teórico político francés nacido en 1712 y muerto en 1778.

11 Wilhelm August Friedrich Froebel (o Fröbel), reformador educacional alemán y creador del kindergarten, nacido en 1782 y muerto en 1852.

esto utilizó los juegos disponibles en su época, e incluso inventó otros elaborados a partir de papeles, piezas de madera, varas, pelotas y otros materiales simples. Debajo de cada juego subyacía una serie de elementos teóricos, el objetivo siempre era estimular, además de la psicomotricidad, el desarrollo de juicios elementales, la distinción de colores y formas, la separación, la asociación, el agrupamiento, el emparejamiento y otras habilidades intelectuales.

Pero hoy disponemos de los juegos controlados por computadora. Aunque se les ha llamado *videojuegos* por utilizar la terminal de video para representar el escenario de juego y la interacción con la máquina, este es un nombre que ya resulta limitativo. Con las modernas técnicas de la robótica ahora pueden desarrollarse juegos que salgan de la terminal de rayos catódicos y entren el mundo tridimensional; realmente ya no existen límites para el desarrollo de juegos educativos. Estamos ante un nuevo tipo de juego, que no tiene antecedente alguno en la historia, un juego que exige destrezas intelectuales y psicomotoras y que moldea actitudes en forma extraordinariamente eficaz. Estos juegos se pueden adecuar a las necesidades del individuo de cualquier edad, desde los primeros años hasta la senectud. Pero lo que nos parece más importante es resaltar que pueden ser programados para fines muy precisos, desde la simple diversión hasta la enseñanza de conocimientos, habilidades o actitudes de cualquier tipo.

Es cierto que los juegos por computadora han sido fuertemente cuestionados, a veces satanizados, por la orientación que se les ha dado. Por cuestiones más bien comerciales e ideológicas, muchos juegos disponibles en el mercado están diseñados a partir de una filosofía que exalta la violencia y la destrucción. Veamos el caso de un juego típico llamado "Robotron": el niño que opera el juego asume el papel de un guerrero blindado que llega a un mundo en el que los humanos han sido esclavizados por los robots. Su objetivo es destruir a los tiránicos robots y rescatar a los seres humanos, para lo cual dispone de dos recursos: recogerlos, salvándolos, o disparar mortíferos proyectiles para eliminar a los robots... aunque puede ocurrir que se atravesase algún humano que, por supuesto, también será aniquilado. Por cada humano rescatado o por cada robot exterminado se ganan puntos; por cada humano muerto se pierden puntos en la misma proporción. Aunque una característica de este tipo de juegos es que explicitan muy poco las reglas, muy pronto, con un número suficiente de ensayos, el niño descubre que conviene más eliminar a los robots, aunque de paso mate a algunos humanos: resulta más productivo destruir que rescatar. Desde un punto de vista ético, es evidente que el complejo de actitudes-habilidades-pensamiento que este juego desarrolla en el niño es muy cuestionable.

A partir de ejemplos como el juego que hemos descrito, los críticos de los juegos computarizados los han condenado genéricamente. Esto no resulta racional ni realista. Si bien es cierto que hay juegos cuyos efectos globales pueden ser nefastos para el desarrollo de la personalidad del niño, también los hay excelentes para desarrollar sus habilidades cognoscitivas. Un ejemplo es el juego llamado "Quadrix", en el que un móvil se desplaza por la pantalla con un patrón aleatorio; el objetivo consiste en ir encerrando al móvil mediante rectángulos, con lo que se van ganando áreas... así de simple. Pero cuando un niño lo juega, se ve obligado a desarrollar toda una serie de estrategias de pensamiento, que además involucra nociones geométricas y matemáticas, como línea, área, velocidad de un móvil, trayectoria y otras. Además debe desarrollar su intuición para anticipar hacia dónde se desplazará el móvil pues, repetimos, se mueve al azar. Difícilmente podría cuestionarse la bondad de un juego como este.

También se ha acusado a los juegos computarizados de formar adictos (los *hackers* de que hablabamos antes), pues los niños tienden a pasar horas y horas ante el aparato. Muchas veces preocupa, además, la apariencia del niño, que da la impresión de encontrarse enajenado, hipnotizado por el juego. En la mayoría de los casos esta es una falsa impresión. El niño está realmente atento a la evolución del juego, y éste puede ser cualquier cosa, menos estático o repetitivo. Todo juego, y muy particularmente los juegos computarizados, están diseñados de forma que satisfacen una necesidad básica del niño: la necesidad de movimiento. Pero especialmente en los juegos computarizados el movimiento no se reduce a la motricidad, alcanza también las esferas cognoscitiva y afectiva. El movimiento, sumado al uso de símbolos abstractos -otra característica de los juegos computarizados- pueden ayudar al niño a desarrollar sus aptitudes y a madurar en las esferas cognoscitiva, afectiva y psicomotora.

Quizá en pocos ámbitos de la actividad humana las tendencias a la violencia se manifiesten en forma tan impresionante como en el juego. Fromm [1987: 20 y ss.] acuñó para este concepto el término "violencia lúdica". La violencia lúdica ha sido analizada con gran profundidad por el arte. Un ejemplo escalofriante es la novela "El Señor de las Moscas" de William Golding, en la que los juegos sin control de niños civilizados, acaban en una ola de asesinatos y terror que no tienen nada que envidiar a los nazis.

Prohibir al niño los juegos computarizados por considerarlos agresivos, equivale a prohibirle los libros por considerarlos pornográficos. Existen libros que por su exaltación de la violencia, la perversión sexual y otros antivalores, resultan realmente nocivos para un niño, pero esto no puede privar al libro en general de su extraordinario potencial educativo. Del mismo modo, el carácter

constructivo o destructivo del juego en general, y del computarizado en particular, no es intrínseco a su naturaleza, está determinado por la situación en que se presenta y por el caso específico de que se trate. Finalmente, la selección del tipo de juegos que jugará el niño depende del interés y la capacidad de los adultos para vigilar su educación. Lo que no parece razonable es condenar genéricamente a los juegos computarizados y no reconocerles su capacidad de aportar enormes beneficios a la educación mediante una aplicación pedagógica racional.

2.5. LA COMPUTADORA Y LA INTIMIDAD.

Como vimos en el capítulo anterior, las primeras computadoras fueron grandes equipos que exigían condiciones altamente controladas para su funcionamiento, por lo que se construían edificios especiales para instalarlas y amplias salas en las que se colocaban las terminales ante las que se sentaban a trabajar los operadores. Por otra parte, debido al alto costo de los equipos y de su mantenimiento, únicamente las grandes instituciones disponían de los recursos necesarios para contar con una computadora. Los operadores tenían que ser expertos altamente calificados, por lo que muy pocas personas tenían la posibilidad real de interactuar con la máquina. Esos pocos, además, se veían obligados a someterse a una larga serie de normas y restricciones, bastante más estrictas, absurdas y rituales de lo que ya de por sí son muchas normas institucionales. Este fenómeno en buena medida originó el estereotipo que presenta a los expertos en computación como seres de excepción: no cualquiera puede interactuar con una computadora. Este estereotipo ha logrado permanecer hasta nuestros días.

En tales condiciones, es evidente que para el individuo común simplemente no existía la posibilidad de trabajar a solas con la máquina. La computación era una actividad institucional, colectiva, completamente carente de privacidad.

Con la aparición de las microcomputadoras el panorama cambió radicalmente. La computadora redujo su costo y simplificó su funcionamiento a tal grado, que por primera vez quedó al alcance del individuo medio. Los equipos actuales tienen un costo de adquisición al alcance de una familia de clase media, y su costo de mantenimiento es tan pequeño que para fines prácticos puede despreciarse. De este modo surgió la computación personal y la computadora entró a la oficina y al hogar.

Al tenerla en su propio domicilio y poder trabajar con ella en completa privacidad, las pautas de comportamiento del individuo ante la máquina se

transformaron por completo. En total intimidad pudo comenzar a interactuar con ella (y lo más importante, consigo mismo) en el momento que mejor le pareciera, sin limitaciones de tiempo. Esto ha tenido importantes efectos en su vida. En un interesante estudio derivado de la práctica clínica y la observación controlada de los efectos de la computación sobre el comportamiento, al que titula "The Second Self" (El Segundo Yo), Turkle [1984] observa que la computadora ha provocado cambios que alteran los hábitos personales en lo social, en lo familiar y en lo individual, llegando a tocar lo sexual. Aunque no debieran exagerarse estas conclusiones y debieran ser tomadas con algunas reservas, el hecho es que la relación hombre-máquina introduce significativos cambios en el comportamiento.

Donde más evidentes resultan los cambios de comportamiento que provoca la interacción prolongada con la computadora, es en el dominio psicomotor. Los patrones de coordinación entre ojo, mano y oído se desarrollan extraordinariamente. El ojo ante la pantalla y los pequeños focos centinela que informan sobre el estado de los dispositivos en funcionamiento, las manos en el teclado, el "ratón" u otros instrumentos de entrada de señales y el oído atento a la campana o el sonido de otros dispositivos, llegan a coordinarse en forma tan compleja, fina y rápida, que observar a un operador experto se convierte en un espectáculo comparable a observar una ejecución de pianista, sólo que en el primer caso, aparte de ver y escuchar, hay que entender por qué hace lo que hace ante la máquina.

No puede decirse que el operador esté "respondiendo" a la máquina, de la misma forma que una rata responde a la palanca en un proceso de condicionamiento. Esto es absurdo, aunque se afirme con cierta frecuencia. Al interactuar con la computadora, en realidad el individuo utiliza a ésta como una extensión de su cerebro, en sentido estricto como un instrumento, para procesar información. Algo muy similar ocurre cuando vemos trabajar a un escultor o un pintor: luego de cada acción se retroalimentan los resultados para producir la siguiente. En el aspecto intelectual, entonces, la computadora no tiene por que ser una "prótesis perversa" que termina por debilitar y atrofiar al órgano al suplir el esfuerzo que exige pensar. Mediante el uso inteligente de una computadora, el individuo dispone de un interlocutor dinámico. De ninguna manera queremos implicar con esta afirmación que la máquina "piense", pero es un hecho que al procesar información, ésta puede construir escenarios que permiten a la persona plantear hipótesis y probarlas en segundos. Quien haya construido un programa lo suficientemente complejo y finalmente lo haya hecho funcionar, conocerá la extraña y profunda sensación de placer y poder que se experimenta con el triunfo, y conocerá también la necesidad de hacerle ajustes que lo perfeccionen cada vez más, lo que lo tendrá absorto con, y no ante, la computadora, como podría pensar un observador ingenuo. Sin duda

algo cercano al arte. Quien haya consultado bases de datos en forma realmente interactiva, comprenderá la amplísima gama de nuevas perspectivas que gradualmente se van descubriendo sobre el fenómeno que se estudia, cualquiera que sea su tipo.

De este modo, los cambios en las esferas intelectual y psicomotora afectan, inevitablemente, a la esfera afectiva. La computadora es un artefacto que exige a quien la use desarrollar hábitos y actitudes racionales, que muy pronto devienen antitéticas con el fanatismo y el mito. Si durante la interacción con la máquina algo va mal, no es aceptable, ni útil, justificarse diciendo "quién sabe qué hizo la máquina". Hay que encontrar el problema y resolverlo... y como tarde o temprano siempre se encuentra, se refuerza la actitud racional.

En el caso de la computación no puede negarse que se establece una relación bivalente entre el hombre y la máquina. Este proyecta su personalidad sobre ella, pero ella hace algo parecido cuando lo conduce a cambiar hábitos y actitudes de comportamiento y pensamiento.

En esta relación dialéctica en la que el hombre moldea a la máquina conforme a sus necesidades pero, al adaptarse a ella, no puede evitar resultar afectado en los aspectos más profundos de su ser, surge una pregunta central: ¿Cómo podría el hombre relacionarse adecuadamente con la máquina? En otros términos, si se prefiere: ¿Cómo utilizar a la computadora para evitar que él se deshumanice?

2.6. UNA RELACION SANA CON LA COMPUTADORA.

Durante toda la historia de la humanidad la relación entre el hombre y las máquinas ha sido una relación compleja, contradictoria y no pocas veces traumática. Va desde el *Deus ex Machina*, que las idealiza y espera de ellas la solución a los problemas y la conquista de un paraíso terrenal, hasta la satanización que las responsabiliza de los peores males de la humanidad. Esta relación ha existido ante los más diversos tipos de máquinas: al telar mecánico se le acusó de acabar con la artesanía y robotizar al trabajador; al cine de acabar con la cultura destruyendo al libro; y a la televisión de lo mismo, pues acabaría con el cine. La computadora no podía ser la excepción.

Para analizar el efecto de la computadora sobre el hombre (en el siguiente capítulo lo haremos sobre la sociedad y en el cuarto sobre la escuela básica), aquí hemos preferido partir de la segunda posición, que la sataniza, para evitar caer en la primera, que la idealiza. Pero ha llegado el momento de precisar

cuál es nuestra concepción de la forma que debería adoptar la relación del hombre con la computadora.

En primer lugar conviene diferenciar, con la mayor claridad posible, entre herramienta y prótesis. En un sentido amplio, una herramienta es un instrumento que permite aumentar una capacidad natural del organismo humano y, de este modo, le posibilita o le facilita la realización de un determinado trabajo. El ser humano dispone de capacidades físicas limitadas. Al ganar destreza durante el proceso evolutivo, perdió fuerza en comparación con los otros animales. Por ello los primeros homínidos tuvieron que desarrollar herramientas que compensaran esta desventaja. Se han encontrado rastros de herramientas en el norte de Kenya, que datan de hace más de dos y medio millones de años. Disponiendo de una musculatura débil, tuvo que inventar la palanca y otros instrumentos cada vez más complejos que le permitieran multiplicar su escasa fuerza; de igual modo desarrolló lentes para potenciar su vista, transportes para suplir las limitaciones de sus piernas y... computadoras para aumentar su capacidad de proceso intelectual. La construcción de herramientas ha jugado un papel tan importante en la supervivencia y evolución de la humanidad, que Bergson¹² definió al hombre como *homo faber*. De este modo vemos que cuando la máquina -cualquier máquina- tiene por finalidad incrementar las capacidades humanas naturales, entonces el hombre dispone de una herramienta.

Pero los instrumentos también pueden asumir el carácter de prótesis. Una prótesis es un instrumento que suple total o parcialmente la función natural de un órgano. Cuando se pierde un diente y se coloca otro artificial en su lugar para suplir su función, se tiene una prótesis; lo mismo ocurre cuando se coloca un brazo mecánico en lugar del amputado, o un aparato ortopédico para apoyar el funcionamiento de una pierna dañada por la poliomielitis. Pero debe observarse que en todos estos casos la prótesis tiene un efecto benéfico para el ser humano. El problema es que por pereza o por vicio algunas veces se comienza a depender de una máquina más allá de lo realmente necesario, y entonces ésta se convierte en una prótesis perversa, que comienza debilitando al órgano y acaba atrofiándolo.

Desde esta perspectiva cualquier máquina, y la computadora no es la excepción, puede asumir el papel de herramienta o de prótesis perversa. Cuando funciona como herramienta, potencia las capacidades humanas naturales; cuando funciona como prótesis perversa, suple el funcionamiento natural de alguna parte del organismo.

12 Henri Louis Bergson, filósofo francés nacido en 1859 y muerto en 1941.

El problema no reside en usar o no la máquina, el problema está en como se le utilice. El automóvil permite realizar viajes que sería imposible realizar a pie; pero si se le utiliza en exceso, si el usuario se vuelve incapaz de ir caminando a un lugar que está a dos cuadras, entonces se comienza a convertir en una prótesis perversa. Con la computadora puede ocurrir algo similar, pero en el ámbito intelectual, lo que constituye una verdadera novedad. Existen procesos que, por su tamaño o complejidad, simple y llanamente rebasan la capacidad del cerebro humano para llevarlos a cabo. Por ejemplo, desde hace más de un siglo se conocían perfectamente los algoritmos para resolver ciertos problemas matemáticos, sin embargo la cantidad de operaciones que requería el proceso de solución impidió resolverlos; con la computadora comenzaron a solucionarse [cfr. Bremermann, 1985: 193-202; Hofstadter, 1982]. Pero no debe pensarse que sólo los problemas matemáticos y científicos requerían de una máquina procesadora de información; en los años recientes hemos visto como se puede aplicar a resolver problemas antes insolubles en los más insólitos campos, hasta en el arte mismo. La computadora, usada como herramienta, vino a multiplicar gigantescamente la capacidad humana para procesar información, incrementando al mismo tiempo el poder del pensamiento humano.

Lo grave es que también puede llegar a convertirse en una prótesis perversa, y esto representa grandes riesgos. Aunque sea en un nivel elemental, ya podemos observar claros ejemplos del peligro que implica el uso de máquinas para apoyar el procesamiento de datos. Si a un niño se le enseña por primera vez a realizar las operaciones aritméticas simples auxiliado por una máquina, se le estará creando dependencia y se cancelará en gran medida el pleno desarrollo de sus potencialidades mentales. No es raro observar que hoy en día muchos estudiantes, incluso de nivel bachillerato o superior, obtienen una raíz cuadrada con calculadora y desconocen el proceso para obtenerla; pero eso no es lo más grave, resulta que tampoco tienen la menor idea de su significado: disponen de un número que no les dice nada. La calculadora se ha convertido en una prótesis perversa. Ya hemos visto que la computadora surgió de las calculadoras y multiplicó su poder, ahora debemos advertir que también ha multiplicado el riesgo de atrofiar el pensamiento convirtiéndose en una prótesis que puede llegar a suplantar el funcionamiento del cerebro. Entre mayores sean las posibilidades de la computadora para procesar información, mayor será el riesgo de que dejemos de pensar por nosotros mismos y nos apoyemos tanto en ella, que termine por volvernos dependientes.

De esta forma, planteamos que la relación del hombre con la computadora será sana en la medida en que éste sea capaz de darle el sentido y la dimensión que le corresponde, utilizándola como una herramienta y esforzándose en impedir que llegue a convertirse en una prótesis perversa. Si el hombre logra establecer una relación sinérgica que le permita aprovechar la enorme poten-

cia para el proceso veloz y sin error de la máquina para suplir su lentitud y propensión al error, logrará incrementar su creatividad; si es capaz de utilizar el enorme potencial de la computadora para seguir infatigable y ordenadamente las instrucciones que se le dan, podrá remediar su poca capacidad para el trabajo rutinario y abrumador y mejorará notablemente su capacidad de juicio; si puede aprovechar la asombrosa capacidad de la máquina para atender hasta el más mínimo detalle en un intrincado y larguísimo proceso, logrará compensar la pobre capacidad de su naturaleza humana para la atención sostenida y su tendencia a la distracción, y liberará de este modo su enorme potencial intuitivo. El hombre, en pocas palabras, estará utilizando a la máquina como herramienta para potenciar sus características específicamente humanas: la creatividad, la intuición y el juicio. La computadora, creación humana, trabajará para beneficiarlo.

* *

Desde los más antiguos mitos de la humanidad se ha asociado al conocimiento con la destrucción y la infelicidad; como ejemplo bastaría citar el pasaje bíblico del Arbol de la Ciencia (Génesis, caps. 2 y 3). No cabe duda que el conocimiento, particularmente el actual conocimiento científico, con el enorme poder que ha dado al hombre para transformar la naturaleza, ha tenido siempre efectos bivalentes. Por una parte le ha dado la solución a muchos de los más terribles problemas que afrontó durante toda su historia una sociedad inerme ante las enfermedades y otras amenazas provenientes de un medio hostil; pero, por la otra, ha puesto al alcance de su mano la posibilidad concreta de destruir mediante el ecocidio o el holocausto nuclear todo rastro de vida en el planeta... un sombrío poder que nunca tuvo y que estudiosos de la naturaleza humana como Koestler [1983: 255-276] no dudan que acabará por utilizar.

Sin embargo, la posibilidad de renunciar a la ciencia, si alguna vez existió, es seguro que hoy ya no existe. Lo quiera o no, el hombre depende de la ciencia y la tecnología para sobrevivir.

Sin embargo no puede evitar sostener con ella una relación difícil; le dedica sus mejores esfuerzos y la teme como a ninguna otra cosa. En 1920, más de 30 años antes de que apareciera la primera computadora electrónica, el escritor checoslovaco Karel Kapek creó y popularizó el término *robot* en su novela *R.U.R.*, donde, en el contexto de una profunda crítica a la mecanización y la centralización, describe una sociedad en la que todos los trabajos son realizados por "hombres" mecánicos que poseen una enorme pericia y habilidad, pero carecen de alma. Esta tenebrosa imagen perdura hasta nuestros días en el estereotipo popular de la automatización, que la computadora ha convertido

en una realidad. De la misma forma podemos encontrar la visión opuesta, la del paraíso tecnológico, en casi cualquier revista que busque popularizar la computación. El ser humano está en posibilidad de elegir cualquiera de ambos caminos. Tarde o temprano tendrá que hacerlo.

Lo que nos parece absolutamente inaceptable es que se pretenda atribuir a las máquinas la responsabilidad del mal uso que de ellas se ha hecho y del que puede hacerse en el futuro. La computadora es una máquina. A pesar de su complejidad y capacidades inusitadas, no deja de ser más que eso: una máquina. Una máquina como el refrigerador, el automóvil o el avión. Considerarla un enemigo a vencer equivale a proyectar en ella nuestros temores e incapacidad para reprimir nuestros peores instintos y concederle atributos que no posee. El hombre construye máquinas y las usa; el uso que de ellas se haga depende de su formación intelectual y moral, y es justamente a esto a lo que habría que atender. Erich Fromm, un acerbo crítico de los excesos tecnológicos que conducen a la deshumanización y ponen en peligro la existencia misma del hombre, ha planteado el problema con notable claridad:

"Pero así como se necesitan armas para hacer la guerra, se necesitan las pasiones del odio, de la indignación, de la destrucción y del miedo para hacer que millones de hombres arriesguen sus vidas y se conviertan en asesinos" [Fromm, 1987: 18].

El problema no es la máquina, sino el uso que de ella haga el hombre, y a ello habría que atender, a educarlo para que disponga de una formación que le permita aplicar sus creaciones en su beneficio.

Lo que debe espantarnos no es el enorme avance que ha logrado la ciencia moderna y su tecnología -capaz de producir máquinas cada vez más poderosas y de echar luz sobre los más recónditos secretos de la naturaleza- sino el gran retraso de la capacidad para dotar al hombre de una formación filosófica y moral que le permita utilizar adecuadamente los instrumentos de que dispone y de los que, al mismo tiempo, depende para su sobrevivencia. La solución no es detener el avance de la ciencia suponiendo que tal cosa pudiera hacerse, la solución consiste en educar al hombre para que haga un uso racional del conocimiento y de las máquinas que el mismo crea.

Lo anterior es válido para cualquier área de la ciencia y la tecnología, pero hoy es realmente indispensable aplicarlo al fenómeno de la computación, que es la que define a nuestra época. Vygotsky [1988: *passim*] ha demostrado que el ser humano es muy poca cosa sin instrumentos. Nosotros agregamos que la computadora es el instrumento de nuestro tiempo. Una educación adecuada, desde el nivel básico, puede convertirse en la piedra basal para lograr que los

futuros adultos, que seguramente serán quienes decidan si la humanidad ha de sobrevivir o no, convivan adecuadamente con este instrumento, estableciendo con él una relación sana, tal como aquí se le ha conceptualizado.

CAPITULO 3

LA COMPUTADORA Y LA SOCIEDAD

El significado cultural de la computadora sólo puede quedar claro si le compara con el del reloj o de la máquina de vapor en su época.

El Hombre de Turing
David Bolter.

Los tiempos que vivimos constituyen una época de transición. Desde siempre el cambio ha sido una condición normal de la historia, pero en los últimos siglos se ha acelerado hasta alcanzar una velocidad impresionante. Si los países pioneros de la Revolución Industrial se tardaron siglo y medio en su tránsito hasta el consumo de masas, Estados Unidos sólo tardó poco más de medio siglo, Japón no más de cuatro décadas y Australia menos aun. Hoy la velocidad de la transformación ya no se mide por generaciones o por siglos, sino por años y, en ocasiones, por meses.

Como parte de un complejo conjunto de eventos históricos que hoy estamos viviendo, la caída del llamado socialismo real nos ha hecho presenciar el derrumbe de formas de organización social que hace apenas uno o dos años parecían inconvencibles. La faz del mundo está cambiando en sus aspectos geopolíticos, económicos y sociales, y este cambio tiene un carácter inusitado: afecta simultáneamente a todas las regiones del planeta, a todas las culturas, a todos los estratos sociales y a todos los individuos. Parece que asistimos a la emergencia de un tipo de sociedad que será radicalmente diferente al que ahora conocemos.

Los efectos que tendrá este cambio social son múltiples y complejos. La transformación incluirá no sólo a la estratificación económica, sino también a la familia, a la moral, a las prácticas políticas y a las costumbres en general y provocará cambios sustanciales en la forma de pensar, sentir y comportarse del individuo.

Los factores que están determinando esta transformación también son múltiples y complejos: van desde las concepciones filosóficas y artísticas hasta las posibilidades que ahora plantea la tecnología, y justamente en estas últimas es en las que se interesa este trabajo. Ya hemos visto que el desarrollo de la computación, en apenas medio siglo, ha tenido un profundo impacto en los aspectos psicológicos del individuo. Ahora nos interesa discutir su impacto sobre la sociedad; así dispondremos de un punto de partida para analizar la necesidad social de educar a la población en esta tecnología, mediante la inclusión de contenidos de computación en el curriculum de la primaria formal mexicana.

* *

3.1. LA MODERNIZACION DE LA SOCIEDAD.

A todo este proceso de cambio se le ha llamado *modernización*, se dice que estamos abandonando los modos anteriores para convertirnos en una sociedad moderna... pero no siempre queda claro que se entiende por una "sociedad moderna". Comencemos entonces por tratar de precisar este concepto.

De acuerdo con Habermas [1984: 15] "...fue Hegel¹ el primer filósofo que desarrolló un concepto claro de modernidad; a Hegel será menester recurrir...". Hagámoslo. El propone que la Edad Moderna surge a finales del siglo XV "después de la luenga y pavorosa noche de la Edad Media". Su nacimiento se anuncia con tres hechos: el primero y más influyente fue el encuentro con América y el descubrimiento del camino hacia las Indias Orientales, que tuvo un profundo efecto en el espíritu humano al confirmar de una vez por todas que se habitaba un mundo finito y al conocer su tamaño y forma; el segundo fue el florecimiento de las bellas artes, que se produjo como consecuencia del movimiento protestante conocido como la Reforma, iniciado en 1517 por Lutero²; y el tercero fue el intenso desarrollo que tuvo la ciencia y su tecnología como producto de la Revolución Industrial iniciada con la introducción de la máquina de vapor en 1705 y perfeccionada poco más de medio siglo después por Watt. De este modo, se acepta convencionalmente que el mundo moderno comienza a formarse en 1492 con la llegada de Colón a

1 Georg Wilhelm Friedrich Hegel, filósofo idealista alemán nacido en 1770 y muerto en 1831.

2 Martin Luther, sacerdote alemán nacido en 1483 y muerto en 1546.

América y termina de formarse en 1798 con la Revolución Francesa [Hegel, 1985].

De este modo Hegel concibe a la modernidad como un estado de cosas creado por el hombre mediante la transformación de la naturaleza. En tal estado predomina el espíritu sobre la materia, la libertad sobre la servidumbre y la racionalidad sobre el fanatismo. Después de la asfixiante concepción medieval de Dios, el hombre vuelve a ser el valor supremo. Este amplio marco filosófico, formado a principios del siglo XIX, sirvió de base para el desarrollo de las concepciones que posteriormente se han tenido sobre la modernidad.

En los estudios sobre la modernidad que se han realizado en la segunda mitad del siglo XX, pueden identificarse dos enfoques generales: el primero, en que podría ubicarse al propio Habermas [1984], a Foster [1988] y a Jameson [en Foster, 1988: 165-186], estudia a la modernidad -y a la posmodernidad- como fenómenos esencialmente estéticos. El segundo enfoque la estudia como fenómeno social y considera fundamentalmente los aspectos económicos y políticos, y es el que aquí nos interesa.

¿Cómo se concibe ahora a la modernidad desde un punto de vista social? Una sociedad moderna posee características que la definen y que podrían agruparse en cinco categorías [cfr. Apter, 1965; Eisenstadt, 1966]:

Distribución, la sociedad moderna ha resuelto el problema de la distribución de la riqueza, reduciendo las desigualdades a niveles tolerables y asegurando a todos sus miembros las condiciones materiales mínimas para una vida digna.

Capacidad de opción, el individuo puede ver la vida como un conjunto de alternativas entre las que puede elegir libremente, sin limitaciones impuestas por el Estado o por otra instancia.

Racionalidad en la elección, al elegir, que es cuando se concreta la capacidad de opción, el individuo debe ser a la vez libre y racional, esta racionalidad -característica de la cultura occidental- se opone a los fanatismos religiosos, ideológicos o de cualquier tipo.

Participación, la sociedad civil debe prevalecer sobre el Estado; esto se logra mediante una amplia participación del mayor número posible de sus miembros en el debate de los problemas y en la toma de decisiones, de modo que el aparato gubernamental tenga realmente una función ejecutiva, limitándose a ejecutar las decisiones tomadas por la sociedad en su conjunto y no sólo por élites más o menos pequeñas.

Respeto a la persona, finalmente, el individuo debe prevalecer sobre el grupo, y nunca al contrario.

Estos son valores universalmente aceptados en las sociedades actuales, y es fácil advertir que en ellos subyace una profunda concepción humanista.

Para que una sociedad logre alcanzar la modernidad, Apter [1965: 71-73] identifica tres condiciones fundamentales que deben darse: en primer lugar debe existir un sistema social capaz de innovar constantemente, lo que exige medios capaces de alimentar a la sociedad con información para controlar el cambio; en segundo lugar la sociedad debe disponer de estructuras diferenciadas y flexibles que le permitan desarrollar los nuevos roles y actividades que se requerirán como consecuencia del cambio; y en tercer lugar debe existir un sistema educativo que capacite a la población para vivir en un mundo tecnológicamente avanzado. En las tres condiciones descritas la computación juega un papel central para apoyar el proceso de modernización, pero en este trabajo nos interesa particularmente la tercera. En la medida en que la educación capacite a la población para tener acceso efectivo y cotidiano a la computación, la sociedad podrá estar bien informada, jugar los nuevos roles y desempeñar las nuevas actividades que aparezcan como producto del cambio social.

Apter [1965: 73-81] identifica cuatro indicadores como los principales para evaluar el nivel en que se encuentre un país en proceso de modernización. El primero consiste en la variedad de roles profesionales existentes; una sociedad moderna exige una gran cantidad de profesiones, la mayoría altamente especializadas. El segundo indicador es el nivel de participación empresarial en el funcionamiento desarrollo de la sociedad; para Apter los roles empresariales son esenciales para que se alcancen las características que debe tener una sociedad moderna. El tercer indicador es el ingreso *per capita*, que debe ser suficiente para el nivel de consumo que exige la economía de la sociedad moderna³. Finalmente está el nivel tecnológico de la sociedad como un indicador del grado en que ésta es capaz de aprovechar sus recursos en forma racional y eficiente; aquí es donde la computadora juega un papel esencial para apoyar la modernización de una sociedad.

*

3 Aquí debe observarse que, desde la óptica que analizamos aquí, un incremento en el ingreso *per capita* no necesariamente implica igualdad en el ingreso.

Disponiendo de este marco conceptual, aunque sólo sea elemental, podemos ver que si quisiéramos aplicar estos conceptos rigurosamente, tendríamos que concluir que, en sentido estricto, hoy no existe ninguna sociedad moderna. Pero debe observarse que las asincronías que presentan los diversos países en su nivel de desarrollo llegan a ser enormes. Mientras encontramos sociedades que se han aproximado notablemente a la modernidad, hay otras que aun se encuentran distantes de ella, y aún existen las que apenas han iniciado el proceso de modernización.

Podríamos, entonces, preguntarnos, para el caso particular de México, ¿En que momento del proceso de modernización nos encontramos?

Se ha planteado [González, 1990: 405-419] que la nación ha atravesado cuatro etapas en su desarrollo económico durante el siglo XX. La primera, calificada de *desarrollo hacia afuera*, se inicia con el porfirismo y entra en crisis hacia 1938; la segunda, de *sustitución de importaciones*, comienza con el cardenismo y concluye con la revisión alemanista; la tercera, de *desarrollo monopólico*, abarca la década de los 50s; y la cuarta, de *desarrollo estabilizador*, comienza en los 60s y termina con la profunda crisis económica de principios de los 80s. Aunque aún no sepamos cómo se llamará la quinta etapa⁴, es evidente que ahora vivimos su despegue, y parece que este nuevo estadio estará marcado por la globalización de la economía mundial. Pero, para prever cómo será el nuevo modelo, debería considerarse que es muy probable que lo que lo caracterice fundamentalmente no sea sólo lo económico, sino que incorpore una concepción social mucho más amplia: la modernidad, como se le ha definido aquí.

Es un hecho que el mundo actual se encuentra en un proceso de modernización que -como lo demuestran los más recientes acontecimientos- se ha intensificado y globalizado en los últimos años. En un reciente coloquio universitario⁵ se ha dicho que comenzar a ser moderno es ahora inevitable. Podría agregarse que, una vez iniciada la modernización, el proceso deviene irreversible. Postulando, pues, que en México, aunque retrasados, actualmente estamos inmersos en un proceso de modernización, pasemos a analizar el papel que en él corresponde a la tecnología.

4 Podría resultar demasiado simplista y coyuntural aceptar que se trata sólo de un regreso al liberalismo, por más que se le califique de neoliberalismo para distinguirlo de su antecesor.

5 El Coloquio de Invierno, realizado en la Universidad Nacional Autónoma de México en febrero de 1992.

3.2. MODERNIZACION Y TECNOLOGIA

Resulta interesante el concepto de tecnología que, desde una perspectiva sociológica, propone Apter [1965: 75]: la define como la capacidad para aplicar energía no humana a la realización de tareas cada vez más complejas. Además le asigna un papel tan importante durante el proceso de modernización, que considera al desarrollo tecnológico simplemente como la medida más estratégica del nivel de modernidad de una sociedad.

Desde un enfoque menos sociológico, conviene diferenciar entre ciencia y tecnología. La ciencia puede concebirse como un cuerpo de conocimientos racionales, sistemáticos y verificables. Por su parte la tecnología, más que preocuparse por cumplir con estas características, aplica los conocimientos disponibles a la producción de soluciones a las necesidades, en forma de bienes y servicios útiles, confiables y económicos. La ciencia es una búsqueda de conocimientos que ha de ser, primero que todo, *desinteresada*; para ser realmente ciencia no debe estar comprometida más que con la validez del conocimiento mismo. Cuando se trata de aplicar realmente los conocimientos producidos por la ciencia es cuando aparece la tecnología, que es una búsqueda de soluciones que tiene un carácter eminentemente práctico, *interesado* en resolver problemas, lo que viene a constituir el criterio último para valorar un producto tecnológico.

Pero no todas las tecnologías tienen el mismo impacto sobre la sociedad en su conjunto. El campo de la técnica que en un momento histórico dado resulta determinante para el desarrollo económico y social, constituye lo que se ha llamado "tecnología de punta". Por su enorme importancia para el desarrollo económico, la tecnología de punta tiende a ocupar la primera prioridad en las políticas nacionales, a concentrar recursos económicos y a captar la atención de los principales grupos científicos [cfr. Cadena, 1986; Pagels, 1991].

El carácter de las tecnologías de punta siempre ha dependido de las necesidades que se plantean a la sociedad en un momento histórico dado. Un tiempo fue la fuerza animal, después la fuerza mecánica, más tarde la extracción de materia prima y luego la energía. Pero en los últimos veinte años hemos presenciado como el procesamiento de información ha pasado a ocupar la posición de punta en el desarrollo tecnológico. Hoy los científicos sociales aceptan que la información resulta más importante para el desarrollo que la materia prima o la energía misma [Parent, 1986: 12].

De esta forma la computación, como medio fundamental para el procesamiento de información, ha pasado a convertirse en la tecnología de punta y juega un papel estratégico en la modernización de cualquier sociedad.

3.3. COMPUTACION Y SOCIEDAD MODERNA

Hoy la computación ha invadido prácticamente todos los campos de la actividad humana que posibilitan el funcionamiento de la sociedad. Resulta fundamental desde aplicaciones tan triviales como la eficiente elaboración de recibos de pago, pasando por sistemas de control bancario que permiten la existencia de servicios que antes sencillamente no se imaginaban, hasta los sistemas expertos capaces de asesorar a profesionales altamente calificados en campos tan diversos como la cultura, la economía, la seguridad pública y la política.

En el campo del conocimiento, la computadora ha posibilitado la aparición de nuevas disciplinas y áreas de aplicación como la robótica, el control de procesos y la teoría de los sistemas complejos. Hoy la sociedad misma puede ser modelada como un sistema selectivo mediante la computadora, y esto permite entender los efectos de la biología, la sociedad y la cultura sobre la conducta social. Ya no es cuestión de ciencia ficción hablar de ingeniería social. De hecho sería impensable que ciudades como la de México pudieran sobrevivir sin el auxilio de computadoras. El impacto que hoy tienen estas máquinas resulta tan amplio y profundo, que sin ellas realmente no podría entenderse la vida cotidiana en nuestras sociedades. No queda más que aceptar que son indispensables para nuestra supervivencia cultural y social.

Si necesitamos los servicios de un banco, cada vez se vuelve más clara la alternativa: o nos sujetamos a horarios y nos enfrentamos con colas enormes para llegar hasta la cajera, o nos enfrentamos con un cajero automático que, si no sabemos usarlo, desde un primer momento pone en crisis nuestra estabilidad emocional con su eficiente y amenazadora frialdad. Lo mismo comienza a ocurrir con los sistemas de transporte para elegir rutas. La simple compra de boletos no puede seguir siendo un proceso tan ineficiente como aún lo es en la mayoría de ocasiones en nuestro país. Podrían multiplicarse los ejemplos, pero no resulta necesario para concluir que para vivir en sociedad, el individuo actual requiere cada vez más, lo quiera o no, del uso de computadoras. Conviene observar que no estamos hablando de casos de excepción ni de expertos técnicos, sino del individuo común.

Hasta mediados de los años 60s la computación se circunscribió a aplicaciones militares, administrativas en las grandes empresas y de investigación en la universidad. Después de esta época comenzaron a popularizarse los grandes equipos, pues se pensaba que una computadora entre más grande era necesariamente mejor. Fue la época en que mayores abusos se cometieron con el desarrollo de sistemas de información que invadían la vida privada, llegando a causar graves daños a las personas al vender información sobre ellas que, por ejemplo, podía decidir si eran o no sujetos de crédito. Ante esta situación tuvieron que reaccionar los legisladores para frenar la intromisión en la vida privada, y recuperó vigencia el postulado jurídico de que el derecho a la intimidad y el anonimato es el más comprensivo y fundamental derecho del ser humano. Los grandes sistemas de información, de este modo, pasaron a quedar sujetos a restricciones legales.

Lussato [1982], a finales de los 70s resumió la discusión social, entonces vigente, sobre la necesidad de elegir entre macro y microequipos, inclinándose por los segundos en virtud de los grandes riesgos de autoritarismo estatal que implicaban los primeros. Su discusión, aunque fundamental cuando fue escrita, hoy está totalmente rebasada. Las microcomputadoras se han impuesto incluso en las grandes organizaciones y las macros han reducido su ámbito de aplicación a casos muy especializados.

El hecho de que las microcomputadoras hayan triunfado, resulta de la mayor importancia para un análisis del impacto social de la computación, pues estos pequeños equipos posibilitan la predominancia del individuo sobre la colectividad, condición que, como se ha visto, define a una sociedad moderna. Hoy la computación, incluidas sus más avanzadas aplicaciones, está al alcance no sólo de cualquier organización, sino de cualquier individuo ... por supuesto siempre que se conozca su funcionamiento básico.

Y esta es justamente la primera cuestión que debiera considerarse. La alta tecnología ha sido desarrollada en los países industrializados y su apropiación por aquellos que aún no alcanzan esta etapa del desarrollo suele resultar difícil, cuando no traumática. Pagels [1991: 300311] relata interesantes fenómenos que se han presentado en países africanos que intentan simplemente comprar computadoras y ponerlas a funcionar (lo que no quedaría demasiado alejado de algunos aspectos nuestra realidad nacional). Cuando se pregunta a las personas que usarán estos aparatos si saben qué pasa dentro de ellos, muy pocos son capaces de dar las más elementales respuestas. Desconociendo cómo funcionan las cosas *desde abajo*, tienden a presentarse una

serie de concepciones mágicas que imposibilitan su aprovechamiento integral⁶.

Situación muy diferente se presenta cuando un país se esfuerza por preparar tecnológicamente a su población desde el nivel de la educación básica. El caso del Japón ilustra cómo una sociedad puede lograr la apropiación tecnológica comenzando desde el simple nivel de imitación y copia, hasta llegar a convertirse en un verdadero creador de la más avanzada tecnología⁷. Parece razonable aceptar que el camino a la verdadera apropiación⁸ y a la capacidad para desarrollar tecnología nueva, pasa por la educación.

Por otra parte, los riesgos sociales que trae aparejada la introducción de computadoras, han sido estudiados con bastante amplitud, (véase, por ejemplo, Roszac [1990], Sanders [1985: 551-590] y Lussato [1982]). El desplazamiento de empleados, cuyo trabajo tiene un bajo nivel de calificación, representa quizá el problema más emergente para sociedades como la nuestra, que se encuentran en vías de modernización, pues la falta de dominio de la nueva tecnología computacional ahonda la desventaja en que quedan quienes carecen de cultura técnica ante los que mayor capital cultural poseen. Un ejemplo podría servir como advertencia histórica para evaluar este tipo de riesgos: en 1949 Charles Wilson, de la General Motors Co., vicepresidente del War Production Board y futuro secretario de defensa de EUA, declaró que su país tenía dos problemas básicos "en el extranjero, Rusia; en casa, los trabajadores". Bajo esta óptica, se otorgaron fuertes apoyos económicos para el desarrollo de la tecnología conocida como ICAM (Intelligent Computer Aided Manufacturing o manufactura apoyada en computación inteligente) y a su descendiente, la robótica, con el fin de combatir la dependencia que tenía el empresario de la fuerza de trabajo, y debilitar así a los sindicatos [cfr. Roszac, 1990: 216].

6 Un ejemplo revelador: hasta hace poco era frecuente escuchar, incluso en respetados centros de investigación de nuestras universidades, comentarios como el siguiente: "estas conclusiones no pueden estar equivocadas, fueron obtenidas por computadora". La computadora, parecería, era capaz de violar una regla básica del procesamiento de datos "basura entra, basura sale".

7 Es este país el que hace pocos años lanzó el reto de construir la llamada "quinta generación" de computadoras.

8 "Apropiación" en los dos sentidos en que se usa el término: por un lado, hacer que la tecnología resulte apropiada, adecuada, a las necesidades de una sociedad; y por el otro, lograr que la sociedad se apropie, se adueñe, de ella.

Otro importante riesgo lo constituye la intromisión del Estado en la vida privada, con su consecuente posibilidad de vigilancia, que nos hace recordar la novela clásica de George Orwell, *1984*, en tantos aspectos profética. Pero parece que el mayor riesgo social que implica la introducción de la computación reside en que, lejos de ayudar a mitigar las desigualdades sociales, puede profundizarlas.

Insistimos en que ante estos y muchos otros riesgos que conlleva la inevitable introducción de la computadora a una sociedad como la nuestra, la única solución realmente de fondo está en el futuro, y pasa por la educación.

3.4. DEMOCRACIA Y COMPUTACION.

La democracia juega un papel central en la concepción de sociedad moderna, según la definición que se ha revisado aquí. Aun cuando haya logrado la modernización vía el desarrollo tecnológico, una sociedad no puede alcanzar la industrialización si no es, además, democrática. Para que una sociedad alcance la democracia deben cumplirse dos condiciones fundamentales: por una parte, cada individuo debe poder participar en forma libre, efectiva y permanente en las decisiones que afectan a la comunidad; y por otra parte el sistema político y social debe minimizar las diferencias entre los individuos, especialmente aquellas que surgen de una desigual distribución de la riqueza. La sociedad democrática tiene que ser, entonces, una sociedad participativa y equitativa.

Históricamente la tecnología ha jugado un papel importante en el proceso de democratización de las sociedades, puesto que afecta directamente a las posibilidades de participación y distribución de la riqueza. Por la forma en que nació y se desarrolló en sus primeras etapas, a la computadora se le ha asociado estrechamente con el ejército, la policía y las grandes corporaciones concentradoras de riqueza, y se le ha percibido como un instrumento de la antidemocracia, pues facilita a las élites en el poder el control de la mayoría de la sociedad. Pero, en general, son muy poco conocidas sus aportaciones a las luchas por la democratización. Conviene recordarlas brevemente.

En la bibliografía especializada se menciona muy poco, o nada, el hecho de que el surgimiento de las microcomputadoras, y la consecuente popularización de la computación, estuvo ligado a grupos que sostuvieron profundos movimientos contraculturales en los Estados Unidos. Hasta mediados de los años 70s el campo de la computación había sido completamente dominado por los macroequipos, con sus estereotipos de complejidad, misterio, enorme costo y gran poderío. A esta imagen contribuyó principalmente la IBM con sus

campañas publicitarias, muchas veces subliminales, al estilo estadounidense. Tal es el caso de las imágenes por televisión de los centros de control de vuelos espaciales, con sus ejércitos de técnicos sentados frente a las terminales, cuando la "conquista de la Luna" constituía un *show* mundial de enormes implicaciones políticas.

Sin embargo, fue justamente en esta época cuando comenzaron a construirse los primeros equipos personales, que tenían un costo accesible.

Considerando el alto nivel tecnológico que exigía la producción masiva de la electrónica en miniatura, resulta sorprendente que las primeras microcomputadoras no hayan sido construidas en grandes y costosas instalaciones industriales, sino dentro de talleres improvisados, utilizando desechos de la opulenta sociedad de consumo californiana. Pero todavía más sorprendente, sus constructores no se limitaban al aspecto tecnológico, sino que manifestaban sus preocupaciones por la ecología, la justicia social y la democratización de la información, tratando de arrancarla a los magnates que la controlaban. En una palabra, chocaban frontalmente con la cultura estadounidense. En Roszac [1990: 171] encontramos un manifiesto elaborado en mimeógrafo casero y distribuido de mano en mano entre estudiantes y amas de casa en 1971; lo hizo *Community Memory*, un grupo representativo de este movimiento:

"Community Memory... es *convivencia y participación*. ... Un sistema CM es un sistema de información activamente abierto, que permite la comunicación directa entre sus usuarios, sin montaje ni control centralizados de la información que se intercambia. ...Semejante sistema representa una antítesis exacta de las aplicaciones dominantes tanto de los medios de comunicación electrónicos, que transmiten mensajes determinados centralmente a audiencias de masas pasivas, como de la tecnología cibernética, que lleva aparejados el procesamiento centralizado y el control de los datos recibidos o facilitados a usuarios directos e indirectos. ... El resultado es una interacción eficiente, no mediatizada (o, mejor dicho, automediatizada), que elimina cometidos y problemas que surgen cuando una parte controla la información que circula entre otras dos (o muchas) partes. Esta libertad se ve complementada por la forma en que el sistema democratiza la informaciónpoder, pues ningún grupo de sus usuarios tiene más acceso a su información principal del que tiene quien menos la usa."

Así, jóvenes tecnófilos, expertos en computación y fanáticos del rock, que buscaban democratizar y humanizar el uso de la computadora creando pequeñas y económicas máquinas para comunicar a grandes grupos sociales, comenzaron a aprovechar las líneas de comunicación de AT&T, los satélites de comunicaciones de Westinghouse y los lanzamientos espaciales del Pentágono. De este grupo surgieron las primeras microcomputadoras.

Congruentes con sus postulados, bautizaron a sus máquinas con un nombre bastante significativo, que pronto se volvería mundialmente famoso: *Apple Computers*. Pero estos tecnófilos contraculturales no pudieron evadirse completamente de la cultura capitalista. Si bien en 1976 hicieron modestos negocios por 200 mil dólares, para el año siguiente ya eran 7 millones y cinco años más tarde su volumen llegó a mil millones. Por supuesto, este gigantesco éxito comercial convirtió en millonarios a sus autores, pero también a algunos inversionistas adinerados que los financiaron, entre los que destacaba el entonces gobernador de California [cfr. Roszac, 1990: 165-188].

Sin embargo el movimiento no logró trascender, y poco más tarde se radicalizaría, al parecer, principalmente por mezclar la tecnología computacional con el rock, las drogas y la violencia callejera, encontrando así su decadencia. La microcomputación sería entonces aprovechada por las grandes corporaciones y el logotipo de la manzana cedería su lugar, para que volviera a ocuparlo con sus "PC" (Personal Computer) el logotipo de las tres letras que simbolizan al imperialismo industrial norteamericano: IBM.

De esta forma la microcomputación popularizó, y por tanto democratizó, el uso de computadora. Esta democratización hasta ahora ha dependido de tres factores fundamentales: el desarrollo de estrategias que facilitan el uso de la computadoras por personas con muy escasos conocimientos especializados en computación, la disposición de hardware y software cada vez más poderoso y con aplicaciones a las más diversas necesidades, y la reducción de costos que ha puesto la computadoras al alcance de sectores de la sociedad cada vez más amplios. Hoy la tecnología computacional tiene una demanda cada vez mayor en la vida cotidiana. Pero su impacto económico es todavía más grande. Cada vez se requiere más que el trabajador interactúe con equipo de cómputo; y al hablar del trabajador, nos referimos a los más diversos niveles de preparación y a los sectores de la producción, el comercio y los servicios.

* * *

3.5. LA FUNCION SOCIAL DE LA EDUCACION

¿Es función de la educación escolarizada colaborar a moderar y controlar el impacto que sufre la sociedad a causa de la introducción de una tecnología como la computación? Para proponer una respuesta a esta pregunta conviene hacer una revisión, aunque sólo sea panorámica, desde distintos enfoques teóricos sobre la función social de la educación.

Comencemos por observar que la escuela es una institución que no aparece sino hasta muy recientemente en las sociedades humanas. No existe ninguna forma de escuela entre las especies infrahumanas ni entre las sociedades humanas primitivas. A primera vista esta afirmación podría considerarse una obviedad digna de Perogrullo, pero si profundizamos un poco en ella, veremos que no es así. El aprendizaje por sí mismo no es privativo de las sociedades modernas. Ni siquiera es privativo de la especie humana. Se extiende, al menos, por todas las especies de vertebrados. Los estudios modernos de etología demuestran que conforme se asciende en la escala evolutiva, los individuos jóvenes requieren cada vez de mayor entrenamiento para poder llevar una vida autónoma y descansan cada vez menos en el instinto⁹ para su supervivencia. Ya en los primates -especie a la que pertenece el hombre- la conducta aprendida juega un papel tan importante, que casi estaríamos tentados a llamar "educación" al entrenamiento que los animales adultos dan a los jóvenes.

Bruner [1986: 45-74], en un estudio de psicología comparada, al comparar la evolución filogenética de los primates superiores con la evolución ontogenética del ser humano, encuentra dos fenómenos que, bien vistos, no deberían sorprendernos, pero no dejan de hacerlo. El primero se refiere a que conforme avanza el nivel evolutivo de la especie, aumenta la complejidad de su organización social y la necesidad que los individuos jóvenes tienen de aprendizaje para la vida adulta. El segundo, y no menos importante para este trabajo, consiste en que mientras más evolucionada es una especie, mayor es la complejidad de la estructura de habilidades de sus miembros, y mayor dependencia presentan de los instrumentos para sobrevivir.

9 En este contexto, por **instinto** entendemos un conjunto de pautas de conducta altamente complejas, universales a una especie y que son innatas (no aprendidas). De este modo, toda la conducta puede clasificarse en instintiva o aprendida.

La historia de la humanidad está marcada por un continuo alejamiento de la educación individual y contextualizada hacia la educación colectiva y descontextualizada. En las sociedades primitivas el aprendizaje siempre se centró en el individuo y se realizó en el contexto. Se enseñaba a los jóvenes a cazar durante las cacerías, a cultivar la tierra durante la labranza, y así sucesivamente. Al parecer fue el históricamente reciente invento de la escritura lo que comenzó a hacer posible el almacenamiento de información y su transmisión descontextualizada, aunado al incremento en la complejidad de la organización social. De este modo se traslada del individuo al grupo la responsabilidad del entrenamiento de los jóvenes, y ante esta necesidad surge la pedagogía y la escuela. Con su desarrollo llegamos a depender cada vez más de información descontextualizada y nunca más la educación volverá a ser tan natural.

Parece que fue Comenio quien por primera ocasión, a principios del siglo XVII, realiza un estudio formal de la escuela como hoy la concebimos. En uno de sus libros pioneros, la *Didáctica Magna*, Comenio [1982] se adelanta a su tiempo al postular la necesidad de reformar la escuela para dar acceso a toda la población, de reunir en las mismas aulas a ambos sexos y de impartir en ellas una enseñanza universal. No obstante, hombre de su tiempo al final de cuentas, para el padre de la pedagogía moderna las costumbres y la piedad son la parte esencial de la educación; artes, ciencias, en cambio, solo constituyen necesidades secundarias. Es necesaria la escuela, dice [p. 22], para que el estúpido corrija su natural estupidez, el inteligente ocupe su natural entendimiento en cosas útiles, los ricos no se reduzcan a "puercos hartos de salvado" y se evite que los pobres sean simples asnos de carga, para que el hermoso sea algo más que un "papagayo cargado de plumas" y, en fin, para "ser prudente y obedecer sabiamente a los que mandan". No cabe duda de que estamos ante toda una concepción de lo que hoy llamaríamos *socialización*.

En la segunda mitad del siglo XVII John Locke se convierte en el pedagogo de la burguesía inglesa y propone la "educación del gentleman". A Locke [1986] no le interesa la educación del pueblo porque, dice, si se cuida la educación del gentleman, "ellos pondrán rápidamente en orden a los demás". Tampoco le interesa "considerar la educación de un sabio de profesión", sino formar buenos ciudadanos ingleses, capaces de afrontar los problemas prácticos de la vida. Con esto se adelanta a los utilitaristas.

Durante el siglo XVIII Rousseau, el gran Ginebrino, impulsó la "pedagogía del amor". Fuertemente influido por Locke, no tardó en desarrollar una propuesta antitética a él. A Rousseau le interesaba el hombre natural. "El oficio que enseñarle quiero, es vivir" [1984: 5], dice en sus primeras consideraciones sobre

la educación de Emilio, y más adelante agrega "una sola ciencia hay que enseñar a los niños, que es la de las obligaciones del hombre" [1984: 14].

En la primera mitad del siglo XIX Stuart Mill¹⁰ resume la tradición europea del utilitarismo, que va desde Flaubert, pasando por Hume, hasta Jeremy Bentham. Para Stuart Mill [1980], ser útil es lo moralmente exigible, lo inútil es inmoral. La utilidad consiste en alcanzar la felicidad y ésta consiste en lograr el máximo de placer y en reducir al mínimo el dolor, siempre al menor costo posible. La conducta socialmente deseable es aquella que logra el máximo de felicidad para todos. La educación debe transmitir y producir el conocimiento útil, y para evitar los excesos intervencionistas del Estado, éste debe alejarse lo más posible de ella, que deberá quedar a cargo de la familia o de grupos con intereses afines; en cualquier caso, de particulares [Stuart Mill, 1988]. A pesar de los intensos ataques de que ha sido objeto, este enfoque habría de orientar la educación liberal hasta nuestros días.

Contemporáneo de Stuart Mill, Comte¹¹ postula la filosofía positivista como una reacción extrema ante la opresión metafísica y apriorística del idealismo alemán y del racionalismo francés. Sus ideas, además del enorme impacto que tuvieron sobre el desarrollo de la ciencia en general y de la sociología (cuyo nombre él acuña) en particular, influyeron en la educación durante más de un siglo. Para Comte [1975] el espíritu positivo debía imponer lo real sobre lo esotérico, lo útil sobre lo inútil, la certeza sobre la indecisión, la precisión sobre la vaguedad, y lo relativo sobre lo absoluto. La educación, por supuesto, debía desarrollar en el hombre una actitud *positiva* respecto al estado de cosas que encontraba; este espíritu debía llevarlo a esforzarse en modificar lo que considerara inadecuado, pero siempre sin destruir el orden existente. Debía, también, desterrar toda formación *negativa* que pudiera subvertirlo. Así de simple y así de preciso. Fue por las obvias implicaciones políticas e ideológicas que tenía el proscribir la acción revolucionaria, que el positivismo sería combatido hasta llegar al extremo irracional de satanizarlo en la segunda mitad de nuestro siglo.

Cuando Durkheim¹² trabaja hacia finales del siglo XIX y principios del actual, en la mayoría de países occidentales la educación ya se había separado de los

10 John Stuart Mill, filósofo y economista nacido en Londres en 1806 y muerto en Avignon, Francia, en 1873.

11 Isidore Auguste Marie Francois Xavier Comte, filósofo francés nacido en 1798 y muerto en 1857.

grupos que anteriormente la controlaban, como la Iglesia, la familia y diversos grupos particulares, y se había convertido en una institución social. Durkheim critica a la cultura utilitaria por su incapacidad para resolver la tensión entre utilidad y moral, que a final de cuentas predispone a la ausencia de normas morales (fenómeno al que llama *anomia*). De este modo inicia la corriente conocida como "funcionalismo" y da origen a la sociología de la educación. El hombre, para Durkheim [1979], es un ser naturalmente asocial y amoral (que no antisocial o inmoral), en el sentido de que carece de los modos de comportamiento que le permitan vivir en sociedad. La función de la educación, entonces, consiste fundamentalmente en *socializar* al individuo, esto es, en transformarlo del ser naturalmente asocial y amoral que es, en un ser social y moral, capaz de vivir en la sociedad concreta que le tocó. Con un profundo sentido histórico, Durkheim observa que a cada sociedad ha correspondido un sistema educativo capaz de dar respuesta a las necesidades que su momento histórico le plantea. A través de la educación cada grupo generacional socializa metódicamente a la generación joven, imponiéndole externamente las pautas de conducta deseable; de este modo expresa y recupera constantemente las necesidades, ideas, anhelos y sentimiento de la sociedad. Así se opone Durkheim a la concepción liberal, según la cual el fin de la educación consiste en buscar el máximo perfeccionamiento del individuo.

Más tarde el estructural-funcionalismo norteamericano plantearía que, además de la función socializante de la educación, se presenta el fenómeno del *ascenso social*. La adquisición de status comienza en la escuela elemental y avanza a lo largo de los niveles educativos subsecuentes, correspondiendo a los individuos con mayor educación, mayores posibilidades para ocupar los mejores estratos sociales [Parsons, 1974].

Finalmente revisaremos dos concepciones de orientación marxista sobre la función social de la educación, que se conocen genéricamente como *reproductoristas*. Para Althusser [1974], la educación, formando pareja con la familia, ha reemplazado a la iglesia como el principal de los *aparatos ideológicos de Estado*, y tiene como propósito fundamental lograr que los miembros de una sociedad, cualquiera que sea la clase a la que pertenezcan, interioricen las relaciones de producción dominantes. Cuando los aparatos ideológicos no son capaces para asegurar las condiciones propicias para la reproducción de las relaciones de producción, entonces entran a funcionar los *aparatos represivos* (policía, ejército, tribunales, prisiones, etc.).

Dentro de la corriente reproductivista, Bordieu y Passeron, conciben a la educación como una acción pedagógica que ante todo busca legitimar y reproducir la ideología que la clase dominante requiere para mantener el status. Para ello la acción pedagógica asume un carácter de violencia simbólica, que le permite imponer una serie de arbitrariedades culturales. Los contenidos educativos necesariamente constituyen una arbitrariedad cultural, pues la clase dominante los selecciona, y no pueden ser deducidos de ningún principio universal. La función principal de la educación es, por tanto, mantener el estado de dominio de una clase por otra [cfr. Bordieu y Passeron, 1977].

Resulta pertinente para este trabajo observar que a pesar de su crítica a la "arbitrariedad cultural" que supone la definición de aquello que ha de aprenderse en la escuela, cuando a finales de 1988 el Gobierno francés integra una comisión del más alto nivel para que proponga reformas a los contenidos educativos y métodos de enseñanza comisión que presidió el propio Pierre Bordieu los criterios propuestos en el documento resultante [Bordieu, 1991] no parecen terminar con tales arbitrariedades culturales, sino que más bien se limitan a plantear sugerencias poco novedosas. Por cierto, en este documento se propone explícitamente "vigilar que se diera un lugar importante a todo un conjunto de técnicas que, si bien son tácticamente exigidas por todas las formas de enseñar, rara vez son objeto de transmisión metódica..." entre tales técnicas, interesa resaltarlo aquí, se encuentra el "uso de instrumentos de informática". A la informática término francés para designar a la computación se le cita en más de una ocasión en el documento referido, recomendando enfáticamente su inclusión en la escuela.

*

Con esta breve y necesariamente superficial revisión, hemos podido observar que las concepciones sobre la función social de la educación varían fuertemente entre sí hasta tal punto que podríamos caer en el riesgo de llegar a una conclusión fácil: "nada es absoluto, todo es relativo". Pero esta conclusión no sólo sería simplista y estéril, también sería muy poco perceptiva. Alejándonos de ella podríamos apuntar, para los fines de este estudio, dos puntos en que convergen los enfoques revisados. El primero se refiere a que todas las teorías reconocen que la educación tiene un papel central en la dinámica social. El segundo consiste en que la educación forma parte integrante de la estructura social y, como tal, ha de responder a los retos y demandas que cada momento histórico le plantea a la sociedad.

* * *

"Es inútil creer que podemos educar a nuestros hijos como queremos. Hay costumbres con las que estamos obligados a conformarnos; si las desatendemos demasiado, se vengan en nuestros hijos." En los primeros años del siglo que estamos viendo terminar, Durkheim se refería con estas palabras a la necesidad de adecuar la educación a la exigencia de los tiempos. Hoy, casi un siglo después, y a pesar de lo desgastada que se encuentra nuestra capacidad de asombro ante los cambios que vivimos, las palabras de Durkheim recobran una vigencia total. En realidad a esta idea se le conoce actualmente en el campo del desarrollo curricular como el *ajuste a las necesidades sociales*.

Se ha dicho que estamos viviendo el tiempo de las grandes preguntas y no de las grandes respuestas. Es imposible saber en qué tipo de sociedad vivirán los niños que ahora ingresan a la primaria, quienes serán los ciudadanos del tercer milenio. Pero para prever el futuro debe observarse la historia, y ésta ha demostrado constantemente que las nuevas tecnologías acaban imponiéndose y cambiando las pautas de vida social. Creemos que esto será inevitablemente el caso de la computación.

Refiriéndose a los efectos que tendrá la computación sobre las sociedades del futuro, Pagels [1991: 54] plantea:

"Estoy convencido de que las sociedades que dominen las nuevas ciencias de la complejidad y puedan convertir ese conocimiento en productos nuevos y formas de organización social se convertirán en las superpotencias culturales, económicas y militares del próximo siglo. Aunque hay grandes esperanzas de que así se desarrollen las cosas, existe también el terrible peligro de que esta nueva proyección del conocimiento agrave las diferencias entre quienes lo poseen y quienes no".

Es precisamente en este sentido que aquí hemos insistido en que el principal riesgo que conlleva la computación consiste en ahondar la marginación de aquellos que en el próximo siglo carezcan de una cultura técnica básica para aprovecharla, pues esto los pondría en una situación aun más desventajosa.

Hemos visto que México actualmente se encuentra inmerso en un proceso de modernización. Pero debe insistirse en que para que una sociedad se industrialice no basta con que simplemente se modernice. Esta modernización debe estar acompañada por una humanización. Puede afirmarse que actualmente la sociedad moderna, la auténtica sociedad moderna, aunque por el momento no sea más que una aspiración, ha de construirse sobre tres columnas: el desarrollo, la democracia y la justicia. El mundo de hoy se encuentra en un intenso y no pocas veces traumático proceso de modernización que se

caracteriza por la globalización económica, la alta tecnología y la información instantánea, lo que nos pone cada vez más cerca de construir la primera columna de la sociedad moderna. Pero pensamos que para un país como México, que se debate en medio de diferencias sociales brutales, el verdadero reto reside en construir las dos columnas restantes: la democracia y la justicia. En este capítulo analizamos el papel que puede jugar la computación ante este reto y concluimos que constituye una necesidad social, especialmente para un país como el nuestro. Ahora podría quedar más claro el riesgo de no introducirla oportuna y adecuadamente a la educación básica.

Nos parece inevitable que la tecnología computacional se imponga cada vez en mayor medida en la vida cotidiana dentro de las sociedades de nuestro tiempo. Tratar simplemente de ignorarla, equivaldría a evadirnos de la realidad, una peligrosa forma de esquizofrenia social. Lo sensato es afrontar el reto y preparar a las futuras generaciones para convivir con esta tecnología y aprovecharla para mejorar nuestras condiciones de vida. Finalmente, la sabiduría japonesa lo dice desde hace mucho: "aprovecha lo inevitable".

En consecuencia, una tesis central que defenderemos en este trabajo plantea la necesidad de incorporar contenidos de computación en la primaria regular. Trabajando en este nivel estaríamos alcanzando a la población en su conjunto, ya que este es el nivel educativo que tiene la cobertura más amplia -pretendidamente universal- en nuestro país. ¿Cómo hacer esto? trataremos de discutirlo en los siguientes capítulos.

CAPITULO 4

LA COMPUTADORA Y LA EDUCACION PRIMARIA

Ad augusta per angusta.

(A resultados grandes por vías estrechas)
Proverbio latino

Ya hemos tenido un acercamiento a la naturaleza de la computadora y a su influencia sobre la vida del individuo y el desarrollo de la sociedad. En consecuencia, se postula que la incorporación de la computación a la educación primaria constituye hoy una necesidad social y una de las estrategias para preparar el advenimiento de los cambios sociales y tecnológicos que exige la modernización de la sociedad mexicana.

Partiendo de este postulado, ahora habrá que preguntarnos en qué forma puede lograrse. La respuesta dista mucho de ser simple, pero podemos analizar las experiencias que han tenido en los últimos años las escuelas. Pueden identificarse tres estrategias principales que se han aplicado para incorporar la computación a la educación primaria: a) enseñando a los niños a programar; b) apoyando el aprendizaje mediante los sistemas de enseñanza asistida por computadora; y c) incorporando de contenidos de computación al curriculum regular. En este capítulo analizaremos cada una de ellas y las implicaciones que tienen, y explicitaremos nuestra posición al respecto. Para hacer esto comenzaremos por precisar los supuestos de que partiremos, de modo que dispongamos de un marco general para realizar el análisis.

* * *

4.1. EL MARCO DE ANALISIS.

Definimos cuatro supuestos fundamentales para analizar la forma más conveniente de incorporar la computación a la educación primaria.

SUPUESTO 1. Nos interesa el nivel educativo de primaria, y ningún otro. Es claro que la computación habrá de jugar un papel importante en la secundaria, en el bachillerato o en la educación superior, pero estos niveles no resultan de interés en el contexto de este trabajo, y por tanto quedan fuera del ámbito de análisis.

SUPUESTO 2. Centraremos la atención en el análisis del caso específico de México. Desde luego deberá hacerse un esfuerzo por no perder de vista el contexto internacional, pero en el momento de evaluar y proponer alternativas para introducir la computación a la primaria, habrá que hacerlo considerando las condiciones socioeconómicas específicas que privan en nuestro país.

SUPUESTO 3. Nos interesa hacer una propuesta curricular factible de aplicarse a la totalidad del universo escolar de nivel primaria, y no sólo a cierto tipos de escuela o a determinados niveles económicos o culturales.

SUPUESTO 4. No debemos perder la noción de las proporciones; no puede concebirse a la computación como la panacea que resolverá todos los problemas del individuo y de la sociedad. Es importante que la educación primaria capacite al futuro ciudadano para convivir con la computación y aprovecharla racionalmente, pero hay muchos otros objetivos que también debe alcanzar la educación primaria. En otras palabras, habrá que cuidar de dimensionar objetivamente la importancia de la computación dentro del curriculum global.

*

Para comprender mejor la razón de los supuestos 2 y 3, conviene tener presentes unos pocos datos básicos sobre la situación de la educación primaria en México. Aún tomando como criterio las estadísticas oficiales (que no suelen ser pesimistas), hoy por hoy aun distamos de proporcionar educación primaria completa a la totalidad de la población, en muchos casos ni siquiera en sus más rudimentarias formas como sería la alfabetización. Cuatro datos bastan para ilustrar esta situación: según el Programa para la Modernización Educativa 1989-1994, para 1989:

- a) existía un millón 700 mil niños en edad escolar que no recibían ningún tipo de servicio educativo;
- b) el 45% de la matrícula de primaria no concluía sus estudios en el periodo reglamentario;
- c) más de 15 mil escuelas primarias oficiales (20% del total) no ofrecían los seis grados;
- d) más de 16 mil escuelas eran atendidas por un solo maestro;
y
- e) finalmente, 17% de los niños que lograban completar sus estudios de primaria no tenían acceso a la secundaria.

Además, la SEP ha estimado que más del 40% de los niños que estudian primaria disponen del libro de texto gratuito como el único recurso didáctico para estudiar, tanto en la escuela como en su hogar.

Sin embargo, a pesar de las continuas contradicciones oficiales y de los reiterados fracasos que han sufrido los intentos por llevar educación a todos, las políticas educativas nacionales siguen teniendo como objetivo prioritario ampliar la cobertura de este servicio educativo, para finalmente lograr hacerla universal para los mexicanos.

*

Dentro de este marco deberán analizarse las propuestas curriculares que se presentan en este trabajo.

4.2. LA ENSEÑANZA DE LA PROGRAMACION.

La primera estrategia que se ha aplicado, para introducir la computación a la escuela primaria ha sido la más directa: colocar computadoras en una sala especial del edificio escolar, o incluso ponerlas en las propias aulas como parte del pupitre, y sentar al niño frente a ella. Así se popularizaron las "clases de computación" tan apreciadas en algunas escuelas particulares.

Pero habría que preguntarse ¿En qué consisten estas clases de computación? En la mayoría de los casos de lo que se trata es de enseñar al niño rudimentos de programación en un lenguaje apropiado, en el mejor de los casos, LOGO¹, y en el peor, algún lenguaje no estructurado, que propicia patrones de pensamiento desordenados. Roszac ha realizado un interesante estudio sobre lo que él llama el *curriculum oculto* de la instrucción informática, como se ha venido experimentando en algunas escuelas de educación básica de Norteamérica, veamos una opinión suya:

"Pero, ¿qué es la instrucción informática²? En un principio, el significado del lema tenía que ver con la enseñanza de la programación, principalmente en BASIC³, el más sencillo y utilizado de los lenguajes informáticos de alto nivel. Pero a finales de los años setenta ya habían surgido dudas. Por de pronto, muchos científicos de la informática consideraban que el BASIC era una elección limitada y retrógrada entre los numerosos lenguajes disponibles. Pero, lo que es más importante, ¿Por qué enseñar a programar cuando hay en el mercado tanto software ya programado? Para la mayoría de los efectos, el software cumple mejor su misión que un programa amateur y burdo. No parecía haber ninguna necesidad general de aprender a programar, salvo como parte de la preparación para una carrera específica de programador, que requiere una formación muy superior a la que pueden proporcionar las escuelas. Es cierto que aprender un poco de programación básica, si se enseña correctamente, desmitifica los ordenadores en cierta medida. (Lo mismo puede decirse de aprender a desmontar un coche, un tocadiscos estereofónico o un frigorífico: todas las habilidades capaces de penetrar en los secretos de la tecnología moderna.)" [1988: 68].

-
- 1 El LOGO es un lenguaje de programación desarrollado especialmente para los niños, que pretende conducirlos al mundo de las ideas, más que al de la tecnología. Puede encontrarse una buena descripción de este lenguaje, sus características y objetivos, en un texto clásico de su autor: *Mindstorms: Childrens, Computers and Powerful Ideas* [Papert, 1980].
 - 2 Por "instrucción informática" Roszac se refiere específicamente a la enseñanza de la computación. Este es, en realidad, un problema de la traducción española, pues ya se dijo que los europeos prefieren llamar informática a la computación.
 - 3 El BASIC, principalmente en sus primera versiones, era un lenguaje no estructurado, que favorecía el desarrollo de hábitos de programación, y consecuentemente de pensamiento, completamente confusos y desordenados (*nota nuestra*).

De este modo se ha cuestionado a la práctica más habitual que se lleva a cabo en las "clases de computación" de las escuelas primarias: enseñar a programar.

Pero estas experiencias no son privativas de los Estados Unidos, país que comenzó a experimentar con la introducción de computadoras a la educación básica. Hacia 1984 inició un proyecto en la escuela elemental del Instituto Hebreo de Chile que involucraba niños de 6º grado; para el año siguiente se extendió al 5º grado. El proyecto consistía en poner a trabajar a tres niños por máquina en programación LOGO (más tarde se agregó BASIC) durante sesiones de 45 minutos, y contemplaba tres etapas en su desarrollo: trabajo intenso con el teclado creación de programas y diseño de figuras gráficas (el LOGO acepta recursividad). En el tono general del reporte [Sepúlveda et al, 1986] se percibe el optimismo que privaba en esa época. El área a que se aplicó el proyecto fue la de matemáticas, y los autores identificaron como sus principales preocupaciones a investigar preguntas tales como "¿Dominará la computadora al niño?" [p. 22], lo que denota que si los profesores no comprendían claramente la naturaleza de la máquina, menos podía esperarse que lo hiciera el niño como producto de sus experiencias de aprendizaje.

En México tampoco faltaron experiencias en la enseñanza de la programación a nivel primaria. Hacia 1985, se hizo una propuesta sorprendente, sobre todo por la institución que la planteó: la Academia de la Investigación Científica. Esta institución inició un proyecto que tenía por objetivo "alfabetizar desde un punto de vista de cómputo, con un costo mínimo y en un plazo de seis años a todos los niños mexicanos que estudien primaria". ¿Y que se entendía por *alfabetizarlos en cómputo*? Conviene transcribir textualmente los nueve objetivos de aprendizaje con que contestaban a esta pregunta:

1. Emplear directamente un teclado de computadora, incluyendo las funciones especiales.
2. Construir procedimientos sencillos.
3. Enlazar dichos procedimientos para formar procedimientos o programas cada vez más complicados.
4. Editar sus procedimientos y hacer correcciones sucesivas de los errores cometidos hasta que por sí mismo efectúe el procedimiento que se haya propuesto.
5. Reconocer que la computadora hace únicamente lo que se le ordena y que ni se equivoca ni hay magia en ella.

6. Intuir que existen posibilidades de hacer cosas maravillosas con las computadoras.
7. Reconocer que estas maravillosas posibilidades están formadas por pequeños procedimientos como los que él ha aprendido.
8. Proponer problemas y resolverlos correctamente con la computadora.
9. Por último, sería muy deseable que el aprendiz quedara motivado para continuar trabajando con las computadoras cuando se le presente la oportunidad."

Es fácil ver que en esta propuesta, que se reporta en Bustamante [1986: 178], lo que se proponía para "alfabetizar en cómputo" a los niños de primaria, era simplemente enseñarlos a programar, en absoluto se trataba de que entendieran qué es realmente una computadora y cómo funciona. He aquí un fenómeno habitual pero -no por ello menos lamentable- de nuestros países subdesarrollados: no sólo llegamos con más de diez años de retraso, sino que además insistimos en repetir los errores que ya han superado los países que nos antecedieron.

Por otra parte, y no menos importante, a pesar del muy cuestionable concepto que se tenía de la "alfabetización en cómputo", debe resaltarse el hecho de que el objetivo era "alfabetizar" a *todos* los niños. El propio proyecto estimó que la población atendida sumaba 15 millones de niños en actividad escolar(!). Seis años después de la propuesta de este proyecto, no sabemos en qué haya terminado, pero de lo que estamos seguros es de que sus objetivos no fueron alcanzados.

En cualquier caso, suponiendo que fuera posible enseñar a programar a todos los niños de primaria, ¿es este un objetivo deseable? Nosotros pensamos que la respuesta es absolutamente **no**. No puede considerarse a la programación una habilidad requerida por toda la población. Las actuales computadoras pueden ser utilizadas con gran provecho aún cuando se ignoren completamente los más rudimentarios principios de programación. Más aún, cada día se requiere educación de más alto nivel para que una persona pueda funcionar como un programador competitivo. Puede afirmarse que hoy en día enseñar a programar a un niño es una forma eficaz para perder el tiempo.

Como puede verse, existe mucha desinformación y confusión en la estrategia que plantea la enseñanza de la programación a nivel de primaria. Sin embargo,

y quizá por esto ha subsistido la práctica, debajo de las "clases de computación" lo que subyace muchas veces es ofrecer al padre de familia la imagen de que en cierta escuela "sí se aprende", y como una muestra de ello, se hace ver que han incorporado la más moderna tecnología: ya tienen computadoras para que trabajen con ellas los niños.

4.3. LA ENSEÑANZA ASISTIDA POR COMPUTADORA (CAI).

Desde hace mucho la pedagogía ha reconocido la importancia que para la enseñanza tienen las diferencias individuales en el estilo y capacidad de aprendizaje. El ejemplo clásico de Aristóteles y Alejandro el Magno representa un ideal de relación educativa, entre el maestro altamente preparado que se hace cargo de formar a un solo alumno. Pero esta relación nunca ha resultado posible generalizarla en la práctica, siempre ha quedado reservada a pequeñas élites. Quizá quien más claramente reconoció este hecho fue Locke; al formular su propuesta pedagógica, ponía el énfasis en la atención personal, individualizada, al alumno; esto era factible, pues no se trataba de educar a todos los ingleses, sino solo a pequeñas élites provenientes de la nobleza (la educación del gentleman). Por esta razón se le ha reconocido como el padre del sistema tutorial, que ha hecho famosas a Oxford y Cambridge como símbolos de la educación británica.

Sin embargo, el crecimiento que experimentó la educación pública en los siglos XIX y XX tuvo el efecto de enfrentar a los sistemas educativos con un siempre creciente volumen de niños que demandan ingreso a la escuela, lo que obligó a formar grupos cada vez más grandes, con varias decenas de alumnos, que son atendidos por un solo profesor... quien, además, suele no tener la formación de Aristóteles.

En estas condiciones, se ha propuesto utilizar a la computadora como un recurso para proporcionar suficiente atención personalizada a cada alumno, complementando el trabajo del maestro. Desde principios de los años 60s se han desarrollado y probado experimentalmente sistemas de enseñanza asistida por computadora (CAI, Computer Aided Instruction). Los sistemas CAI originalmente funcionaban presentando ejercicios al alumno para reforzar el aprendizaje, y se aplicaron principalmente en materias como la matemática y las ciencias naturales. Típicamente se presentaban problemas o preguntas sobre el contenido de estudio, mismos que el alumno debía contestar vía teclado o directamente en la pantalla con un lápiz óptico; la máquina evaluaba las respuestas y le proporcionaba retroalimentación con un patrón de espera

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

adecuado a la naturaleza del tema que se estudiaba. Puede encontrarse una buena descripción de este tipo de sistemas CAI en Suppes [1974].

Ya en la década de los 80s, con la aplicación de las recientemente desarrolladas técnicas de la inteligencia artificial, surgieron los sistemas ICAI (Intelligent Computer Aided Instruction), que comenzaron a funcionar en forma mucho más interactiva y ya fueron capaces de conducir al discente⁴ por rutas de aprendizaje cuidadosamente diseñadas, llegando incluso a poder distinguir entre los estilos de aprendizaje de diferentes discentes. No quisiéramos desviarnos en esta dirección, por lo que remitimos al lector interesado en profundizar en los desarrollos que ha logrado la ICAI a Barr y Feigenbaum [1982: vol. 2, 225-294].

Quizá el intento más importante que se ha realizado en México para desarrollar sistemas CAI para la educación básica sea el Proyecto Galileo, que en 1982 comenzó a desarrollar la Fundación Arturo Rosenblueth. Desde entonces el objetivo principal ha sido diseñar software que permita al niño utilizar la microcomputadora como "un laboratorio para simular fenómenos de la realidad y transformar el proceso de enseñanzaaprendizaje en favor del alumno" [Mercado, 1984]. De lo que se trata es de que el alumno interactúe con paquetería que le permita acercarse a la comprensión de diversos fenómenos científicos. Independientemente de la capacidad real que estos paquetes tengan para apoyar o no el aprendizaje real del niño, debe destacarse el hecho de que han sido diseñados y probados con niños mexicanos (principalmente de niveles económicos medios y altos) y en su elaboración han participado pedagogos, además de especialistas en las diversas disciplinas. La temática abordada por estos paquetes abarca la ortografía, la física, la mecánica, la biología, las matemáticas y otras áreas.

No cabe duda de que la enseñanza asistida por computadora tiene grandes posibilidades de aplicación para mejorar la educación, pero aquí tenemos que hacer algunas consideraciones que parecen no tomar en cuenta quienes proponen simplemente incorporarla como recurso didáctico de uso generalizado, particularmente en la educación primaria.

En primer lugar, debe observarse que pedagógicamente puede resultar riesgoso el uso indiscriminado de la CAI, pues puede interferir seriamente con el

4 En el contexto de la CAI preferimos utilizar el término **discente** para referirnos al sujeto que aprende, pues llamarle "alumno" implica reconocer que la máquina lo está enseñando, lo que es otra forma más de antropomorfización de la computadora.

desarrollo educativo del niño. El solo hecho de ponerlo a ejercitar ante una computadora, fácilmente puede interferir con el desarrollo pleno de los dominios cognoscitivo, psicomotor y afectivo. En el aspecto cognoscitivo, la incapacidad de la máquina para *intuir* los procesos de pensamiento del niño, le impiden retroalimentar adecuadamente la respuesta que da; en estas condiciones el niño se preocupa, más que por comprender, por hallar la ruta que la máquina sigue (no debe dudarse que un niño de 8 años es muchísimo más inteligente que el más potente programa actual). El maestro, a diferencia de una computadora, puede detectar y corregir vicios, modelando un aprendizaje correcto con mucho menos ejercicios que los que requiere la máquina. En el dominio psicomotor, el solo hecho de que el discente elabore sus respuestas a través del teclado, en casos extremos sin tener que escribir ninguna frase más larga que su nombre, o en el peor de los casos, limitándose a ubicar zonas en la pantalla y a oprimir botones mediante el uso del "ratón", le impide ejercitar la escritura, con resultados que pueden ser graves para su caligrafía; para un niño de primaria resulta fundamental la práctica para desarrollar su psicomotricidad fina. En el dominio afectivo es quizá donde mayores riesgos existan; poner a interactuar al niño con una máquina durante el proceso de aprendizaje, que frecuentemente se vuelve difícil y amenazante, elimina la posibilidad de que el maestro moldeé las actitudes del alumno ante el aprendizaje, lo que sin duda constituye una parte fundamental de su formación integral. Por lo tanto, antes de colocar a un niño de primaria a trabajar con una computadora como apoyo a sus aprendizajes básicos, fundamentalmente lectoescritura y aritmética, debieran cuidarse los posibles efectos empobrecedores sobre el desarrollo de su inteligencia, imaginación, capacidad de pensamiento crítico, habilidades psicomotoras finas y actitudes. En el caso de utilizar sistemas CAI, los maestros debieran ejercer una estrecha vigilancia pedagógica, y esto casi nunca se hace.

Los Sistemas CAI se han desarrollado fundamentalmente como un apoyo para individualizar la enseñanza, y esto representa una segunda implicación de su uso en la escuela primaria, que nos lleva a plantear una pregunta de la mayor importancia para la filosofía de la educación: ¿Hasta dónde es conveniente individualizar la enseñanza? Si por un lado la individualización apoya el desarrollo pleno de las potencialidades únicas de cada individuo, por otro lado no debe perderse de vista que es función fundamental de la escuela la socialización, y que ésta inevitablemente implica nivelar las diferencias individuales que se presentan en el grupo, para posibilitar las relaciones interpersonales que permiten la convivencia. Esto sólo puede lograrse mediante el trabajo en colaboración dentro de la escuela, organizado, vigilado y controlado en todo momento por los maestros.

En este sentido habrá que insistir⁵ en que, además de fantásticos, resultan absurdos los escenarios de ciencia ficción que presentan al niño estudiando ante la computadora, en soledad y lejos de la escuela (que es una perspectiva tecnológica de su desaparición); en la actualidad, ni siquiera los padres pueden sustituir la función educativa y socializante de la escuela. Por lo tanto postulamos que la enseñanza asistida por computadora debe ocupar un papel complementario y necesariamente subsidiario en la educación escolar; debe reservarse como complemento educativo para quienes puedan tenerlo (como propuso el presidente López Mateos al presentar por primera vez el libro de texto gratuito, refiriéndose a los libros adquiridos en forma particular por los padres de familia).

Pero en tercer lugar, y regresando al marco de análisis que definimos en un principio, resulta ingenuo suponer que un país como el nuestro, que carece de la capacidad para proporcionar a toda su población educación básica, ni siquiera al rudimentario nivel de la alfabetización, podría dotar a sus escuelas de suficientes máquinas y software CAI para que sus alumnos practiquen.

Por estas razones, aunque no dejamos de reconocer las importantes aportaciones que los sistemas CAI pueden aportar a la educación, y la necesidad de aprovecharlos racionalmente, no es posible aceptar la proposición de incluirlos generalizadamente a la escuela primaria, como una parte de su currículum.

4.4. LA NECESIDAD DE MAQUINAS EN LA ESCUELA.

Podemos identificar una característica en común que tienen las dos estrategias analizadas hasta aquí: tanto la enseñanza de la programación, como el uso de sistemas CAI, exigen que la escuela disponga de máquinas para el uso directo y cotidiano del alumno.

En vista de ello, la SEP emprendió un proyecto que pretendía construir las computadoras necesarias para las escuelas mexicanas de todos los niveles. Este proyecto, que se bautizó como MICROSEP, se inició a mediados de los 80s cuando la Subsecretaría de Educación Tecnológica, en colaboración con el Departamento de Ingeniería Eléctrica del Centro de Investigación y Estudios

5 En este trabajo se han descrito concepciones prospectivas que plantean implícitamente la sustitución de la escuela por los sistemas CAI en un futuro próximo (ver sección 1.11).

Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, conformó un grupo de trabajo para desarrollar una microcomputadora específicamente para fines educativos. El modelo de la MICROSEP destinado para el nivel de educación básica tenía como posibles aplicaciones [Calderón, 1987A y 1987B]:

"Actividades de fomento a la creatividad; desarrollo y práctica del lenguaje; práctica y familiarización con la aritmética y geometría, ciencias naturales y sociales. Introducción a la computación (muy elemental)."

Aunque llegaron a fabricarse algunas máquinas -al parecer muy pocas- la MICROSEP nunca logró difundirse ampliamente, y por cierto nunca tuvo una presencia importante en las primarias públicas.

Lo que ahora sabemos es que semejante proyecto presentaba serias dificultades. Proponerse construir las máquinas MICROSEP, aparte de los ya de por sí enormes problemas comerciales que planteaba, exigía también una producción masiva con el más alto nivel tecnológico. Pero además construirlas para fines específicamente educativos, era algo que no parece que se haya intentado en alguna otra parte del mundo. Quizá lo más sorprendente es que se realizó en un sexenio que acusaba al anterior de iluso por hacernos creer que, como nuevos ricos, nuestro mayor problema sería "administrar la riqueza", y declaraba enfáticamente que no gastaría más en proyectos que no fueran capaces de garantizar el éxito.

También se han planteado proyectos comerciales más realistas que MICROSEP para dotar de máquinas a las escuelas. Como ejemplo puede citarse al Proyecto Sócrates, lanzado a mediados de los 70s por Apple. Este proyecto consistía en un paquete especialmente diseñado para escuelas, que incluía equipo, software educativo y cursos de capacitación para los profesores que lo introducirían a la escuela. Proyectos de este tipo son los que han logrado introducir aunque en modesta proporción computadoras a las escuelas particulares. En Gómez [1987] puede encontrarse una descripción del Proyecto Sócrates.

*

En términos estrictamente objetivos, la propuesta de dotar de máquinas a la generalidad de escuelas primarias no resulta factible. Para colocar microcomputadoras en cada escuela, en número suficiente para que trabajen con ellas los alumnos, habría que afrontar el costo enorme que implicaría tanto la adquisición como el mantenimiento del equipo, además de la contratación o capacitación del personal necesario. En un país como México, con un sistema

de educación primaria que afronta las graves limitaciones que ya hemos visto, esto resulta, por lo menos, iluso.

En resumen, podemos decir que dotar de computadoras a todas nuestras escuelas primarias es un proyecto que, aparte de cualquier otra consideración, no resulta factible. Pero más aún, hasta ahora en ningún país del mundo se ha propuesto una empresa de tal magnitud [cfr, Stanford-UNESCO, 1986]. Veamos ahora una estrategia que nos parece más realista.

4.5. LOS CONTENIDOS CURRICULARES DE COMPUTACION

Una tercera estrategia para introducir la computación a la educación primaria se orienta a desarrollar aprendizajes sobre la naturaleza, funciones y usos de estas máquinas, aproximándose a la computadora como objeto de estudio.

Este enfoque no es nuevo. Por ejemplo, ya a finales de los años 70 varios países europeos incluían en sus currícula de educación básica contenidos relacionados con el álgebra booleana [cfr. Lussato 1982], disciplina que en el proceso de argumentos lógicos es tan fundamental como lo es la aritmética en el proceso de números. Esto nos parece mucho más trascendente que simplemente poner a un niño a trabajar con una máquina, cuyo funcionamiento es realmente improbable que entienda. El hecho de que un niño aprenda contenidos tales como el álgebra booleana, constituye una reorientación fundamental de la enseñanza de la lógica matemática y tiene profundas consecuencias sobre el desarrollo de las estructuras conceptuales del futuro adulto. Debe observarse que para iniciar a un niño en los conceptos elementales de álgebra booleana no se requiere en absoluto trabajar con una computadora, antes al contrario, la máquina dificultaría el desarrollo de las estructuras de pensamiento lógico. Si un niño puede comenzar a entender cómo se opera con argumentos lógicos, entonces comenzará a entender realmente como funciona una computadora, y se dará cuenta de que no hace más que seguir rutas de acción perfectamente definidas y bastante simples; comprenderá, en otras palabras, que siempre es el cerebro humano el que resuelve los problemas, antes de que pueda trabajarlos una máquina. De este modo el niño podría llegar a la secundaria con los fundamentos para abordar de forma mucho más crítica el estudio de las ciencias formales. Aun en el caso de que no continuara sus estudios de secundaria, no se habría perdido el tiempo, de cualquier manera el niño dispondría de fundamentos para pensar de manera más racional y crítica.

Pero, por supuesto, no se plantea que sea suficiente con enseñar lógica booleana en la primaria. Existen muchos otros objetivos de aprendizaje que deberían plantearse: la estructura básica de la máquina, la forma en que funciona, su significado cultural y social, las aplicaciones que tiene y la forma en que las computadoras afectan al hombre, y muchos otros. En los capítulos que forman la segunda parte de este trabajo profundizaremos en este tema.

Lo que propone este tercer enfoque, en síntesis, es incorporar la computación al curriculum de la primaria en forma de contenidos. Llevar al niño a estudiar el fenómeno de la computación desde diversos ángulos, más que colocarlo frente a una máquina, ya sea para programarla o para trabajar con sistemas de enseñanza apoyados en computadoras.

Dentro del marco de análisis que definimos al principio de este capítulo, fácilmente puede verse que la propuesta de definir contenidos curriculares es viable. En primer lugar, estos contenidos pueden diseñarse de modo que sean asequibles para el niño desde los primeros años, estableciendo así una sólida plataforma para desarrollos posteriores, ya sea en niveles educativos más altos o en el estudio y la práctica de la vida cotidiana, fuera de la escuela. En segundo lugar, considerando las condiciones actuales del país, resulta completamente factible introducir temas y ejercicios adecuados dentro de los libros de texto, ya sea como temas especiales sobre computación o asociados con otros temas (v.g. lectoescritura, matemáticas, ciencias sociales, etc.); esto implicaría un costo mínimo, realmente despreciable a nivel macroeconómico. En tercer lugar, al incorporarse a los libros de texto la cobertura alcanzaría a todos los niños, sería universal, al menos tan universal como es la cobertura de la escuela primaria formal en México. Por último, los contenidos de computación podrían dosificarse para mantener una proporción adecuada con el resto de temas que se estudian en la primaria, pues no se trataría de un curriculum aparte, sino de un agregado (mejor dicho, una incorporación) al curriculum regular.

* * *

De lo que hemos discutido en este capítulo podemos concluir que de las tres estrategias para introducir la computadora a la escuela primaria, la más viable, efectiva y socialmente justa es la que plantea la incorporación de contenidos al curriculum regular. Respecto a las otras dos estrategias, aparte de que su uso generalizado en la educación primaria no resulta económicamente viable, si en cambio ofrece serios riesgos pedagógicos.

La estrategia que aquí se postula no excluye la posibilidad de que el niño trabaje directamente con una máquina, particularmente a nivel de sistemas

CAI. Esto sería recomendable siempre y cuando se cuiden sus implicaciones pedagógicas. Pero este complemento educativo parece que tendrá que seguir reservándose a los sectores sociales que pueden recibir una educación de mayor calidad que el común de la población. Sin embargo, si se incluyeran contenidos curriculares sobre computación, se estaría fomentando una cultura básica sobre esta importante tecnología que alcanzaría a todos los niños que estudian primaria, lo que colaboraría a suavizar las diferencias educativas causadas por factores socioeconómicos.

* * *
* * *

CAPITULO 5

EL CURRICULUM DE LA PRIMARIA MEXICANA

Unicamente es sólido y estable lo que la primera edad asimila.

Didáctica Magna
Juan Amós Comenio

Se requiere de un marco contextual para proponer la forma de incluir la computación en el curriculum de la educación primaria. En este capítulo se delinea tal marco, que se compone por dos partes: en primer lugar se describe el curriculum de la primaria mexicana, para lo cual se revisa, con trazos muy gruesos, el desarrollo histórico de la educación elemental en México hasta llegar a los más recientes acontecimientos, centrandose siempre la atención en los aspectos curriculares. Por otra parte, se analizan las estructuras cognoscitivas del niño de primaria, a la luz de la teoría piagetiana, vista desde el enfoque del procesamiento de información. Con estos dos elementos se dispondrá de un marco de referencia para la propuesta curricular que se hace en los siguientes capítulos.

* *

5.1. EL DESARROLLO DEL CURRÍCULUM DE PRIMARIA.

LA EDUCACION PREHISPANICA. De las formas de educación que prevalecieron en las primeras culturas que habitaron América se sabe muy poco más que vagas especulaciones¹. En una primera etapa se trataba de grupos nómadas semisalvajes, de organización tribal que habitaban en cuevas, y entre los que no pareció existir nada parecido a una educación intencionada y sistemática. En una segunda etapa se trató de grupos sedentarios que comenzaron a asentarse en Mesoamérica, cultivaron la agricultura e iniciaron la construcción de grandes ciudades; pero aún en estos grupos, que alcanzaron altos niveles de cultura como los olmecas, los teotihuacanos y los toltecas, al parecer la educación no llegó más allá de limitadas acciones sistemáticas.

Entre las culturas que existieron en los siglos previos a la conquista, sólo dos culturas parecen haber alcanzado un alto desarrollo educativo: los mayas y los aztecas. Entre los mayas los varones eran educados hasta los doce años en la familia, y entonces los de las clases altas ingresaban en establecimientos educativos que funcionaban como internados, donde se les educaba en liturgia, escritura, cálculo, astrología y genealogía; a los de clase media se les educaba fundamentalmente para la práctica militar. Las niñas eran educadas en y para las labores del hogar.

De la educación azteca es de la que más se sabe, puesto que era el pueblo hegemónico en Mesoamérica a la llegada de los españoles. El sistema educativo azteca era fuertemente clasista y se formaba por dos tipos de instituciones educativas, el *Calmécac* destinado a los nobles (*pipiltzin*) y en el que en muy raros casos se aceptaban miembros de las clases inferiores que se destacaban por una inteligencia y dedicación excepcionales, y el *Telpuchcalli* para los plebeyos provenientes casi siempre de las clases medias (*macehuales*). En ambos casos las escuelas funcionaban en los templos. En el *Calmécac* se recibía a los niños desde los 10 a 12 años de edad, se les incorporaba a la vida monástica y se les proporcionaba una educación muy elevada. Sus trabajos eran muy duros y se les sometía a una disciplina extremadamente severa; eran vigilados por sus condiscípulos más aventajados y debían guardar absoluta castidad y humildad, al grado de tener que recoger sus alimentos del suelo, adonde los arrojaban sus superiores. No podían abandonar este tipo de vida

1 En lo referente a la educación prehispánica, nos basamos principalmente en Larroyo [1986] y en la Enciclopedia de México [1987].

hasta estar listos para el matrimonio. La educación que proporcionaba el Calmécac se componía por tres ciclos educativos de aproximadamente cinco años cada uno y estaba orientada a formar altos funcionarios estatales y religiosos; su curriculum se integraba por religión, historia, aritmética, pintura, música, derecho, astrología y poesía. En el Telpuchcalli, en cambio, se proporcionaba una educación intelectual bastante rudimentaria, consistente básicamente en religión; el énfasis se ponía en la instrucción militar, preparándolos para resistir el hambre, la sed y las inclemencias del tiempo. Había tres especies de grados: instructor, jefe de instructor y director.

En todos los casos, y congruente con el tipo de sociedades en que se insertaba, la educación precortesiana parece haber tenido un carácter fundamentalmente teocrático y su fin era perpetuar la estructura social.

LA COLONIA. Desde la llegada de los primeros misioneros franciscanos a la Nueva España en 1523, sólo dos años después de la toma de México-Tenochtitlan, se puso en marcha el propósito educativo fundamental de la Corona española: evangelizar a las aborígenes, la llamada *conquista espiritual*. Ya antes de la llegada de Cortés a México, Fernando el Católico² había emitido leyes que obligaban a los encomenderos con más de 50 encomendados a "... enseñar a leer y escribir y aprender el catecismo a un muchacho de sus tierras, 'el que más hábil les pareciera', a fin de que éste enseñara a sus compañeros". En ese mismo año Fray Pedro de Gante funda en Texcoco la primera escuela elemental del nuevo continente, cuyo curriculum contemplaba "diversidad de letras, cantar, tañer diversos géneros de música". En 1525 se funda la Escuela de San Francisco que contaba con dos secciones, una para estudios elementales y otra de artes y oficios [Larroyo, 1986:95-109].

Durante la Colonia, las escuelas generalmente funcionaban en los atrios de los templos o en edificios adjuntos a ellos, y el curriculum de la educación básica se constituía fundamentalmente por lectura, escritura, aritmética, geometría y música. Como principal material didáctico se utilizaban catecismos y libros ilustrados de rezos.

Puede decirse que, en general, a pesar del radical cambio de cosmovisión que la conquista implicó para los indígenas, se mantuvieron los dos rasgos fundamentales que ya tenía la educación prehispánica: clasismo y religión.

2 Fernando V, Rey de Castilla, nacido en 1452 y muerto en 1516. Bajo su reinado Cristóbal Colón navegó hasta América e inició la expansión ultramarina de España.

Se ha estimado que a fines de la Colonia (hacia 1791) la proporción de niños en edad escolar que asistían a la escuela no llegaba al 8% [cfr. Enciclopedia de México: art. "Educación"].

EL MEXICO INDEPENDIENTE. Desde el inicio de la vida independiente se reconoció el papel central que la educación debía jugar en la formación de la nueva nación; parece que el Dr. Mora³ fue uno de los primeros en expresar que la función educativa debía ser una responsabilidad que debía asumir el poder público, al afirmar el 17 de Noviembre de 1824 ante el Congreso Constituyente del Estado de México que "nada es más importante para el Estado que la instrucción de la juventud".

Como estrategia para afrontar el gigantesco rezago educativo que había dejado la Colonia, el 22 de Febrero de 1822 se funda la Compañía Lancasteriana, que se proponía impartir educación elemental mediante el método de Bell y Lancaster⁴ que, aplicado a México, consistía fundamentalmente utilizar a los alumnos más aventajados para enseñar a varios de sus compañeros, que se sentaban frente a él formando un semicírculo; el trabajo de los monitores era vigilado constantemente por un solo inspector adulto. La gran ventaja de este método era que, al utilizar a los alumnos más aventajados, se requería de un número mínimo de maestros (al igual que el método que prescribían las leyes de Fernando el católico 300 años antes). La Compañía Lancasteriana introdujo -y descansó en gran medida en- el uso de materiales didácticos tales como areneros, mapas y carteles. Su curriculum se formaba por lectura, escritura, gramática española, aritmética, geometría, dibujo, doctrina cristiana, civismo y urbanidad. Por decreto del 26 de Octubre de 1842, a la Compañía Lancasteriana se le dio el carácter de Dirección General de Instrucción Primaria en la República y siguió funcionando hasta que en 1890 fue suprimida definitivamente.

Fue hasta que se promulgó el Estatuto Orgánico Provisional de la República Mexicana el 15 de mayo de 1856 cuando se prohibió todo monopolio sobre la

3 José María Luis Mora, sacerdote y Doctor en Teología nacido en 1794 y muerto en 1850. Al consumarse la independencia abandonó el sacerdocio y se dedicó a la política y al periodismo. Jugó un papel importante como diputado constituyente en la transformación de la Provincia de México en el Estado de México.

4 Andrew Bell, clérigo escocés nacido en 1753 y muerto en 1832. Fue el primero en desarrollar un método para impartir educación elemental en forma masiva en Madrás, India. Más tarde Joseph Lancaster, educador nacido en Londres en 1778 y muerto en Nueva York en 1838 lo desarrolló y lo aplicó en Europa y Estados Unidos de América.

enseñanza, arrancándola así del control del clero; la enseñanza privada -se dispuso en este estatuto- es libre, y el poder político no tendrá más intervención que cuidar que no se ataque a la moral. Poco tiempo después la Constitución de 1857 ratificó la libertad de enseñanza y agregó a ésta el carácter de laica.

En 1883 Laubscher⁵ funda la Escuela Modelo de Orizaba, que introduce importantes avances en la concepción curricular de la educación elemental. Su curriculum se compone por lenguaje, cálculo, geometría, dibujo, geografía, historia, ciencias naturales, inglés, francés, moral, música y gimnasia.

En los Primero y Segundo Congresos Nacionales de Instrucción Pública, realizados entre 1889 y 1891, se concluyen los puntos siguientes:

- a) Para que la instrucción pública sea uniforme en sus bases se necesita que sea obligatoria para todos, gratuita para todos y laica para todos.
- b) La enseñanza primaria debe recibirse de los 6 a los 12 años. No se aceptarán niños de menos de 6 años.
- c) La enseñanza primaria se divide en dos ciclos: *primaria elemental* compuesta por cuatro grados y *primaria superior* compuesta por dos grados.
- d) El curriculum de la primaria elemental se compone por moral práctica, instrucción cívica, lengua nacional (lectura y escritura), lecciones de cosas, aritmética, nociones de ciencias físicas y naturales, nociones prácticas de geometría, nociones de geografía, nociones de historia patria, dibujo, canto, gimnasia y labores manuales para niñas.
- e) El curriculum de la primaria superior se compone por instrucción cívica, lengua nacional, nociones de ciencias físicas y naturales, nociones de economía política y doméstica, aritmética, nociones prácticas de geometría, nociones de geografía, nociones de historia general,

5 Enrique Laubscher, educador nacido en Alemania en 1837 y muerto en México en 1890. Aquí aplicó las ideas de Froebel al desarrollo de material didáctico, empleándolas en lo que llamó la "educación objetiva".

dibujo, caligrafía, música vocal, gimnasia y ejercicios militares. Como asignaturas optativas, francés e inglés.

- f) Los libros de texto para la primaria elemental deberán ajustarse al programa vigente.
- g) Deberán aplicarse métodos que organicen la enseñanza para rebasar la simple transmisión de conocimientos y alcanzar el desenvolvimiento integral de las facultades del alumno.

Estos congresos tuvieron un carácter pionero en la conformación de la educación pública mexicana, y sus efectos llegan hasta nuestros días [cfr. Moreno, en Solana, Cardiel y Bolaños, 1982: 64-72].

Al final del porfiriato, en 1910, poco más del 25% de los niños en edad escolar recibían educación primaria [cfr. Enciclopedia de México: art. "Educación"].

LA REVOLUCION MEXICANA. La situación educativa que dejó el porfiriato fue desoladora para un país que estaba ya en pleno siglo XX, pero el efecto de la lucha armada agravó aún más la situación. En principio, y a menos de un mes de la caída de Díaz, para enfrentar el enorme rezago educativo el Gobierno Provisional decretó el 1º de junio de 1911 la creación de escuelas de instrucción rudimentaria, cuyo curriculum se limitaba básicamente a enseñar a hablar, leer y escribir en castellano y nociones elementales de aritmética.

Durante el porfiriato, el presupuesto de educación subió del 4.55% en 1868 al 6.75% en 1910, en relación al presupuesto total; en plena lucha armada, entre 1911 y 1915 fue del 7.73% en promedio; pero al triunfo de la Revolución, entre 1916 y 1920 cayó drásticamente hasta menos del 1% del presupuesto total del gobierno federal. Por supuesto, los efectos sobre la educación fueron devastadores. Para hacer frente a este grave deterioro educativo, el 8 de julio de 1921 se crea la Secretaría de Educación Pública y Bellas Artes y, con algunos altibajos, el presupuesto se comienza a recuperar [cfr. Solana, Cardiel y Bolaños, 1982: 591-594].

La preocupación entonces se centra en llevar educación a las clases indígenas y campesinas más marginadas, que jamás habían tenido la menor posibilidad de educación formal. De este modo surgen la Escuela Rural Mexicana, las Misiones Culturales y las Casas del Pueblo, que desarrollan un esfuerzo educativo sin precedentes en nuestra historia. El curriculum, sin embargo, no rebasa las más elementales necesidades educativas: apenas la castellanización, la lectoescritura y algunas nociones de aritmética. La educación, no obstante,

logra integrarse a las comunidades y participar de sus necesidades, sin que hayan faltado los choques sangrientos con el fanatismo religioso y con los cacicazgos.

LA EDUCACION SOCIALISTA. Durante el periodo de Lázaro Cárdenas se trató de dar un cambio definitivo a la educación, imprimiéndole un carácter socialista. En la Declaración de Reformas a la Constitución, publicada en el Diario Oficial de la Federación del 13 de diciembre de 1934, se establecía que

"La educación que imparta el Estado será socialista y, además de excluir toda doctrina religiosa, combatirá el fanatismo y los prejuicios, para lo cual la escuela organizará sus enseñanzas y actividades en forma que permita crear en la juventud un concepto racional y exacto del universo y la vida social."

La reacción del clero y los sectores conservadores de la sociedad no se hizo esperar, y los enfrentamientos imposibilitaron la ejecución de la disposición constitucional. Además, debe observarse que realmente nunca quedó claro el curriculum que se pretendía implantar en la escuela socialista, y la idea de "crear en la juventud un concepto racional y exacto del universo y la vida social" quedó en simple postulado social. Finalmente el experimento terminó con una nueva Declaratoria de Reformas a la Constitución, publicada en el Diario Oficial de la Federación del 30 de diciembre de 1946, que suprime la orientación socialista y postula como principios ideológicos la educación laica, integral, científica, democrática, nacional, obligatoria y gratuita [cfr. Sotelo, en Solana, Cardiel y Bolaños, 1982:234-326].

LOS LIBROS DE TEXTO GRATUITOS. El 13 de febrero de 1959 es creada la Comisión Nacional de Libros de Texto Gratuitos. Los primeros trabajos consistieron en redactar las normas técnicas y pedagógicas a que deberían sujetarse la elaboración de libros y cuadernos de trabajo para los alumnos y los instructivos para los maestros; después se convocó a escritores y pedagogos a un concurso abierto para elaborarlos, pero como no se obtuvieron resultados satisfactorios, se encargó a maestros de competencia reconocida la redacción de los libros conforme a las normas establecidas. La primera edición de los libros fue en 1960, con un tiraje de casi quince y medio millones de ejemplares. En 1980 se otorgó a la Comisión Nacional de Libros de Texto Gratuitos el carácter de organismo público descentralizado.

A pesar de los múltiples y reiterados ataques que han sufrido por sectores conservadores, no hay duda de que los libros de texto gratuitos -por sus características, únicos en el mundo- constituyen el mayor parteaguas en la historia educativa de México; sin ellos no podríamos entender a nuestro país, y

mucho menos a su educación. No cabe duda de que su mayor significación está en lo social, pero en este trabajo sólo nos interesa comentar lo curricular; en este aspecto permitieron pasar, por primera ocasión, de las discusiones en abstracto a un curriculum concreto, aplicable a la realidad y perfeccionable por medio de la práctica. Si queremos saber cuál es exactamente la concepción educativa de la primaria mexicana, basta con estudiar los libros de texto gratuitos y las transformaciones que han sufrido a lo largo de más de tres décadas de existencia.

LA REFORMA EDUCATIVA DE 1960. Como una consecuencia directa de la creación de los libros de texto gratuitos, se reformó profundamente el curriculum de la educación básica a partir del año escolar 1960. En cuanto a la primaria, los cambios principales fueron:

- a) Se abandonó la estructura curricular por asignaturas y se adoptó la de áreas, con el propósito de facilitar la integración de los aprendizajes.
- b) Se definieron seis áreas curriculares:
 1. Protección de la salud y mejoramiento del vigor físico;
 2. Investigación del medio y aprovechamiento de los recursos naturales;
 3. comprensión y mejoramiento de la vida social;
 4. actividades creadoras;
 5. actividades prácticas; y
 6. adquisición de los instrumentos de la cultura (lenguaje y cálculo).
- c) Se definieron objetivos para cada actividad a desarrollar durante el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Por supuesto, este curriculum se concretó en los libros de texto gratuitos que comenzaron a circular al mismo tiempo.

LA REFORMA EDUCATIVA DE 1976. En 1973 fue reformada la Ley Federal de Educación y en 1975 se promulgó la Ley Nacional de Educación para Adultos. En lo que afectó a la educación básica, se reformaron los niveles de preescolar, primaria, secundaria y normal. En primaria dejaron de funcionar las seis áreas curriculares que existían desde la Reforma de 1960 para dar lugar a un diseño curricular de siete áreas:

1. Español
2. Matemáticas
3. Ciencias Naturales
4. Ciencias Sociales
5. Educación Física
6. Educación Artística y
7. Educación Tecnológica.

Con algunos cambios que veremos enseguida, este es el curriculum vigente a la fecha⁶.

LA MODERNIZACION EDUCATIVA DE 1989. El Plan Nacional de Desarrollo para el sexenio 1989-1994, al identificar las necesidades educativas actuales, postula que "el énfasis del esfuerzo se concentrará en la educación básica, que agrupa a la mayor parte de la población atendida" [Poder Ejecutivo Federal, 1989A: 103]. Más tarde, el Programa para la Modernización Educativa precisó la necesidad de concebir a la educación básica (preescolar, primaria y secundaria) como una unidad curricularmente integrada, de modo que puedan superarse los vacíos y traslapes que existen actualmente entre estos niveles⁷. Además, para el caso particular de la primaria, se planteó una profunda reestructuración curricular que habría de desembocar en la elaboración de nuevos planes y programas de estudios y libros de texto, mismos que deberían comenzar a funcionar en 1993; en el ínterin se propuso realizar ajustes a los planes y programas existentes [cfr. Poder Ejecutivo Federal, 1989B: 34-60].

En junio de 1990 parece que comenzaron a concretarse las propuestas del Plan Nacional de Desarrollo y del Programa de Modernización Educativa, al publicarse un primer bosquejo de lo que serían los nuevos planes de estudio para la educación básica [CONALTE, 1990A], se definieron siete "líneas de formación", a saber:

6 Esto se escribió a finales de 1992. Aunque se ha planteado regresar a la estructura curricular en base a asignaturas, en el ciclo 1992-1993 se trabaja aún con áreas.

7 La unidad curricular que postula el actual sexenio no debe confundirse con el llamado "Plan de Diez Años" que propuso el gobierno del presidente López Portillo. Este último consistía en legislar la obligatoriedad de un año de preescolar, más la primaria, más la secundaria y no se refería en absoluto a cuestiones curriculares (cfr. Poder Ejecutivo Federal, 1980:345-349).

1. Identidad Nacional y Democracia;
2. Solidaridad Internacional;
3. Ciencia;
4. Estética;
5. Comunicación;
6. Ecología; y
7. Salud.

A partir de estas líneas habría que organizar los aprendizajes en función de tres "espacios", que son:

1. Espacio de Globalización, que vincula los aprendizajes del alumno con su entorno y experiencia inmediata.
2. Espacio de Sistematización, que atiende al conocimiento y comprensión de un campo específico del conocimiento.
3. Espacio de Convergencia, que atiende a la concurrencia de varios campos del conocimiento en el análisis y comprensión de problemáticas específicas de la vida real.

Disponiendo de este marco, para el caso de la primaria se ha propuesto el plan de estudios que se presenta en la siguiente página. Las materias que lo integran conforman 12 *espacios* que contienen la formación global del alumno de primaria; enseguida se describen [cfr. CONALTE, 1990A: 42-44]:

FIG. 5.1. PLAN DE ESTUDIOS DE PRIMARIA

(Proyecto)

PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	SEXTO
LENGUA NACIONAL	LENGUA NACIONAL	LENGUA NACIONAL	LENGUA NACIONAL	LENGUA NACIONAL	LENGUA NACIONAL
MATEMATICAS	MATEMATICAS	MATEMATICAS	MATEMATICAS	MATEMATICAS	MATEMATICAS
NIÑO, FAMILIA, ESCUELA Y COMUNIDAD	NIÑO, FAMILIA, ESCUELA Y COMUNIDAD		HISTORIA PATRIA	HISTORIA DE AMERICA	HISTORIA UNIVERSAL
			GEOGRAFIA FISICA Y HUMANA DE MEXICO	GEOGRAFIA FISICA Y HUMANA DE AMERICA	GEOGRAFIA FISICA Y HUMANA UNIVERSAL
			CULTURA CIVICA	CULTURA CIVICA	CULTURA CIVICA
NATURALEZA, CIENCIA Y TECNOLOGIA	NATURALEZA, CIENCIA Y TECNOLOGIA		NATURALEZA Y SALUD	NATURALEZA Y SALUD	NATURALEZA Y SALUD
			CIENCIA Y TECNOLOGIA	CIENCIA Y TECNOLOGIA	CIENCIA Y TECNOLOGIA
APRECIACION Y EXPRESION ARTISTICA	APRECIACION Y EXPRESION ARTISTICA	APRECIACION Y EXPRESION ARTISTICA	APRECIACION Y EXPRESION ARTISTICA	APRECIACION Y EXPRESION ARTISTICA	APRECIACION Y EXPRESION ARTISTICA
EDUCACION FISICA	EDUCACION FISICA	EDUCACION FISICA	EDUCACION FISICA	EDUCACION FISICA	EDUCACION FISICA

Fuente: CONALTE [1990A: 45]

1. LENGUA NACIONAL. Es un espacio de sistematización de 1º a 6º grados, que a través de la comunicación oral y escrita, inicia al alumno en la toma de conciencia de la estructura y funcionamiento de la lengua y en el proceso de formalización de la comprensión de la lectura como un instrumento funcional y cotidiano. La ejercitación de las habilidades lingüísticas -hablar, escuchar, leer y escribir- le facilita la sistematización y corrección de su expresión a fin de que sea cada vez más clara y eficaz.

Los instrumentos esenciales para tener acceso a una interpretación cada vez más amplia de la realidad serán los conceptos lingüísticos en relación a la explicación y análisis del sistema de la lengua, la interpretación y comprensión de textos, la expresión oral y escrita espontánea y coherente de sus ideas, vivencias y emociones.

2. MATEMATICAS. Se presenta también como un espacio de sistematización de 1º a 6º grados. El tratamiento sistemático permitirá que el alumno desarrolle progresivamente los procesos cuantitativos y relacionales del pensamiento y las habilidades intelectuales de flexibilidad, reversibilidad y memoria generalizada para la interpretación, análisis y reflexión de los problemas cotidianos que se le presenten.

Las matemáticas constituyen todo un lenguaje que permite al educando expresarse mediante la simbología propia. Junto con la lengua nacional, son instrumentos indispensables para la adquisición de nociones y conceptos de otros campos de estudio.

3. NIÑO, FAMILIA, ESCUELA Y COMUNIDAD. Conforman un espacio de globalización para 1º y 2º grados. Permite a los alumnos procedentes del nivel preescolar, o de nuevo ingreso, un espacio en que reflexionen sobre las relaciones entre los sujetos y las instituciones sociales, comprenda la historia de él y su familia en la vida de la comunidad y aprenda a reconocer la escuela como un ambiente que integra a los individuos con fines de formación educativa.

4. ESTUDIO DE LA SOCIEDAD MEXICANA. Es un espacio de convergencia que constituyen las disciplinas Historia de México, Geografía Física y Humana de México y Cultura Cívica. Inicia al niño en el estudio de la sociedad mexicana, ubica la vida de la comunidad en los marcos de la política y geografía de su entidad federativa y la República Mexicana.

5. HISTORIA PATRIA Y GEOGRAFIA FISICA Y HUMANA DE MEXICO. Son espacios de sistematización para 5º y 6º grados, donde el alumno analizará los procesos históricos relevantes y trascendentes de América y

del mundo y su relación con los procesos socioeconómicos y culturales de México. El estudio sistemático de la Geografía Física y Humana de América y Universal, facilitará al alumno la comprensión de la influencia del medio en las diferentes formas de vida de los seres humanos, haciéndolo conciente de que forma parte de un todo que es la tierra.

6. **CULTURA CIVICA.** Conforman un espacio de convergencia del Derecho y la Ciencia Política en 4º, 5º y 6º grados. Pretende que el alumno reflexione los contenidos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, los Derechos Humanos, las relaciones políticas y económicas de México con otros países y organismos internacionales, y oriente en estos términos la perspectiva de su participación social.

7. **NATURALEZA, CIENCIA Y TECNOLOGIA.** Para los tres primeros grados constituye un espacio de globalización, que facilita al alumno la comprensión de hechos y fenómenos relacionados con la vida cotidiana de su familia y su comunidad, propiciando en el educando el desarrollo de una actitud crítica con la que pueda descubrir, comprender y aprovechar la moderna tecnología y conservar los recursos de su medio. También reforzará hábitos de higiene escolar para conservar la salud individual y colectiva.

8. **NATURALEZA Y SALUD.** Abarca 4º, 5º y 6º grados y es un espacio en que convergen Biología, Ecología, Higiene y Conservación de la Salud. Aquí el alumno continúa con el conocimiento de la estructura y el funcionamiento orgánico de los seres vivos, como individuos y como especies, sujetos de relación con el medio ambiente. Se propicia el desarrollo de actitudes de respeto hacia su cuerpo y el de los demás, de solidaridad para la prevención y solución de problemas de salud individual y colectiva y de conservación del medio ambiente.

9. **CIENCIA Y TECNOLOGIA.** Se conforma como espacio de convergencia a partir de 4º grado, y en él confluyen Física, Química y Educación Tecnológica. Este espacio permite al alumno comprender la realidad y el uso responsable de su información, lo que lo compromete a nuevos niveles de comprobación e influye en la aplicación de procedimientos básicos del método científico: cuestionar, observar, experimentar, comparar, registrar y concluir al investigar hechos o fenómenos relacionados con la conservación de la salud, la producción y la preservación del medio ambiente.

10. **APRECIACION Y EXPRESION ARTISTICA.** Es un espacio que abarca de 1º a 6º grados, en el que convergen la música, la danza, el teatro y las artes plásticas, partiendo de la observación multisensorial y de la percepción del medio circundante, de donde toman los elementos que le son comunes, para

gradualmente sistematizarlos y servir al alumno como lenguajes para expresarse y comunicarse estéticamente.

11. EDUCACION FISICA. Es un espacio de sistematización que abarca de 1º a 6º grados. Promueve, por medio de la actividad física, el desarrollo de habilidades y destrezas motrices y de socialización, atendiendo a la organización de un esquema corporal para percibir y comunicarse con su entorno, y en el aspecto social promueve la formación de aptitudes de participación, operación iniciativa y autogestión. Todo ello favorece que el alumno reconozca sus potencialidades de movimiento y, en un ambiente de compañerismo, supere sus limitaciones.

Para evaluar la pertinencia y viabilidad de este modelo, en 1990 se planteó llevar a cabo una *prueba operativa* del nuevo plan de estudios, misma que abarcará desde junio de 1990 hasta junio de 1993, de modo que los nuevos planes de estudios comiencen a funcionar en forma oficial y generalizada para el ciclo 1993-1994. Dicha prueba consiste fundamentalmente en aplicar los nuevos programas de estudio y evaluar eventuales dificultades de aplicación para mejorarlos antes de su aplicación definitiva [CONALTE, 1990B; 1990C].

En función de los avances reseñados, en noviembre de 1990 se reunió una misión UNESCO-CONALTE para analizar las estrategias de implementación del cambio curricular en el proceso de modernización educativa, a mediados de 1991 se publicaron los llamados *perfiles de desempeño*. Este es un documento clave para conocer, en concreto, cómo se concibe al nuevo curriculum que se propone. A pesar de lo particularmente obscura de la terminología empleada y de las frecuentes contradicciones que se encuentran en los documentos⁸, podríamos afirmar que realmente lo que se presenta como "perfiles de desempeño" no es más que un mapa de objetivos terminales, debe decirse, bastante coherente. El documento organiza las "metas de aprendizaje" (*objetivos*, diríamos nosotros para evitar confusiones) en una llamada "matriz

8 Los ejemplos al respecto son realmente abundantes, pero aquí nos limitaremos a citar sólo uno: por una parte se dice que "los **perfiles de desempeño** ... no han de identificarse con aquellos que la tradición educativa denomina **perfiles de egreso**, pues mientras que éstos refieren los conocimientos, habilidades y destrezas que han de adquirirse a lo largo de un proceso educativo, los perfiles de desempeño ... describen modos de ser y de actuar de un individuo en los diversos ámbitos de convivencia..." [CONALTE, 1991B: 9]; pero por otra parte, en el memorándum con que se informa al Secretario de Educación de las conclusiones obtenidas por la misión UNESCOCONALTE, se dice "el perfil de resultados de aprendizajes, puede, de este modo, ser definido como un conjunto de capacidades (conocimientos), habilidades y actitudes/valores..." [CONALTE, 1991A: 163-164].

de congruencia", en la que las columnas corresponden a cuatro ámbitos de desarrollo: 1) personal, 2) económico-social; 3) científico-tecnológico; y 4) cultural; cada uno de ellos contiene un número variable de metas de aprendizaje (19 en total para el caso de la primaria⁹). Los renglones, en cambio, corresponden a los siguientes principios rectores: 1) Identidad nacional; 2) Justicia 3) Democracia; 4) Independencia-Soberanía; 5) Valores; 6) Métodos; 7) Lenguajes; que generan 167 posibles metas de aprendizaje. En consecuencia, la matriz de congruencia -para primaria- se forma por 3,173 entradas, en las que se indica con una marca aquellas que proceden. Tomemos, para ejemplificar, un caso que nos interesa: la única meta de aprendizaje relacionada con la computación definida para primaria [cfr. CONALTE, 1991B]:

COLUMNA C.20: Utiliza con responsabilidad los recursos tecnológicos a su alcance que mejoran su calidad de vida.

RENGLON L.3.4: Uso del lenguaje de la ciencia y la tecnología modernas, especialmente de la computación, la informática y la telemática¹⁰.

Esto es lo que se espera que un alumno aprenda de computación durante la primaria. A cambio, en este trabajo planteamos lo que nosotros pensamos que debería aprender.

El 18 de mayo de 1992 el Gobierno Federal, los Gobiernos de las entidades federativas y el Sindicato Nacional de Trabajadores de la Educación firmaron el *Acuerdo para la Modernización Educativa*, que en lo tocante al cambio curricular, contemplaba los siguientes puntos principales:

- 1) Se ratifica que la implantación de la reforma culminará hasta septiembre de 1993, como se planteó desde el Programa de Modernización Educativa.
- 2) Se aplicará un programa emergente para la primaria que incluirá:

9 No debe olvidarse que el curriculum se diseña en conjunto para preescolar, primaria y secundaria. En este trabajo sólo nos interesa la primaria.

10 Podrá observarse que si se escribieran los verbos en futuro lo que sería correcto, pues se trata de **metas** a conseguir se tendrían, estrictamente, objetivos educativos. ¿Para que complicar innecesariamente la terminología?

a) Fortalecimiento en los seis grados del aprendizaje y el ejercicio asiduo de la lectura, la escritura y la expresión oral, haciendo énfasis en el uso del lenguaje y la lectura, y abandonando el enfoque de la lingüística estructural.

b) Reforzamiento a lo largo del ciclo del aprendizaje de las matemáticas, enfatizando la capacidad para relacionar y calcular cantidades con precisión y fortaleciendo el conocimiento de la geometría y la habilidad para plantear claramente problemas y resolverlos; se desecha el enfoque de la lógica matemática¹¹.

c) Restablecimiento del estudio sistemático de la historia, la geografía y el civismo, en lugar del área de ciencias sociales. En el caso de la historia, en el ciclo escolar se reintrodujeron dos libros: uno para 4º y otro para 5º y 6º grados¹².

d) Reforzamiento del aprendizaje de contenidos relacionados con el cuidado de la salud del alumno y la protección del medio ambiente y los recursos naturales.

3) Se confirma la vigencia del libro de texto gratuito.

Finalmente, dentro del Programa Emergente de Reformulación de Contenidos y Materiales Educativos planteado para el año escolar 1992-1993, fueron elaborados dos libros de Historia de México (uno para 4º y el otro para 5º y 6º grados) y seis Guías para el Maestro (una para 1º y 2º grados; otra para 3º y 4º; otra para 5º y 6º y una más para Medio Ambiente). Debe observarse que tanto los libros de historia como las guías para el maestro responden a una propuesta de reagrupación de los 6 grados de primaria en 3 ciclos: Primer Ciclo, que corresponde a 1º y 2º grados; Segundo Ciclo, a 3º y 4º grados; y Tercer Ciclo, correspondiente a 5º y 6º.

11 Resultará interesante ver la estrategia que se aplique. ¿Cómo enseñar matemáticas sin lógica?

12 Debe observarse que en realidad nunca se abandonó el estudio de la historia, sino que se incluía en el área de Ciencias Sociales. Incluso, desde mediados de la década pasada, existen libros de texto regionales; un ejemplo de ellos es el Libro del Estado de México que se estudia en 3º y que contiene una amplia sección de historia de la entidad.

En general, puede observarse, este acuerdo no parece introducir cambios en la política previamente formulada en el Programa de Modernización Educativa para el sexenio 1989-1994 [cfr. Poder Ejecutivo Federal, 1992]. En todo caso habrá que esperar para ver que ocurre en los próximos años.

* *

En el curriculum de la educación primaria, al igual que en el resto de la sociedad, estamos en este momento en una etapa de acelerados cambios. No parece probable que esta etapa termine en poco tiempo.

5.2. EL NIÑO DE PRIMARIA.

En condiciones normales, el estudiante transcurre por la primaria entre los 6 y los 12-13 años. Por las etapas de desarrollo en que se encuentra durante este periodo, ningún otro nivel tiene un efecto tan profundamente *educativo*¹³ en su vida. En la primaria se adquieren los aprendizajes más importantes para la vida, en todos los dominios: desde la lectoescritura y aritmética elemental, pasando por el desarrollo de una concepción científica y humanista del mundo, hasta la formación de una estructura de valores.

En consecuencia, diseñar el curriculum de la primaria se convierte necesariamente en una de las decisiones más importantes que pueda tomar una sociedad. México ha sabido esto desde su nacimiento como nación y siempre la definición de la ideología¹⁴ educativa ha jugado un papel de la mayor importancia en sus luchas históricas.

13 Utilizamos aquí el concepto de educación en el sentido en que lo propone, desde la perspectiva sistémica, Sanvicens [1987]: "un hecho humano, social y comunicativo, de carácter **formativo** y **madurativo**. **Formativo** en cuanto a estructurador o configurador de la persona; **madurativo** en cuanto a logro o realización integrada, conseguida **progresivamente**."

14 Sin intentar una discusión epistemológica profunda, y siguiendo a Villoro [1985], podemos entender a la ideología como un sistema de creencias que se caracterizan porque: a) no se encuentran suficientemente justificadas por razones objetivas, y b) promueven los intereses de un grupo sobre los otros que constituyen una sociedad.

Pero en esta sección nos interesa aproximarnos a la cuestión desde el enfoque de la ciencia¹⁵. En este sentido, para hacer una propuesta curricular en primaria se requiere dar respuesta a una pregunta fundamental: ¿Cuáles son las capacidades para el aprendizaje en un niño de primaria? En otras palabras, ¿Qué es lo que su nivel de desarrollo le permite aprender? A estos interrogantes trataremos de dar respuesta en esta sección.

EL CONCEPTO DE EDAD. Para analizar el proceso de desarrollo del niño es inevitable hacer referencia a la edad, pero éste, contra lo que podría pensarse a primera vista, dista de ser un concepto simple. Debe distinguirse entre edad cronológica y edad mental. La *edad cronológica* de un niño es una medida completamente objetiva de tiempo, que se calcula restando la fecha de nacimiento a la fecha en que evalúa psicométricamente; debido a que el niño se caracteriza por una evolución psicológica sumamente rápida, la edad cronológica se calcula considerando años, meses y aún días en las primeras etapas.

Por otra parte, el concepto de edad mental nació junto con la psicometría y constituye un constructo central en la psicología evolutiva. Lo propuso por primera ocasión Binet¹⁶ en 1905¹⁷ y desde entonces ha sido fuertemente cuestionado, e incluso combatido. Sin embargo, aunque bastante más relativizado que en la propuesta original, el concepto ha sobrevivido y sin él no sería concebible una teoría del desarrollo, en particular las teorías piagetiana y neopiagetianas. Por *edad mental* podemos entender el grado de desarrollo intelectual que corresponde a cada edad cronológica, conforme a un grupo normativo estadísticamente definido. En otros términos, la edad mental define aquello que un niño típico puede hacer, en función de su grado de desarrollo intelectual. Es muy importante observar que la edad mental estima el nivel de **madurez**, y no de agilidad o torpeza mental, ni de inteligencia¹⁸. Se ha en-

15 A diferencia de la ideología, el conocimiento de la ciencia se caracteriza por: a) sus postulados se encuentran siempre sustentados en razones objetivas (lógicas o empíricas), y b) no se compromete con los intereses de grupos sociales.

16 Alfred Binet, psicólogo francés nacido en 1857 y muerto en 1911. Se le considera uno de los pioneros de la medición de la inteligencia en particular, y de la psicometría en general.

17 Al menos formalmente, porque Anastasi [1973: 10] reporta una propuesta del concepto de edad mental anterior a la Escala de Binet-Simon: en 1887 Chaille reportó en el **New Orleans Medical and Surgical Journal** una serie de tests infantiles ordenados conforme a las edades en las que la mayoría de los niños los resolvía correctamente.

18 La inteligencia se mide habitualmente por el **cociente intelectual**, una medida derivada que

contrado que -a semejanza del desarrollo anatomofisiológico- en el desarrollo mental se llega a una edad cronológica en la que cesa el proceso de crecimiento y se alcanza la estabilización. Esto ocurre entre los 15 y los 18 años¹⁹, por lo que hacia esta edad cronológica se vuelve más relativo el concepto de edad mental.

Por lo tanto, en el campo de la psicología evolutiva, cuando se habla por ejemplo de "un niño de 6 años", generalmente no se hace referencia a su edad cronológica, sino a su *edad mental*. Habrá que tenerlo presente para interpretar adecuadamente lo que sigue.

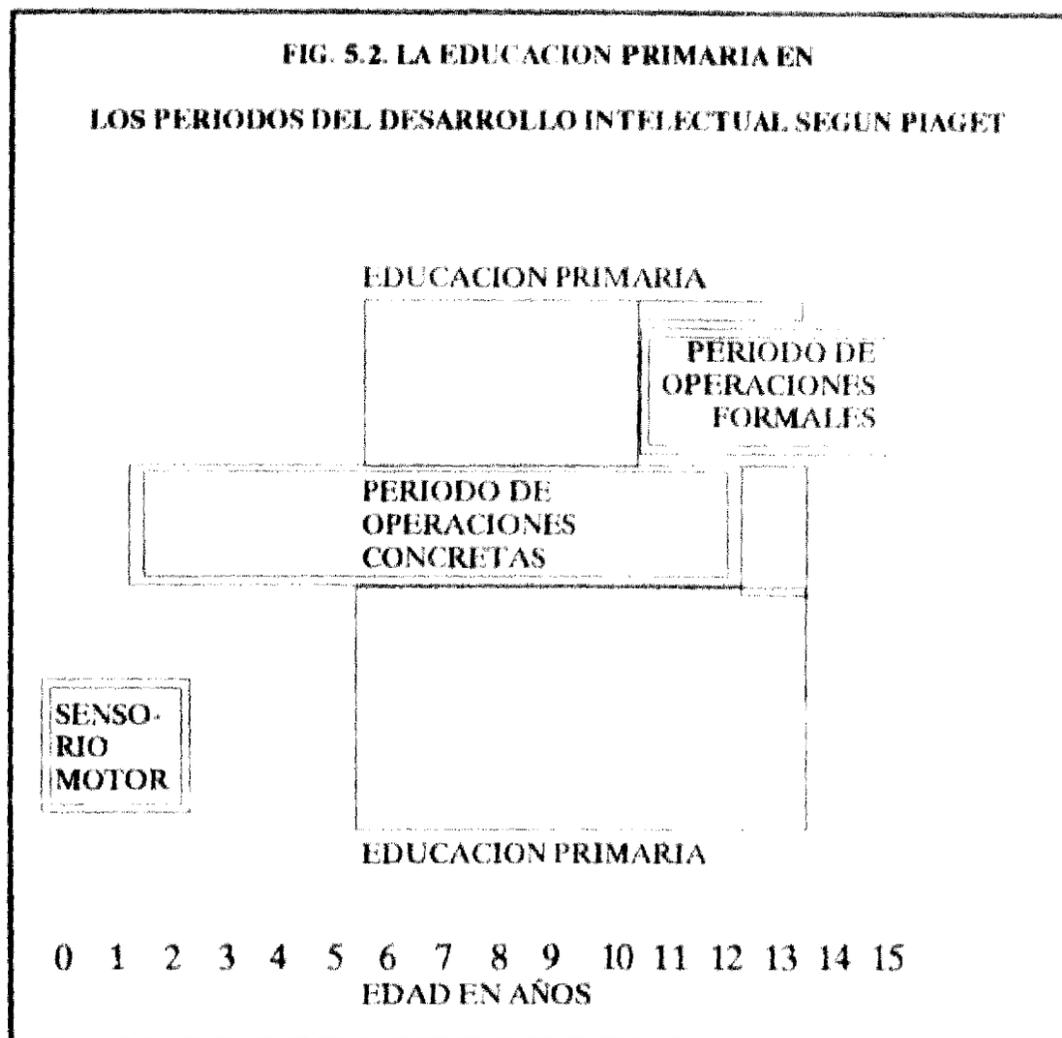
LA TEORIA DE PIAGET. El interés fundamental de Piaget siempre consistió en explicar el desarrollo del pensamiento lógico y matemático del niño. Pero hay que observar que él realmente nunca se interesó en investigar sistemáticamente sus aplicaciones a la práctica educativa. De hecho sentía cierto menosprecio por las posibilidades de aplicación de sus descubrimientos, a lo que llamaba "el problema americano"; de sí mismo dijo: "el autor de estas líneas no es en absoluto educador de profesión, sino un psicólogo llevado por sus investigaciones a estudiar los problemas de la formación del hombre" [1978: 10].

Piaget concibe al aprendizaje como un proceso de construcción de estructuras mentales que se logra mediante la *asimilación* de experiencias provenientes del medio ambiente que obligan al niño a la *acomodación* de estas experiencias nuevas con las anteriores que ya estaban en su mente hasta lograr estados de *equilibrio* que lo conducen a una *adaptación* cada vez más estable con su medio. En otras palabras, el aprendizaje se concibe como un proceso de cambio estructural en la mente. Esta concepción resulta particularmente adecuada al problema que aquí nos ocupa: la enseñanza de la computación en el nivel de primaria.

En el proceso de desarrollo se identifican diversos estadios, agrupados en tres grandes periodos. como se esquematiza enseguida.

se obtiene dividiendo la edad mental entre la edad cronológica; para facilitar su presentación suele multiplicarse por 100 ($CI = (EM/EC)100$). De este modo, un CI = 110 indica que el sujeto tiene 10% mayor inteligencia que su grupo normativo de edad.

19 Por ejemplo, en el Stanford-Binet, típicamente no se observan mejoras en la ejecución después de los 16 años, por lo que en este test el promedio de edad mental para los adultos es de 15 años y 9 meses.



Debe observarse que la existencia de estadios y periodos, más que cortes cronológicos precisos, implica ante todo *orden* entre ellos. Por tanto es posible que la duración de cada uno pueda variar notablemente, pero no es concebible que falte alguno de ellos. En términos de Piaget [1988B: 17]:

"Este orden de sucesión demuestra que, para que se construya un instrumento lógico nuevo, son necesarios siempre instrumentos lógicos previos; es decir, la construcción de una noción supondrá siempre sustratos, subestructuras anteriores..."

Este principio resulta fundamental en la concepción piagetiana del desarrollo.

Para Piaget el cambio estructural en la mente (esto es, el aprendizaje) del niño se encuentra determinado por tres clases de factores: a) la maduración de su sistema nervioso; b) la interacción con su medio, y; c) las características del grupo social a que pertenece, principalmente su lenguaje, creencias, valores,

tipo de relaciones y formas de razonamiento que considera válidos. Estos factores pueden acelerar, retardar o incluso cancelar definitivamente las conquistas de cada periodo [cfr. Piaget, 1988A, 1988B].

Enseguida pasaremos a resumir -en forma necesariamente esquemática- las capacidades mentales del niño en cada periodo [cfr. Piaget 1978, 1984A, 1984B, 1986, 1988B].

EL PERIODO SENSORIO MOTOR (desde el nacimiento hasta los 2 años). En este primer periodo el niño pasa de un egocentrismo radical en que sólo se percibe a sí mismo, hasta percibir la existencia del medio y ubicarse dentro de él como un objeto más. Durante el primer mes se limita a responder con reflejos elementales como el reflejo de Babinsky²⁰; desde el segundo mes hasta los cuatro y medio meses se producen las reacciones circulares primarias sobre el propio cuerpo (v.g. chuparse el dedo o manipular partes de su propio cuerpo); de los cuatro meses y medio a los 8 ó 9 se producen las reacciones circulares secundarias sobre otros objetos distintos de su cuerpo, comenzando así a descentrar su atención hacia el medio; de los 8 ó 9 meses hasta los 11 ó 12 comienza a intentar búsquedas, aunque por lo regular sin localizar el objeto buscado; de los 11 ó 12 a los 18 meses ya consigue localizar objetos en búsquedas sencillas e inicia exploraciones y tanteos en otras más complicadas; finalmente de los 18 a los 24 meses comienza a solucionar problemas sencillos con detención de la acción y comprensión brusca, con lo que abandona este primer periodo.

EL PERIODO DE OPERACIONES CONCRETAS. Piaget define a las operaciones concretas como aquéllas que se refieren a objetos manipulables, ya sea que las manipulaciones sean efectivas o inmediatamente imaginables. En este periodo la actividad mental relaciona objetos o clases de objetos para hacer declaraciones sobre el medio: el niño está completamente sujeto a su medio físico. Se distinguen dos subperiodos.

El primero es el subperiodo de representaciones preoperacionales. De los dos años a los tres y medio o cuatro aparece la función simbólica, principalmente con el lenguaje y el juego como medios de representación. De los 4 a los 5 años y medio el niño comienza a organizar sus representaciones y construye sus primeras estructuras. De los 5 y medio a los 7 u 8 años aparecen las regulaciones representativas articuladas, aparece el pensamiento semirreversible y

20 Que consiste en extender los dedos del pie al sentir un objeto puntiagudo en la planta.

entra en una fase intermedia entre la no conservación y la conservación. Es **durante esta fase que el niño ingresa a la educación primaria.**

En el segundo subperiodo el niño se encuentra en el proceso de educación escolar más intenso de su vida. Siempre manipulando objetos, comienza a realizar clasificaciones, seriaciones, correspondencias de uno-a-uno, correspondencias seriales, operaciones multiplicativas (matrices), grupos aditivos, grupos multiplicativos, números enteros y fraccionarios, operaciones en el espacio-tiempo, sistemas coordinados y sistemas referenciales. Es aquí donde se colocan las bases para el pensamiento lógico matemático. En caso de que éstas no resulten suficientemente sólidas, aquí se originan los conocidos fracasos de la educación matemática²¹.

EL PERIODO DE OPERACIONES FORMALES. El niño egresa de la primaria cuando está comenzando este periodo. Durante él aparece el razonamiento inductivo, la comprensión y manipulación del método experimental, la realización de operaciones combinatorias, el desarrollo de estructuras reticulares, el equilibrio dinámico y el mecánico y las operaciones coordinadas.

Piaget concede especial importancia a la capacidad para realizar las cuatro transformaciones fundamentales: operación directa (I); su inversa (N); la recíproca -que consiste en la operación directa e inversa respecto a otro sistema- (R), y; la correlativa (C) -que es la negación de la recíproca. A este grupo de transformaciones le llamó el "grupo INRC". Todo ello lo capacita para comenzar a operar con proposiciones lógicas.

En resumen, durante este periodo comienza a construirse la lógica formal, que se consolida hacia los 14 ó 15 años, coincidiendo con el egreso de la secundaria. Así, si superó con éxito los tres periodos, el adolescente ingresa al bachillerato con un aparato cognoscitivo completamente maduro.

*

Bajo esta concepción, el niño ingresa a la primaria casi al mismo tiempo que entra al periodo de operaciones concretas y durante ella lo concluye. Al

21 Los **Estándares Curriculares y de Evaluación para la Educación Matemática** del National Council of Teachers of Mathematics (USA) constituyen un documento clave para ejemplificar cómo se han interpretado aplicado las teorías cognoscitivas a la enseñanza de las matemáticas [ver ficha en la bibliografía [National Council of Teachers of Mathematics, 1991]

egresar de la primaria está, a su vez, entrando al periodo de las operaciones formales.

LA TEORIA DEL PROCESAMIENTO DE INFORMACION. Esta es una interesante vertiente neopiagetiana que, implícita o explícitamente, toma a la computadora digital como modelo conceptual para explicar el pensamiento como un sistema procesador de información. En realidad esta vertiente retoma lo esencial de la epistemología genética, pero para hacer frente a las críticas que se han hecho a Piaget, trata de reconceptualizar algunos de sus elementos.

Para revisar esta propuesta seguiremos fundamentalmente a Halford [1980]; él coincide con Piaget al definir al desarrollo cognitivo como un proceso de crecimiento de la complejidad estructural; pero no acepta la idea de los periodos, proponiendo en cambio la idea de *niveles de desarrollo*; tampoco acepta la existencia de un número finito de estructuras cognitivas para un nivel dado, proponiendo en su lugar *representaciones simbólicas* almacenadas en la memoria de largo plazo.

Halford propone que existen cuatro niveles de pensamiento, de acuerdo con la complejidad estructural que exija la resolución de la situación-problema de que se trate. Describamos brevemente cada nivel.

NIVEL 0. Se da durante los primeros años de vida. Es un estadio sin símbolos y, consecuentemente, sin pensamiento.

NIVEL 1. Abarca hasta la edad mental de 5 años. Comprende una familia de sistemas matemáticos que incluyen operaciones unarias²² como la negación y el cambio de tiempo, relaciones binarias y funciones invariantes. El niño es capaz de razonar transductivamente ($P1, P2 \rightarrow P3$; v.g. $P1 = \text{adulto}, P2 = \text{niño}, P3 = \text{padre de}$) y manejar cualquier regla que involucre un conjunto ordenado de parejas. Con las relaciones unarias puede aprender conceptos tales como positivo, negativo, correspondencias uno-a-uno y más, menos, igual.

NIVEL 2. Abarca desde la edad mental de cinco años hasta la de once. Los símbolos se relacionan en forma binaria ($S, S \rightarrow S$; v.g. $2 + 2 \rightarrow 4$), siendo las operaciones más importantes la transitividad y la aditividad. Se logra la representación del espacio, cuya transformación permite al niño formar grupos matemáticos. Puede realizar operaciones clasificatorias que involucren las 16

22 Aquellas que involucren un solo operador.

conectivas de la lógica simbólica. Así devienen aprendibles la clasificación y la implicación múltiple y puede iniciarse en rudimentos de la lógica booleana.

NIVEL 3. Se alcanza a partir de una edad mental de once años. Los símbolos se pueden relacionar en composiciones binarias ($P, P, P \rightarrow P$; v.g. $5 \times 3 \times 2 \rightarrow 30$) agrupándose como resulte necesario ($(5 \times 3) \times 2$, o bien $5 \times (3 \times 2)$). El niño ya puede realizar tareas que involucren estructuras matemáticas complejas, como campos y anillos, mismas que a pesar de su enorme potencial heurístico, se enseñan poco para aplicarse como base del pensamiento. Queda capacitado para acceder al álgebra, que constituye la base del pensamiento occidental. Puede también realizar transformaciones lógicas como las inversas de la conjunción, disyunción e implicación, que resultan fundamentales para la prueba de hipótesis. El nivel 3 se extiende desde el egreso de primaria hasta bien entrado el bachillerato.

*

Fácilmente puede observarse que los niveles de Halford corresponden bastante directamente a los cuatro periodos de Piaget²³. Pero, para nuestro propósito, esta propuesta no sólo amplía la de Piaget, sino que resulta de una aplicación bastante más directa para seleccionar y organizar contenidos curriculares sobre computación.

EL CURRÍCULUM EN ESPIRAL. Pero, ¿es que un niño de primaria puede tener acceso al estudio teórico y conceptual de la computación? Esta es una pregunta esencial para este trabajo. Resulta obvio que aquí partimos del supuesto de que la respuesta es afirmativa, pero fundamentemos esta hipótesis de trabajo.

Bruner²⁴ ha planteado una propuesta teórica fundamental para contestar a esta pregunta. En un estudio clásico [Bruner, 1988: 147-159] propone el concepto de *curriculum en espiral*, que puede resumirse en el siguiente planteamiento: "*es posible enseñar cualquier contenido de forma efectiva a cualquier niño que se halle en cualquier estadio de desarrollo*"²⁵. Para lograrlo, se requiere **adaptar los contenidos a los esquemas lógicos del niño**. Esta idea ha

23 Se habla de cuatro niveles porque, como se vio arriba, Piaget divide el periodo de operaciones concretas en dos subperiodos.

24 Jerome Seymour Bruner, Psicólogo y educador norteamericano, nacido en 1915. Ha propuesto una teoría de la cognición que, aun cuando parte de Piaget, se desvía de él y lo rebasa en cuanto a aplicaciones prácticas a la educación.

provocado profundas transformaciones en las concepciones educativas derivadas de la teoría cognoscitiva de Piaget, de la que algunas interpretaciones dedujeron que se requería esperar para introducir ciertos tipos de contenidos.

En términos del planteamiento de Bruner, no sólo es posible, sino que además es deseable introducir lo antes posible las nociones básicas en la formación del niño, de modo tal que se sienten las bases necesarias para que en etapas posteriores, sobre tales nociones se construyan sólidamente estructuras cognoscitivas cada vez más complejas. En otras palabras, si enseñamos los fundamentos teóricos y conceptuales de la computación -vista como fenómeno social, técnico y científico- desde los primeros grados de primaria, se lograrán al menos dos grandes metas: en primer lugar, el niño que concluya la educación básica (que debe ser cualquier niño normal) tendrá una clara, aunque elemental, concepción del fenómeno computacional; en segundo lugar, dispondrá de nociones y conceptos básicos que en la secundaria y niveles posteriores podrá profundizar. Más aún, podrá percibir a la computadora como una máquina más, y estaremos combatiendo desde la raíz las exageraciones y las concepciones mágicas de que fue víctima nuestra generación, una de las cuales supone que el sólo hecho de sentar a nuestro hijo ante una computadora lo acerca a esta tecnología.

Por cierto, las aplicaciones de la propuesta de Bruner no son una novedad; se observan desde hace varios años, cuando en los libros de texto gratuitos se incluyeron desde los primeros grados de primaria contenidos tendientes a formar en el niño (que aún está lejos de las operaciones formales) nociones altamente complejas como las de ecuaciones (base del álgebra) o el azar y su cuantificación (base de la moderna teoría matemática de la probabilidad).

* * *

El niño de primaria, por lo que hemos visto, se encuentra sujeto a un cambio continuo y dista todavía varios años de alcanzar la madurez y la consecuente estabilización de sus capacidades intelectuales. Esto habrá que tenerlo presente al diseñar cualquier plan de aprendizaje que afecte al desarrollo de su inteligencia, y esto es particularmente válido para la enseñanza de la computación.

Los modelos de desarrollo revisados resultan de la mayor importancia para analizar la enseñanza de la computación. Si el nivel de maduración que re-

25 Por supuesto, se refiere a los periodos de operaciones concretas y de operaciones formales.

quiere un niño para comenzar a operar con la lógica formal se alcanza hasta la secundaria, y la programación²⁶ de computadoras exige procesos de pensamiento lógico, ¿entonces cómo puede plantearse seriamente enseñar programación (aunque sea con Logo) a un alumno de primaria? Quizá lo que logre en la mayoría de los casos no vaya más allá de respuestas condicionadas emitidas por el niño, por complejas que éstas sean²⁷, y nosotros las interpretemos como verdadero pensamiento a nivel de operaciones formales. Este argumento jugará un papel central en la propuesta curricular que se hace en los próximos capítulos, pues en ella se trata de adaptar los objetivos de aprendizaje a las características del niño.

* * *

-
- 26 Por **programación** entendemos el diseño, prueba e implementación de algoritmos para solucionar un problema mediante el procesamiento de información; y no la simple **codificación**, que consiste en traducir un algoritmo a un determinado lenguaje de programación aceptable por la computadora.
- 27 Conductas condicionadas semejantes a las que emite un niño cuando se dice que "lee" a los cuatro o cinco años. Sin duda otra perversión educativa.

De regreso a mi rincón perdido, yo empezaba a meditar. Y pensaba así: todos sabemos perfectamente qué hombre debemos educar; esto lo sabe cada obrero culto y conciente y lo sabe también cada miembro del partido. Por lo tanto, las dificultades no estriban en la cuestión de **qué hacer**, sino de **cómo hacerlo**. Y esta cuestión corresponde ya a la técnica pedagógica.

El Poema Pedagógico
Anton Semionovich Makarenko

SEGUNDA PARTE

CAPITULO 6

LOS OBJETIVOS EDUCACIONALES SOBRE COMPUTACION

¿En qué consistía que las labores escolares y su aprovechamiento se retardasen de tal modo que la mayor parte [de los hombres] después de gastar toda su juventud en las escuelas, apenas llegaba a conocer todas las ciencias y artes y en algunas ni siquiera pasaba de los umbrales?

He aquí las verdaderas causas de ello:

Primera, que no había objetivos determinados ni metas fijas a las que hubiesen de llegar los alumnos en cada año, mes o día, y todo era indeciso....

Didáctica Magna
Juan Amós Comenio

A partir de la discusión realizada en la primera parte de este documento, ahora procederemos a definir el perfil de egreso y los objetivos de aprendizaje sobre computación que se propone incluir dentro del curriculum de la primaria mexicana. Para hacerlo, comenzaremos por delinear un marco conceptual sobre la teoría de los objetivos educacionales.

* *

6.1. MARCO CONCEPTUAL.

6.1.1. EL PERFIL DEL EGRESADO.

Postulamos que éste es un elemento fundamental de todo diseño curricular. El perfil del egresado debe resumir en forma clara y coherente los rasgos que debe haber desarrollado el alumno al terminar con el proceso educativo previsto en el curriculum. En este sentido, cuando se define un perfil de egreso

realmente lo que se está haciendo es describir el tipo de persona que queremos que egrese de la escuela.

¿Cuáles serán estos rasgos? Eso depende de la naturaleza de propio currículum. En el caso de la primaria, proponemos, deben ser tres: conocimientos, habilidades y actitudes¹. En un sentido profundo se ha llamado a estos tres elementos del perfil los tres "saberes básicos": *saber, saber hacer y saber ser*.

Al definir un perfil de egreso debe tenerse cuidado con un riesgo en se cae con bastante frecuencia: exagerar los resultados que se esperan del proceso educativo. Pongamos un sólo ejemplo: es común escuchar comentarios de este tipo "en cierto país, el niño que sale de la primaria no sólo trabaja con la computadora, además ya es capaz de construir un robot". Por supuesto que planteamientos de este tipo mueven más a la hilaridad que a un análisis serio, a menos que por construir un robot se entienda armar un juguete prefabricado. Este tipo de exageraciones suele aparecer especialmente cuando de la educación se hace un medio de lucro, y consecuentemente se aplica una mercadotecnia poco escrupulosa.

Aunque el perfil de egreso se encuentra estrechamente relacionado con los objetivos, no deben confundirse. El perfil de egreso describe, en forma general, los conocimientos, habilidades y actitudes que se pretende formar en el alumno como producto de la acción educativa, mientras que los objetivos educacionales precisan los aprendizajes necesarios para conformar dicho perfil.

6.1.2. LA CRITICA A LOS OBJETIVOS EDUCACIONALES.

Conviene comenzar por analizar los aspectos negativos que se han atribuido a la llamada "pedagogía por objetivos". Principalmente en la década de los años 80s se presentó una corriente que criticaba -a veces realmente satanizaba- la práctica de definir objetivos de aprendizaje. Pueden identificarse cinco grandes líneas en esta crítica. Veamos en que consiste cada una.

1 Para el caso de la licenciatura, por ejemplo, suelen agregarse otros elementos, como serían los instrumentos básicos que utiliza y las necesidades sociales a qué responderá el profesional.

1. Los objetivos limitan los aprendizajes a conductas observables. Este es uno de los puntos en que más se ha insistido y mayor consenso hay entre los críticos. Se parte de la suposición de que todo objetivo específico tiene necesariamente que plantearse en términos de conducta directamente observable; en consecuencia, como resulta que muchos procesos intelectuales (v.g. los que involucra la solución de problemas) y aprendizajes afectivos (como serían las actitudes) no pueden ser directamente observados, tales procesos quedarían fuera del campo de los objetivos. De este modo, concluyen los críticos, se limita el aprendizaje a lo observable. En términos de Gimeno [1985: 126]: "La obsesión por la eficiencia es una perspectiva rígida que olvida... que no todos los resultados son observables".

2. Desintegran el aprendizaje. La definición de objetivos estructurados por nivel de generalidad, se plantea, enfrenta al estudiante a aprendizajes fragmentarios, más que a la concepción global del fenómeno que se estudia. De este modo, lo que al final tiene el alumno, no es más que un conjunto desintegrado y frecuentemente caótico de aprendizajes parciales [cfr. Díaz Barriga, 1990: 61-79].

3. Limitan al docente. Según propone Gimeno [1985: 127]: "La pedagogía por objetivos quiere adecuar los medios pedagógicos a las metas que pretende, con ansias de controlar todo el proceso...". El planteamiento es muy claro: definir objetivos conduce a que el maestro tenga que ajustarse a ellos para la conducción de la enseñanza, lo que tiende a cancelar su trabajo creativo, reduciéndolo a mero operario.

4. Constituyen un planteamiento tecnocrático. La pedagogía por objetivos, dicen los críticos, es un planteamiento tecnocrático, surgido del modelo industrial desarrollado por Taylor². Este taylorismo educativo hace que toda la teoría curricular se reduzca a un mero instrumento para lograr los objetivos. Desde esta óptica de producción en serie, "...dentro de la aspiración a la eficiencia... se es eficaz o no se es, este es el criterio para evaluar la técnica pedagógica" [Gimeno, 1985: 19-22].

5. Limitan las potencialidades humanas. Quizá esta sea la crítica más severa que se hace a la "pedagogía por objetivos". Según lo perciben los críticos, el modelo de hombre que esta pedagogía conlleva, privilegia las respuestas de ajuste del sujeto sobre sus posibilidades creadoras, concibiendo al alumno

2 Frederick Winslow Taylor, ingeniero e inventor norteamericano, reconocido como el padre de la administración científica.

como una "máquina adaptativa". En el proceso educativo se estimula la pasividad sobre la participación activa y crítica; en lo ideológico se desarrollan mentalidades estrechas y actitudes de sometimiento y aceptación del status.

6.1.3. CONDUCTA ABIERTA Y CONDUCTA ENCUBIERTA.

Antes de discutir estas críticas, conviene precisar dos conceptos. En principio, el concepto de conducta que se maneja es muy impreciso, a pesar de resultar un constructo fundamental para la crítica. Aquí nos desviaríamos discutiéndolo a profundidad, pero tenemos que diferenciar entre conducta y conducta abierta, que los críticos utilizan como términos intercambiables, como sinónimos.

La conducta puede clasificarse en abierta (directamente observable) y encubierta (no observable directamente). En el hombre, la segunda casi siempre determina a la primera. Pero, si la conducta encubierta no es observable ¿entonces cómo puede ser estudiada? La historia de la psicología científica constituye un esfuerzo por contestar a esta pregunta. La conducta abierta que observamos en un individuo -si sabemos observar- nos permite inferir lo que pasa dentro de él³. Expliquémonos con un ejemplo: si vemos llorar con sentimiento a un niño (y nótese que saber que llora con sentimiento y no está fingiendo, puede no ser trivial en absoluto), entonces podemos inferir (no saber) que está triste; pero lo que observamos no es la tristeza, sino conductas abiertas que nos permiten inferir la existencia de esta conducta encubierta, de este estado emocional que, por definición, es interno. En el campo de la educación esta distinción resulta fundamental, porque muchos de los más importantes productos del aprendizaje, principalmente los afectivos y los cognoscitivos, representan, en el sentido más estricto, conductas encubiertas.

En un sentido amplio, muy lejano al reduccionista, todo proceso educativo tiene por fin lograr aprendizajes. El aprendizaje se puede definir como cambios y acomodación estructural de conductas preexistentes o establecimiento de conducta nueva, siempre que no se deba a tendencias innatas, maduración, fatiga, habituación o estados anormales, [cfr. Hilgard, 1975: 12-18 y *passim*]. Por supuesto, la conducta a que nos referimos no tiene que ser necesariamente conducta abierta; de ser así estaríamos cancelando la posibilidad de apren-

3 Lo que está muy lejos de la introspección primitiva, que pretendía "ver" lo que ocurre dentro del individuo, casi siempre mediante reporte verbal del sujeto de estudio.

dizajes afectivos y cognoscitivos, que conforman dos de los tres dominios del aprendizaje.

6.1.4. ¿SERIA POSIBLE DISEÑAR UN CURRÍCULUM SIN OBJETIVOS?

Ahora podemos proponer una respuesta a esta interrogante que resulta crucial, por más que se le haya querido ignorar durante muchos años. Todo proceso educativo es inevitablemente un proceso intencionado. Hasta en el naturalismo idealista de Rousseau se puede observar esto, cuando al discutir la educación de Emilio dice al pedagogo: "Sin duda, no debéis hacer más que lo que él quiera; pero sólo lo que quisiéreis que haga, debe él querer; no debe dar un paso sin que lo hayáis previsto, ni despegar los labios sin que sepáis lo que va a decir" [Rousseau, 1984: 73]. Extraño concepto de libertad y de hombre libre el que postula aquel a quien Skinner llamó irónicamente "Campeón de la Libertad". Por tanto, si todo proceso educativo es un proceso intencionado, siempre habrá objetivos educacionales, sea que éstos se expliciten o sea que se mantengan implícitos.

Muy interesante resulta observar como en el proceso de reforma educativa que lleva adelante la SEP actualmente se evita cuidadosamente, con una actitud ciertamente supersticiosa, hablar de objetivos educacionales, pero acaban hablando de "propósitos", "metas" o "fines", y lo que se define son, a final de cuentas, objetivos; para comprobarlo basta hojear las "Guías para el Maestro" o el reporte titulado "Hacia un Nuevo Modelo Educativo" [cfr. CONALTE, 1991A; SEP, 1992].

No sería posible negar que en la práctica se han presentado muchos de los vicios que los críticos han señalado. Pero los objetivos educacionales no son más que enunciados de los aprendizajes que se espera que logre el alumno. Tales aprendizajes pueden ser deshumanizadores o buscar la realización plena del hombre. Pueden propiciar el sometimiento al status o la valoración del cambio. Pueden estar orientados a formar un alumno participativo, crítico y creativo o una "máquina adaptativa". Aquí reside, a nuestro juicio, la falacia fundamental de la crítica a la programación por objetivos: el uso que de ellos se haya hecho en el pasado, o el que se haga en el futuro, no invalida su carácter científico, ni la posibilidad de aplicarlos como poderosos recursos para mejorar la educación.

6.1.5. ¿QUE SON LOS OBJETIVOS EDUCACIONALES?

Pasemos ahora a precisar este concepto. Repetimos que todo proceso educativo es necesariamente un proceso intencionado. Ya sea que tal intención se explicita o se asuma implícitamente por quienes planean la enseñanza, de cualquier manera ésta existe. Nadie tomaría en serio la propuesta de planear o ejecutar un proceso de enseñanza-aprendizaje sin una intención previa, un propósito, un fin al que llegar. Pues bien, a la intención de que hablamos, cuando es planteada formal y explícitamente, se le ha llamado "objetivos educativos", que algunos autores prefieren llamar "objetivos de aprendizaje" para resaltar la prioridad que debe darse al aprendizaje sobre la enseñanza en el proceso educativo [cfr. Taba, 1977: 257; Gagné et.al., 1974; Matheny, 1976; Vargas, 1977].

La UNESCO [1986: 198], por su parte, en su glosario de tecnología educativa define al objetivo de aprendizaje como un "enunciado preciso que describe el rendimiento que se espera del estudiante en términos de capacidades y conocimientos específicos"; por su parte, por objetivo terminal entiende la "especificación de las destrezas y conceptos que se espera que el alumno haya adquirido al final de una secuencia específica de enseñanza". A pesar de que estamos de acuerdo en el fondo de las definiciones, cabe comentar como -incluso en un glosario- se utilizan términos bastante imprecisos e inconstantes como "capacidades", "destrezas" y "conceptos". Más aún, es notable la ausencia del dominio afectivo en ambas definiciones.

Quizá resultaría más conveniente definir a los objetivos en términos de aprendizajes, pues éste es un concepto con un significado psicopedagógico muy claro. Así, un objetivo educativo sería, simplemente, un enunciado que precisa los aprendizajes que se pretende lograr como consecuencia de un proceso de enseñanza-aprendizaje.

6.1.6. LOS NIVELES DE GENERALIDAD.

Los objetivos se plantean con diversos grados de generalidad, según sea el nivel de desagregación de la etapa de planeación educativa a que correspondan. La taxonomía más utilizada [cfr. Glazman, 1980] identifica tres niveles de generalidad:

a) **Objetivos Generales**, que expresan las grandes orientaciones filosóficas y políticas, constituyendo la base axiológica del proceso educativo. Por su propia generalidad no precisan los comportamientos específicos que se persiguen y,

en consecuencia, es casi imposible evaluarlos en sentido estricto. Sin embargo, conforman un marco referencial indispensable para diseñar el *curriculum*. Para nuestro trabajo, los objetivos generales de la educación primaria quedan definidos en el artículo 3º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y, subsidiariamente, en la Ley Federal de Educación.

b) **Objetivos Intermedios.** Constituyen un primer nivel de desagregación y regularmente se refieren a subdivisiones progresivas de un *curriculum* (área curricular, asignatura, unidad). Para fines prácticos, los objetivos intermedios son fundamentales para analizar la congruencia curricular; cuando están ausentes, el salto de objetivos generales a específicos provoca falta de coherencia estructural.

c) **Objetivos Específicos.** Describen operacionalmente⁴ los comportamientos específicos (conviene redundar) que se espera que el alumno establezca como producto del proceso de enseñanza-aprendizaje. Conforme a lo que acabamos de discutir, estos objetivos, que también se conocen como "de tema", pueden incluir tanto conductas abiertas como encubiertas⁵. Un ejemplo elemental: "el alumno sumará dos números de 3 a 6 dígitos cada uno, con arrastre libre"; es claro que las operaciones intelectuales (que son las que realmente importan) que involucra la conducta de sumar, no son directamente observables; sólo podemos inferirlas (insistimos, si sabemos observar) por la conducta abierta que emite el niño al escribir o hablar.

De este modo, en este trabajo plantearemos objetivos intermedios, que definirán los aprendizajes de computación que proponemos que logre el alumno al final de la primaria; y los objetivos específicos, que habrán de precisar los aprendizajes a lograr en cada tema.

6.1.7. LOS DOMINIOS DE LA EDUCACION.

Aquí es donde nos internamos en la parte realmente difícil del diseño curricular, pues involucra estructuras teóricas y conceptuales de procesos

4 Seguimos a Bachrach [1966: 121-141]: una **definición operacional** es aquella que nos dice qué hacer para experimentar la cosa definida.

5 Lo que termina con el fantasma del **reduccionismo**, que presenta a los objetivos conductuales como excluyentes de cualquier conducta no observable directamente.

psicológicos complejos. El aprendizaje abarca tres dominios: el afectivo, el cognoscitivo y el psicomotor. Aunque cualquier aprendizaje puede situarse en más de un dominio, alguno de ellos prevalece (por eso se les llama "dominios", porque domina uno de ellos). Pero, a su vez, dentro de cada dominio pueden identificarse diferentes niveles de aprendizaje. Por desgracia -hasta donde sabemos, al menos- no existe una taxonomía universalmente aceptada, sino propuestas más o menos especializadas para cada dominio; más aún, dentro de estos niveles pueden encontrarse otros subniveles, lo que termina constituyendo un sistema taxonómico complejo.

A partir de las propuestas de Bloom [1979], Gagné [1974] y D'Hainaut [1971], enseguida presentaremos la taxonomía que se aplicará en este trabajo.

El Dominio Cognoscitivo. Aquí se ubican los aprendizajes que involucran operaciones intelectuales. D'Hainaut [1971] propone cinco niveles:

- C1: Memoria. Constituye el nivel más bajo, pero es la base de los demás. Involucra el registro, almacenamiento y recuperación de información. Los comportamientos producidos varían muy poco cada vez que se presentan.
- C2: Formación de Conceptos. A partir de la abstracción de los rasgos esenciales de una clase, permite decidir si un objeto o evento pertenece a ella. Es el primer nivel de gran generalización intelectual.
- C3: Aplicación de Principios: A partir de la integración de conceptos y principios de ellos derivados, con su aplicación se resuelven problemas que sólo exigen cambios en variables bien definidas.
- C4: Solución de Problemas. Ahora debe reorganizarse, recombinarse o transformarse una serie de conceptos y principios preexistentes, para solucionar problemas completamente nuevos en los que se carece de modelos previos directamente aplicables.
- C5: Creatividad. Exige generar nuevos principios, reorganizar otros y reacomodar de forma completamente nueva estructuras previas, por lo que los productos son originales (al menos para el alumno). No se ha encontrado forma de controlar los procesos creativos a voluntad, por lo que en la educación formal no pueden plantearse objetivos de

aprendizaje en este nivel; sin embargo, la educación debe ser un proceso facilitador del desarrollo espontáneo de la creatividad.

El Dominio Psicomotor. Comprende aquellos aprendizajes que implican coordinación neuromuscular volitiva y compleja. Dave (en Landshere [1977]) propone un modelo de cinco niveles:

- P1: Imitación.** Implica simplemente repetir la acción observada en un modelo.
- P2: Manipulación.** Involucra realizar la acción a partir de instrucciones previas. Aquí el alumno ya empieza a diferenciar y elegir las pautas de movimiento más adecuadas. Aparecen lo que podríamos llamar "praxias con personalidad".
- P3: Precisión.** Requiere reproducir exactamente los efectos de una acción, pero en ausencia del modelo. El individuo puede variar libremente las pautas, pues lo que importa son los resultados.
- P4: Estructuración de la Acción.** Han de estructurarse pautas complejas de acción a partir de varias partes del cuerpo.
- P5: Naturalización.** Exige alcanzar el dominio total de pautas complejas de acción, hasta reproducirlas con maestría, en forma automática.

El Dominio Afectivo. Comprende aquellos aprendizajes relacionados con el desarrollo o cambio de intereses, actitudes, emociones, sentimientos o valores. Kratwohl (en Bloom [1979]) propone un continuo afectivo que divide en cinco niveles:

- A1: Recepción.** sólo implica la disposición del alumno para recibir ciertos estímulos; el comportamiento va desde la atención selectiva, hasta la conciencia de la disposición.
- A2: Respuesta.** Ya implica participación activa del sujeto; va desde la mera obediencia, hasta la respuesta voluntaria gratificante.

A3: Valoración. Aquí ya se requiere realizar juicios de valor. Va desde la simple adopción del juicio, hasta la convicción firme como criterio propio.

A4: Organización. Requiere que el alumno jerarquice valores; nuevamente va desde la mera adopción de una escala, hasta la convicción.

A5: Caracterización. Aquí ya debe ser capaz de adoptar e integrar un sistema de valores que regirá su vida.

Como puede verse, es en el dominio psicomotor donde podría pensarse que puede definirse cualquier objetivo en base exclusivamente a conductas abiertas, pero aun esto no es cierto: ¿Cómo seguir los movimientos de los dedos de un pianista? ¿Cómo seguir la coordinación visomotora en un piloto al aterrizar su avión? ¿Cómo observar directamente los intrincados procesos de retroalimentación de un cirujano al operar? En fin, la concepción de los objetivos conductuales como un reduccionismo feroz a lo observable, hoy ya es sólo un fantasma.

6.1.8. FUNCIONES DE LOS OBJETIVOS.

Los objetivos educacionales, al precisar la intención de un proceso de enseñanza-aprendizaje, constituyen simple y llanamente en el eje del desarrollo curricular. Pero además, al ser definidos en términos del aprendizaje del alumno, convierten a éste en el centro de todo el proceso educativo; en torno a sus necesidades tienen que girar todos los demás elementos, como los métodos de enseñanza, los recursos didácticos y otros.

Sólo en base a los objetivos pueden seleccionarse las experiencias de aprendizaje más convenientes. Incluso en las más radicales corrientes *no directivas*, cuando se diseñan, eligen o encauzan actividades de aprendizaje, el maestro lo hace en base a objetivos, por más que estos sean implícitos y no los confiese.

Al explicitar los aprendizajes que se espera lograr, se sientan las bases para diseñar procedimientos de evaluación que permitan al maestro retroalimentar continuamente el proceso de enseñanza-aprendizaje y detectar y corregir oportunamente desviaciones.

6.1.9. CRITERIOS DE DISEÑO.

Se pueden identificar tres criterios fundamentales para diseñar objetivos de aprendizaje.

1. Integración Vertical. Los objetivos específicos deben contribuir al logro de los intermedios, y éstos al de los generales.

2. Relevancia. Dado el gigantesco volumen actual del conocimiento, resultaría absurdo tratar de enseñar todo; ni siquiera podemos aspirar a un muestreo amplio. Por tanto, y a partir del conocimiento de la disciplina a enseñar, de las características psicopedagógicas del alumno y de la formación que se espera que adquiera en la educación primaria, se requiere seleccionar los aprendizajes más importantes. Así se logrará diseñar objetivos relevantes.

3. Congruencia Sistémica. Los objetivos no deben estar aislados entre sí, deben interrelacionarse en una estructura coherente que los integre a un sistema de conocimiento.

* *

6.2. CARACTERIZACION DE LA PROPUESTA.

Enseguida se analizará cómo se plantea integrar esta propuesta al curriculum regular de la primaria y la temática que conformará los contenidos curriculares de la propuesta.

INTEGRACION AL CURRICULUM REGULAR. En principio debe aclararse que no se trata de crear una asignatura de computación que funcione paralela al curriculum de la educación primaria, sino de integrar a éste contenidos de computación dentro de las áreas curriculares que resulten más adecuadas. Esto deberá hacerse desde el primero hasta el último grado.

Así, por ejemplo, al tratar la historia, en sus ámbitos universal o de México, pueden incluirse contenidos relacionados con el surgimiento de la computación y sus antecedentes, de su introducción al país y de su situación comparativa con naciones más desarrolladas. De este modo el niño podrá comprender el fenómeno computacional dentro de estructuras conceptuales mucho más amplias, como serían la tecnología en general y sus determinantes históricas, económicas y sociales.

Lo mismo puede lograrse incluyendo dentro de los temas Regulares de matemáticas, contenidos relacionados con lógica booleana y distintos tipos de algoritmos. Por ejemplo, si se ayuda al niño de los últimos grados a descubrir y formalizar el algoritmo de la suma, se tendrá una doble ventaja: por un lado profundizará notablemente su comprensión de la suma misma, y por otro se acercará a la comprensión de los procesos algorítmicos, que sin duda constituyen uno de los pilares de cualquier proceso computacional.

Adoptando la estrategia de incorporar los contenidos al curriculum regular puede evitarse la desintegración que favorecería la organización por asignaturas; éste resulta un problema particularmente serio en la primaria, pues por la etapa de desarrollo en que se encuentra, el niño tiende mucho más a las concepciones globales que hacia las compartimentales, que implican la división del curriculum en asignaturas o materias. Además, y no menos importante, la propuesta de incorporar la computación a la primaria deviene viable económica y técnicamente, pues no requiere de grandes inversiones para desarrollar material didáctico especial.

LA TEMATICA. Ya se ha planteado que la propuesta que hacemos debe aplicarse a la educación primaria en general, dentro de la enorme diversidad de condiciones que prevalecen en nuestro país causadas por las diferencias socioeconómicas. Por tanto, también ya lo discutimos, se desecha la posibilidad de suponer la presencia de máquinas en las que el niño pueda trabajar directamente, como parte de su formación regular en la primaria.

Bajo estas condiciones, lo que se propone es que la computación sea objeto de estudio, tanto desde un enfoque histórico y social, como desde un enfoque técnico. El niño que egrese de la primaria deberá, por una parte, disponer de información y conceptos básicos sobre el significado y efectos de la computación en la actualidad y, por otra parte, deberá disponer de aprendizajes básicos que lo capaciten para acceder a un estudio formal -y ahora sí con trabajo ante la máquina- durante la secundaria.

En consecuencia, identificamos siete unidades que deben incluirse en el curriculum de primaria:

1. **El Desarrollo y Significado de la Computación:** Que abarca la historia de esta disciplina, la estructura y funcionamiento de las máquinas actuales, sus capacidades y limitaciones y el impacto que tienen sobre la vida individual y social. Se pretende, además, que el niño conceptualice la forma en que se puede transitar desde los datos a la información, al conocimiento y a la sabiduría; de este modo puede atacarse la actual confusión causada por la disposición de enormes volúmenes de datos e información que el hombre se es-

fuerza por obtener, y después se da cuenta de que le resulta imposible aprovecharlos racionalmente.

2. **Lógica Booleana.** Mediante la distinción entre proposiciones lógicas y no lógicas y el acercamiento al problema de la decidibilidad⁶, puede comenzarse, desde los verdaderos fundamentos del pensamiento, a comprender las posibilidades y limitaciones de una computadora. Además el niño deberá plantear correctamente proposiciones lógicas y operar con ellas mediante tablas de verdad y cálculo booleano, por supuesto a nivel elemental todo ello. Esto le resultará realmente formativo para el pensamiento lógico.

3. **Estructuras de Datos:** Mediante la conceptualización y manejo elemental de pilas, colas, listas, árboles y grafos, se espera iniciar al niño en los fundamentos del procesamiento de datos.

4. **Operaciones Sobre Datos:** A partir de las estructuras de datos se avanzará hacia las dos operaciones fundamentales que pueden realizarse con ellos: el ordenamiento y la búsqueda.

5. **Bases de Datos.** A partir de los conceptos de campo y archivo, el niño deberá construir pequeñas bases de datos y operar con ellas, de modo que pueda descubrir sus enormes potencialidades para trascender a los datos mismos.

6. **Programación.** Se pretende que el niño construya durante la primaria los fundamentos de la programación: desarrollo de algoritmos, conceptualización y uso de las estructuras de control elementales, conceptualización y aplicación de la recursión (la forma de pensamiento algorítmico más poderosa que se conoce) y, finalmente, la codificación en lenguajes básicos como el ensamblador.

7. **Robótica.** En la actualidad los robots constituyen un área de aplicación privilegiada de la computación, que tiene profundos efectos sobre las más diversas áreas de la vida social. Por esta razón se propone incluir una unidad especial en la que se analice este fenómeno y sus implicaciones, lo que daría cima al resto de contenidos.

6 Se dice que una proposición es **decidible** cuando se le puede asignar objetivamente un valor de falso o de verdadero.

Cabe insistir que, como se verá en los siguientes capítulos, se plantea tratar estos contenidos a nivel elemental, pero heurístico. Además, las unidades deberán estudiarse en forma estrechamente interrelacionada, evitando tratarlas como temas aislados.

Podemos pasar ahora a desarrollar y formalizar esta propuesta en el perfil del egresado y los objetivos de aprendizaje.

* *

6.3. EL PERFIL DEL EGRESADO.

CONOCIMIENTOS

1. Historia de la computación
 2. Arquitectura básica de la computadora
 3. Funcionamiento básico de una computadora
 4. Capacidades y limitaciones de la computadora
 5. Datos, información, conocimiento, sabiduría.
 6. Propositiones lógicas y proposiciones no lógicas.
 7. Propositiones y decidibilidad.
 8. Prueba proposiciones mediante tablas de verdad.
 9. Pilas, colas, listas, árboles y grafos.
 10. Ordenamientos de datos.
 11. Búsquedas sobre estructuras de datos
 12. Campos y archivos de datos.
 13. Operaciones sobre una base de datos.
 14. Algoritmización de procesos.
 15. Estructuras de control.
 16. Procesos recursivos.
 17. Codificación de algoritmos en pseudocódigo.
 18. El fenómeno de los robots.
-

ACTITUDES

1. Aprecio por la capacidad de la computadora.
2. Conciencia de los límites de la computación.
3. Aprecio por el manejo ético de la información.
4. Aprecio por el valor de la información.
5. Respeto por la intimidad de la persona.
6. Aprecio por el análisis de procesos.
7. Aprecio por el trabajo intelectual.
8. Aprecio por el razonamiento lógico.
9. Aprecio por la automatización racional.
10. Aprecio por la eficiencia.

HABILIDADES

1. Manejo de pilas, colas, listas, árboles y grafos.
2. Formulación de proposiciones lógicas.
3. Construcción de tablas de verdad.
4. Decisión sobre proposiciones lógicas.
5. Diseño de bases de datos.
6. Manejo de bases de datos.
7. Análisis de procesos.
8. Diseño y prueba de algoritmos.
9. Codificación de algoritmos.

* *

6.4. LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE.

A partir de este perfil, podemos proceder a definir los objetivos educativos. Para ello recordemos las claves que identifican el dominio y nivel en los que se propone lograr cada objetivo (cfr. sección 6.1.7). Por ejemplo, si antes del objetivo aparece (C2), significa que tal objetivo está en el dominio cognoscitivo, a nivel de formación de conceptos. Esto permitirá comprender de mejor manera la propuesta curricular en su conjunto.

**Fig. 6.1. Tabla de Claves para identificar
Dominio y Nivel de los Objetivos**

COGNOSCITIVO	AFECTIVO	PSICOMOTOR
C1 Memoria	P1 Imitación	A1 Recepción
C2 Form. de Conceptos	P2 Manipulación	A2 Respuesta
C3 Apl. de Principios	P3 Precisión	A3 Valoración
C4 Sol. de Problemas	P4 Estructuración	A4 Organización
C5 Creatividad	P5 Naturalización	A5 Caracterización

UNIDAD 1. DESARROLLO Y SIGNIFICADO DE LA COMPUTACION.

OBJETIVO DE LA UNIDAD: Integrará una concepción global del fenómeno de la computación en la actualidad.

OBJETIVOS DE TEMA:

01. (C2) Conocerá los antecedentes y el desarrollo histórico de la computación hasta nuestros días, con énfasis en la computadora digital.
02. (C2) Conocerá las partes fundamentales de la computadora y sus principales modalidades.
03. (C2) Conocerá el funcionamiento básico de la computadora.
04. (A4) Analizará críticamente las potencialidades de la computadora para resolver problemas que actualmente afronta el hombre.
05. (C2) Reconocerá los límites actuales de la computadora.
06. (A5) Analizará críticamente los riesgos por abuso o mal uso de la computadora.

07. (A4) Valorará los beneficios y los riesgos que conlleva el uso de la computadora.
08. (C3) Procesará datos en ejemplos elementales.
09. (C2) Diferenciará entre datos, información, conocimiento y sabiduría.
10. (A5) Integrará una estructura axiológica que privilegie a la sabiduría como fin último de cualquier procesamiento de información.
11. (A5) Integrará una percepción realista de la computadora, alejada de mitos y sobrevaluaciones.

UNIDAD 2. LOGICA BOOLEANA

OBJETIVO DE LA UNIDAD: Dispondrá de las bases del pensamiento lógico aplicado a la computación.

12. (C2) Desarrollará la noción de proposición.
13. (C2) Distinguirá entre proposiciones lógicas y proposiciones no lógicas.
14. (C2) Reconocerá el problema de la decidibilidad como el par-teaguas entre la objetividad y la subjetividad.
15. (C2) Identificará las características que definen a una proposición lógica.
16. (C3) Construirá tablas de verdad para determinar bajo qué condiciones es verdadera una proposición lógica.
17. (C4) Aplicará las tablas de verdad al análisis de decisiones sobre proposiciones lógicas.

UNIDAD 3. ESTRUCTURAS DE DATOS

OBJETIVO DE LA UNIDAD: Comprenderá las transformaciones que sufren los datos cuando se integran a estructuras.

18. (C1) Integrará la noción de estructura de datos.
19. (C2) Conceptualizará la pila.
20. (C3) Realizará las operaciones elementales sobre pilas.
21. (C2) Conceptualizará la cola.
22. (C3) Realizará las operaciones elementales sobre colas.
23. (C2) Conceptualizará la lista.
24. (C3) Realizará las operaciones elementales sobre listas.
25. (C2) Conceptualizará el árbol.
26. (C3) Construirá árboles.
27. (C2) Realizará las operaciones elementales sobre árboles.
28. (C3) Conceptualizará el grafo.
29. (C2) Construirá grafos.
30. (C3) Realizará las operaciones elementales sobre grafos.

UNIDAD 4. OPERACIONES SOBRE DATOS

OBJETIVO DE LA UNIDAD: Desarrollará la capacidad para operar algorítmicamente con estructuras de datos.

31. (C2) Integrará el concepto de búsqueda sobre una estructura de datos.
32. (C3) Aplicará algoritmos sencillos para búsquedas.
33. (A3) Valorará el poder de los algoritmos de búsqueda.

34. (C2) Integrará el concepto de ordenamiento de una estructura de datos.

35. (C3) Aplicará algoritmos sencillos para ordenamientos.

36. (A3) Valorará el poder de los algoritmos de ordenamiento.

UNIDAD 5. BASES DE DATOS

OBJETIVO DE LA UNIDAD: Comprenderá la naturaleza y funcionamiento de una base de datos.

37. (C2) Integrará el concepto de base de datos.

38. (C3) Aplicará los conceptos de "campo" y "archivo".

39. (C3) Construirá bases de datos.

40. (C3) Ordenará bases de datos sobre campos dados.

41. (C4) Realizará exploraciones heurísticas en bases de datos y describirá sus conclusiones.

UNIDAD 6. PROGRAMACION

OBJETIVO DE LA UNIDAD: Dispondrá de los fundamentos para el aprendizaje formal de la programación de computadoras.

42. (C2) Integrará el concepto de proceso.

43. (C2) Distinguirá entre procesos algorítmicos, y procesos no algorítmicos.

44. (C4 -> C5) Descubrirá algoritmos en procesos comunes.

45. (C2) Integrará la noción de optimización de algoritmos.

46. (C3) Representará procesos algorítmicos mediante diagramas de flujo.

- 47. (C2) Identificará las estructuras de control fundamentales.
- 48. (C3) Representará cada estructura de control mediante su diagrama de flujo.
- 49. (C3) Identificará las estructuras de control como parte de cualquier proceso algorítmico.
- 50. (C2) Integrará el concepto de recursión.
- 51. (C4 -> C5) Construirá algoritmos recursivos.
- 52. (C3) Codificará algoritmos en un pseudocódigo elemental.

UNIDAD 7. ROBOTICA

OBJETIVO DE LA UNIDAD: Analizará el fenómeno de la robótica como uno de los productos de la computación que mayor efecto tienen sobre la sociedad.

- 53. (C2) Integrará el concepto de robot.
- 54. (C2) Conceptualizará la automatización de procesos.
- 55. (A3) Analizará las relaciones entre robótica y computación.
- 56. (C2) Conocerá aplicaciones de la robótica en diferentes áreas de la actividad humana.
- 57. (A4) Valorará los beneficios de la robótica para el ser humano.
- 58. (A5) Analizará críticamente las potencialidades de los robots en la actualidad.
- 59. (A5) Analizará críticamente los efectos adversos de la robótica en el trabajo social.

Debe observarse la ausencia de objetivos en el dominio psicomotor. Esto se debe a que las praxias relacionadas con la computación propiamente dicha, como podría ser el uso del teclado o del ratón, no pueden plantearse como objetivos porque hemos partido del supuesto de que el alumno no trabajará con la máquina. Respecto a caligrafía o dibujo (v.g. en diagramas de flujo), corresponden a otras áreas del curriculum como escritura o geometría.

* *

A partir de estos objetivos, en los próximos capítulos serán seleccionados y organizados los contenidos y se sugerirán actividades de aprendizaje, métodos de enseñanza y recursos didácticos.

* * *
* * *

CAPITULO 7

LOS CONTENIDOS

Aquellos que contemplan la esencia inmutable de las cosas, ésos tienen conocimientos y no sólo opiniones.

La República
Platón

En este capítulo se discute el concepto de contenidos curriculares y los criterios para seleccionarlos. En seguida se proponen los contenidos para alcanzar cada uno de los objetivos definidos en el capítulo anterior. Finalmente se presentan los objetivos seleccionados, agrupándolos por unidad.

* *

7.1. MARCO CONCEPTUAL.

7.1.1. EL CONCEPTO DE CONTENIDO CURRICULAR.

En el campo del diseño curricular pocos términos se usan en forma tan frecuente, y a la vez tan indefinida, como el de "contenidos". Esto parece deberse a que siendo éste un concepto fundamental y de uso tan generalizado, ha tenido que adoptar múltiples acepciones, de acuerdo con el contexto específico en que se utilice. Así, puede verse que el significado del término *contenidos* no es el mismo cuando se habla de "reformular los contenidos de la educación", que cuando se hace referencia a "los contenidos vistos en una sesión de clase" o a "los contenidos que se incluirán en el próximo examen", por más que en todos los casos el término contenido se esté aplicando dentro

del campo del curriculum y por tanto comparta elementos comunes de significado.

Para tratar de clarificar este concepto, conviene comenzar por explorar su significado coloquial. Por contenido se entiende aquello que está inserto o encastrado en algo; transponiendo a una aplicación técnica en el campo que aquí nos interesa, por contenido curricular se entendería aquello que encierra el curriculum, es decir, los conocimientos, habilidades y actitudes que se pretende establecer mediante el proceso educativo. En otras palabras, mientras que los objetivos enuncian la intención, el *para qué*, los contenidos hacen referencia al *qué*. Esta concepción puede confrontarse con Taba [1977: 381-406], Zabalza [1989: 121-147] y Solano [1983: 49-73].

Bajo la concepción metodológica de desarrollo curricular que hemos venido aplicando en este trabajo, resulta claro que la definición de objetivos debe preceder a la selección de contenidos, pues éstos últimos deberán responder a los propósitos que enuncian los primeros.

*

7.1.2. CRITERIOS PARA LA SELECCION DE CONTENIDOS.

En casi cualquier disciplina -y la computación actualmente no es una excepción- seleccionar de contenidos implica elegir de entre una enorme variedad de posibilidades. Pero esta selección no tiene que ser un proceso arbitrario, puede orientarse por los resultados de la investigación psicológica y pedagógica, para disponer de criterios racionales. Veamos ocho criterios aplicables al caso que nos ocupa.

PERTINENCIA. El primer criterio que habrá que aplicar consiste en su capacidad para contribuir al logro de los objetivos planteados; esto es, los contenidos deberán ser *pertinentes*, en el sentido de pertenecer a la concepción curricular explicitada en los objetivos educacionales.

RELEVANCIA. Toda selección de contenidos lleva implícito un juicio de valor acerca de la importancia que un contenido determinado puede tener para la formación del alumno. Prawat [1989], al analizar informes de investigación, encuentra que el acceso al conocimiento constituye un problema fundamental de la educación. Además de aprender un conocimiento dado, el individuo debe ser capaz de recuperarlo y utilizarlo en las situaciones que lo requieran. Entre las variables que determinan dicha capacidad de acceso, se en-

cuentra el tamaño y la organización de la base de conocimientos. El conocimiento conceptual es compacto y rico en asociaciones, y esto es justamente lo que diferencia al experto del principiante. El experto ha logrado construir un compacto núcleo de conocimientos, pero éstos se encuentran relacionados entre sí por una gran cantidad de asociaciones. El principiante, en cambio, puede disponer de una base de conocimientos que sea incluso mucho mayor que la del experto, pero pobre en asociaciones, es decir, poco organizada. En consecuencia, le resulta mucho más difícil acceder a los conocimientos aprendidos, en aquellas condiciones en que los requiere. En otras palabras, se le dificulta la aplicación del aprendizaje.

Para facilitar la construcción de una base de conocimientos fuertemente organizada, se propone -entre otras estrategias que analizaremos en los capítulos siguientes- proveer al estudiante con un núcleo altamente selectivo de ideas clave; esto es, de contenidos relevantes que habrán de servirle de ancla para ampliar y referenciar los elementos que conforman toda su estructura cognoscitiva. En otras palabras, los contenidos relevantes liberan al alumno de una carga memorística tan pesada como inútil, y en cambio lo ponen en situación de trabajar para desarrollar múltiples asociaciones entre los elementos de su base de conocimientos, mismas que le permitirán utilizarla eficientemente. Este, nos parece, es uno de los verdaderos retos que deben afrontarse para elevar la calidad de la educación.

Haertel, Walberg y Weinstein [1983], en un importante estudio en el que analizan conjuntamente ocho modelos de desempeño educativo¹, encuentran que una de las variables fundamentales que determinan el nivel de desempeño del alumno es precisamente la cantidad de enseñanza que recibe, y ésta queda determinada, en principio, por el tiempo de que dispone el maestro para enseñar cada tema del plan de estudios. En consecuencia, habrá que seleccionar sólo contenidos indispensables -esto es, *relevantes*- que eviten sobrecargar los planes de estudios. Nuevamente, lo que realmente se propone es privilegiar la calidad sobre la cantidad.

APRENDIZAJES PREVIOS. Es claro que el niño no construye nuevas estructuras cognoscitivas sobre el vacío; en un sentido estricto, para que pueda lograrse cualquier aprendizaje -especialmente aprendizaje escolar, que es el que aquí nos interesa- es indispensable que existan aprendizajes previos de los cuales partir.

1 Todos ellos dentro del campo cognoscitivo. Estos modelos son los propuestos por Carroll, Cooley-Leinhardt, Bloom, Harnischfeger-Wiley, Benett, Gagné, Glaser y Bruner.

Esto se confirma en el ya citado estudio de Haertel, Walberg y Weinstein [1983], donde se identifica a las condiciones de entrada como otra variable que determina el desempeño educativo. Estas condiciones de entrada, que equivalen a lo que en el campo del curriculum se ha llamado "perfil de ingreso", dependen de los aprendizajes previos con que el alumno llega al proceso de enseñanza y aprendizaje.

La selección de contenidos, entonces, debe tomar como criterio la identificación de los aprendizajes previos con que se supone cuenta el alumno que ingresará al curriculum. En nuestro caso suponemos que el alumno que ingresa a primaria carece absolutamente de conocimientos sobre computación, por lo que habrá que construirlos desde sus cimientos. La situación será diferente cuando el alumno egrese de la primaria; para seleccionar contenidos en la secundaria, deberá partirse del perfil de egreso del niño de primaria, que constituirá, a su vez, el perfil de ingreso a secundaria. De este modo se logrará integrar curricularmente niveles educativos secuenciados.

PODER INCLUSOR. Ubicado -aunque no siempre lo reconozca explícitamente- en las teorías neopiagetianas, Ausubel [1972] ha propuesto una teoría que explica el aprendizaje cognoscitivo del niño como un proceso de construcción de estructuras jerárquicas en las que, a semejanza de estructuras de árbol, los conceptos altamente inclusores están en la raíz y de ellos se van desprendiendo en forma de ramas otros conceptos, que a su vez incluyen a otros conceptos, y así sucesivamente, hasta llegar al nivel de datos fácticos y muy diferenciados. Estos conceptos, que se conocen como inclusores, facilitan el aprendizaje y la retención. Es precisamente mediante el aprendizaje que se acrecientan progresivamente estas estructuras.

En consecuencia, al seleccionar contenidos debe cuidarse de elegir aquellos con mayor poder inclusor; es decir, los que puedan más adelante dar origen a múltiples conceptos derivados. Si este criterio es aplicable al diseño curricular en cualquier nivel educativo, en el caso de la primaria resulta crucial, pues favorece el establecimiento de sólidos anclajes desde las primeras etapas de la educación.

FUNCIONALIDAD. Al seleccionar contenidos curriculares habrá que decidir cuál es la función que están destinados a cumplir. Schiro [en Zabalza, 1989: 121-146] ha propuesto una distinción fundamental entre dos enfoques que pueden adoptarse: las fuentes o el uso de los conocimientos. En nuestro caso, hay que decidir si la computación debe ser abordada en la forma en que lo hacen los especialistas (en cuyo caso la enfocáramos desde sus fuentes) o si se atenderá prioritariamente a la utilidad que tales contenidos puedan tener para el alumno durante su desarrollo.

Es claro que lo que nos interesa en la propuesta que aquí se hace, no es formar futuros expertos en computación, sino capacitar al niño para que más adelante pueda apropiarse esta tecnología. Por tanto, al seleccionar contenidos habrá que privilegiar el uso del conocimiento sobre sus fuentes.

NIVEL DE DIFICULTAD. Al seleccionar contenidos resulta esencial considerar qué es lo que puede aprender el alumno. Ya en el capítulo 5 hemos discutido las posibilidades de cognoscitivas que tiene el niño de primaria, para evitar la reiteración, aquí nos limitaremos a consignar que el nivel de dificultad que implica el aprendizaje de un contenido, debe ser consecuente con el estado de desarrollo en que se encuentre el niño.

FORMACION INTEGRAL. Al desarrollo armónico de los tres dominios del aprendizaje se le ha llamado *formación integral*. De este modo, al seleccionar contenidos curriculares debe cuidarse que ellos contribuyan a este fin.

Al seleccionar contenidos a partir de los objetivos definidos, se asegura que el niño al estudiar la computación desarrolle los conocimientos y actitudes que inicien una formación integral. Sin embargo, los aprendizajes correspondientes a la esfera de la psicomotricidad, como ya se hizo notar desde el capítulo anterior, no son susceptibles de desarrollarse dentro del curriculum regular de primaria, pues no se supone el trabajo directo del niño con el equipo de cómputo. El desarrollo de habilidades psicomotoras para operar equipo de cómputo, bajo la propuesta que hacemos, se pospone para la secundaria.

En cualquier caso, el curriculum regular atiende desde preescolar, y por supuesto también en primaria, el desarrollo de praxias que involucran coordinación psicomotriz fina. Los ejemplos al respecto van desde el rasgado de papel y la iluminación de figuras, hasta el dibujo y la construcción de cuerpos geométricos en cartulina.

FACTIBILIDAD OPERATIVA. Un último criterio que podría resultar obvio, pero que al final de cuentas determina el éxito de la puesta en marcha de una propuesta curricular, consiste en determinar su factibilidad operativa. La propuesta que aquí se hace no exige introducir grandes cambios al curriculum ni cuantiosos recursos económicos (puesto que no supone la existencia de equipo de cómputo), por lo que para instrumentarse no requeriría, en esencia, más que de trabajo especializado en diseño curricular y desarrollo de material didáctico. Considerando el tamaño de la población escolar de primaria, estas inversiones resultarían claramente viables.

Disponiendo ya de criterios orientadores, podemos pasar a seleccionar los contenidos adecuados para cada objetivo planteado.

7.2. LA SELECCION DE CONTENIDOS.

Enseguida se presentan con letras cursivas los objetivos de tema que fueron definidos en el capítulo anterior, y los contenidos que se proponen para alcanzar cada uno de ellos.

01. (C2) *Conocerá los antecedentes y el desarrollo histórico de la computación hasta nuestros días, con énfasis en la computadora digital.*

- Prehistoria de la computadora
- Las primeras máquinas calculadoras
- La tejedora automática
- La máquina de Babbage
- Nace la ciencia de la computación
- Las cuatro generaciones de computadoras

02. (C2) *Conocerá las partes fundamentales de la computadora y sus principales modalidades.*

- La unidad central de procesamiento
- Los periféricos de entrada
- Los periféricos de salida

03. (C2) *Conocerá el funcionamiento básico de la computadora.*

- La Máquina de Turing
- El modelo EPS (Entradas-Procesos-Salidas)
- Estructura funcional de una computadora

04. (A4) *Analizará críticamente las potencialidades de la computadora para resolver problemas que actualmente afronta el hombre.*

- Aplicaciones de las computadoras

05. (C2) *Reconocerá los límites actuales de la computadora.*

Lo que no puede hacer una computadora

06. (A5) *Analizará críticamente los riesgos por abuso o mal uso de la computadora.*

Los riesgos por mal uso de la computadora

07. (A4) *Valorará los beneficios y los riesgos que conlleva el uso de la computadora.*

Efectos benéficos y adversos de la computadora

08. (C3) *Procesará datos en ejemplos elementales.*

El modelo de la "caja negra"
Procesos elementales

09. (C2) *Diferenciará entre datos, información, conocimiento y sabiduría.*

De los datos a la información
De la información al conocimiento
Del conocimiento a la sabiduría

10. (A5) *Integrará una estructura axiológica que privilegie a la sabiduría como fin último de cualquier procesamiento de información.*

El fin último de los datos

11. (A5) *Integrará una percepción realista de la computadora, alejada de mitos y sobrevaluaciones.*

La computadora es una máquina

12. (C2) *Desarrollará la noción de proposición.*

La noción general de proposición

13. (C2) *Distinguirá entre proposiciones lógicas y proposiciones no lógicas.*

Proposiciones Lógicas y proposiciones no lógicas

14. (C2) *Reconocerá el problema de la decidibilidad como el parteaguas entre la objetividad y la subjetividad.*

El problema de la decidibilidad
Decidibilidad y objetividad
Indecidibilidad y subjetividad

15. (C2) *Identificará las características que definen a una proposición lógica.*

Características de las proposiciones lógicas

16. (C3) *Construirá tablas de verdad para determinar bajo qué condiciones es verdadera una proposición lógica.*

Construcción de tablas de verdad

17. (C4) *Aplicará las tablas de verdad al análisis de decisiones sobre proposiciones lógicas.*

Aplicación de tablas de verdad

18. (C1) *Integrará la noción de estructura de datos.*

La noción de estructura de datos

19. (C2) *Conceptualizará la pila.*

El concepto de pila ("stack")

20. (C3) *Realizará las operaciones elementales sobre pilas.*

Operaciones elementales sobre pilas

21. (C2) *Conceptualizará la cola.*

El concepto de cola ("queue")

22. (C3) *Realizará las operaciones elementales sobre colas.*

Operaciones elementales sobre colas

23. (C2) *Conceptualizará la lista.*

El concepto de lista

24. (C3) *Realizará las operaciones elementales sobre listas.*

Operaciones elementales sobre listas

25. (C2) *Conceptualizará el árbol.*

El concepto de árbol

26. (C3) *Construirá árboles.*

Construcción de árboles

27. (C2) *Realizará las operaciones elementales sobre árboles.*

Operaciones elementales sobre árboles

28. (C3) *Conceptualizará el grafo.*

El concepto de grafo

29. (C2) *Construirá grafos.*

Construcción de grafos

30. (C3) *Realizará las operaciones elementales sobre grafos.*

Operaciones elementales sobre grafos

31. (C2) *Integrará el concepto de búsqueda sobre una estructura de datos.*

El concepto de búsqueda de datos

32. (C3) *Aplicará algoritmos sencillos para búsquedas.*

- Un algoritmo de búsqueda en pilas
- Un algoritmo de búsqueda en colas
- Un algoritmo de búsqueda en listas
- Un algoritmo de búsqueda en árboles
- Un algoritmo de búsqueda en grafos

33. (A3) *Valorará el poder de los algoritmos de búsqueda.*

La dificultad de buscar datos en una estructura

34. (C2) *Integrará el concepto de ordenamiento de una estructura de datos.*

El concepto de ordenamiento de datos

35. (C3) *Aplicará algoritmos sencillos para ordenamientos.*

- Un algoritmo de ordenamiento sobre pilas
- Un algoritmo de ordenamiento sobre colas
- Un algoritmo de ordenamiento sobre listas
- Un algoritmo de ordenamiento sobre árboles
- Un algoritmo de ordenamiento sobre grafos

36. (A3) *Valorará el poder de los algoritmos de ordenamiento.*

La dificultad de ordenar datos

37. (C2) *Integrará el concepto de base de datos.*

El concepto de base de datos

38. (C3) *Aplicará los conceptos de "campo" y "archivo".*

- Diseño de campos para una base de datos
- Diseño de archivos para una base de datos

39. (C3) *Construirá bases de datos.*

Construcción de una base de datos

40. (C3) *Ordenará bases de datos sobre campos dados.*

Ordenamiento de bases de datos sobre campos

41. (C4) *Realizará exploraciones heurísticas en bases de datos y describirá sus conclusiones.*

Solución de problemas con una base de datos

42. (C2) *Integrará el concepto de proceso.*

El concepto de proceso

43. (C2) *Distinguirá entre procesos algorítmicos, y procesos no algorítmicos.*

Procesos algorítmicos
Procesos no algorítmicos

44. (C4 -> C5) *Descubrirá algoritmos en procesos comunes.*

El algoritmo de la suma entera
El algoritmo de la resta entera
El algoritmo de la multiplicación entera
El algoritmo de la división real

45. (C2) *Integrará la noción de optimización de algoritmos.*

La optimización de algoritmos

46. (C3) *Representará procesos algorítmicos mediante diagramas de flujo.*

Diagramas de flujo de algoritmos

47. (C2) *Identificará las estructuras de control fundamentales.*

La secuencia
La estructura if-then-else
La estructura while
La estructura repeat
La estructura case

48. (C3) *Representará cada estructura de control mediante su diagrama de flujo.*

Diagramas de flujo de las estructuras de control

49. (C3) *Identificará las estructuras de control como parte de cualquier proceso algorítmico.*

Estructuras de control en procesos algorítmicos

50. (C2) *Integrará el concepto de recursión.*

El concepto de recursión

51. (C4 -> C5) *Construirá algoritmos recursivos.*

Un algoritmo recursivo

52. (C3) *Codificará algoritmos en un pseudocódigo elemental.*

Traslado de diagramas de flujo a pseudocódigo

53. (C2) *Integrará el concepto de robot.*

El concepto de robot

54. (C2) *Conceptualizará la automatización de procesos.*

El concepto de automatización de procesos

55. (A3) *Analizará las relaciones entre robótica y computación.*

Robótica y computación

56. (C2) *Conocerá aplicaciones de la robótica en diferentes áreas de la actividad humana.*

Robótica y trabajo humano

57. (A4) *Valorará los beneficios de la robótica para el ser humano.*

Los beneficios de la robótica

58. (A5) *Analizará críticamente las potencialidades de los robots en la actualidad.*

Potencialidades de la robótica

59. (A5) *Analizará críticamente los efectos adversos de la robótica en el trabajo social.*

Efectos adversos de la robótica

*

Debe observarse que un contenido siempre corresponde a un objetivo -y sólo a uno-, pero un objetivo puede corresponder con más de un contenido; en otras palabras, la relación entre contenidos y objetivos es de uno-a-uno, pero la que existe entre objetivos y contenidos puede ser uno-a-varios. En consecuencia, hay más contenidos que objetivos. Esta observación tiene una interesante e importante implicación para el análisis estructural del currículum: la estructura que conforman los objetivos y los contenidos es una estructura de árbol.

**

7.3. LOS CONTENIDOS SELECCIONADOS.

Para resumir, veamos ahora cómo quedan los contenidos seleccionados por unidad.

1. DESARROLLO Y SIGNIFICADO DE LA COMPUTACION

- 101. Prehistoria de la computadora
- 102. Las primeras máquinas calculadoras
- 103. La tejedora automática
- 104. La máquina de Babbage
- 105. Nace la ciencia de la computación
- 106. Las cuatro generaciones de computadoras
- 107. La unidad central de procesamiento
- 108. Los periféricos de entrada
- 109. Los periféricos de salida
- 110. La Máquina de Turing

- 111. El modelo EPS (Entradas-Procesos-Salidas)
- 112. Estructura funcional de una computadora
- 113. Aplicaciones de las computadoras
- 114. Lo que no puede hacer una computadora
- 115. Los riesgos por mal uso de la computadora
- 116. Efectos benéficos y adversos de la computadora
- 117. El modelo de la "caja negra"
- 118. Procesos elementales
- 119. De los datos a la información
- 120. De la información al conocimiento
- 121. Del conocimiento a la sabiduría
- 122. El fin último de los datos
- 123. La computadora es una máquina

2. LOGICA BOOLEANA

- 201. La noción general de proposición
- 202. Proposiciones Lógicas y proposiciones no lógicas
- 203. El problema de la decidibilidad
- 204. Decidibilidad y objetividad
- 205. Indecidibilidad y subjetividad
- 206. Características de las proposiciones lógicas
- 207. Construcción de tablas de verdad
- 208. Interpretación de tablas de verdad

3. ESTRUCTURAS DE DATOS

- 301. La noción de estructura de datos
- 302. El concepto de pila ("stack")
- 303. Operaciones elementales sobre pilas
- 304. El concepto de cola ("queue")
- 305. Operaciones elementales sobre colas
- 306. El concepto de lista
- 307. Operaciones elementales sobre listas
- 308. El concepto de árbol
- 309. Construcción de árboles
- 310. Operaciones elementales sobre árboles
- 311. El concepto de grafo
- 312. Construcción de grafos
- 313. Operaciones elementales sobre grafos

4. OPERACIONES SOBRE DATOS

- 401. El concepto de búsqueda de datos
- 402. Un algoritmo de búsqueda en pilas
- 403. Un algoritmo de búsqueda en colas
- 404. Un algoritmo de búsqueda en listas
- 405. Un algoritmo de búsqueda en árboles
- 406. Un algoritmo de búsqueda en grafos
- 407. La dificultad de buscar datos en una estructura
- 408. El concepto de ordenamiento de datos
- 409. Un algoritmo de ordenamiento sobre pilas
- 410. Un algoritmo de ordenamiento sobre colas
- 411. Un algoritmo de ordenamiento sobre listas
- 412. Un algoritmo de ordenamiento sobre árboles
- 413. Un algoritmo de ordenamiento sobre grafos
- 414. La dificultad de ordenar datos

5. BASES DE DATOS

- 501. El concepto de base de datos
- 502. Diseño de campos de una base de datos
- 503. Diseño de archivos de una base de datos
- 504. Construcción de una base de datos
- 505. Ordenamiento de bases de datos sobre campos
- 506. Solución de problemas con una base de datos

6. PROGRAMACION

- 601. El concepto de proceso
- 602. Procesos algorítmicos
- 603. Procesos no algorítmicos
- 604. El algoritmo de la suma entera
- 605. El algoritmo de la resta entera
- 606. El algoritmo de la multiplicación entera
- 607. El algoritmo de la división real
- 608. La optimización de algoritmos
- 609. Diagramas de flujo de algoritmos
- 610. La secuencia
- 611. La estructura *if-then-else*
- 612. La estructura *while*
- 613. La estructura *repeat*
- 614. La estructura *case*
- 615. Diagramas de flujo de las estructuras de control

- 616. Estructuras de control en procesos algorítmicos
- 617. El concepto de recursión
- 618. Un algoritmo recursivo
- 619. Traslado de diagramas de flujo a pseudocódigo

7. ROBOTICA

- 701. El concepto de robot
- 702. El concepto de automatización de procesos
- 703. Robótica y computación
- 704. Robótica y trabajo humano
- 705. Los beneficios de la robótica
- 706. Potencialidades de la robótica
- 707. Efectos adversos de la robótica

* *

Ahora sabemos qué es lo que se propone enseñar. Hemos terminado la selección de contenidos y podemos proceder, en el siguiente capítulo, a su organización.

* * *
* * *

CAPITULO 8

LA ORGANIZACION LOGICA Y PSICOLOGICA DE CONTENIDOS

Si parafraseáramos a Descartes, diríamos: "Pienso,
luego carezco de acceso a los lugares donde sumo".

Göedel, Escher, Bach: una eterna
trenza dorada.
Douglas R. Hofstadter

En este capítulo se analiza la forma en que deben organizarse los contenidos curriculares seleccionados en el capítulo anterior. Para hacerlo, comenzaremos por discutir la noción de estructura y el concepto de análisis de contenidos, después revisaremos una propuesta teórica sobre las estructuras lógica y psicológica del conocimiento y finalmente discutiremos la naturaleza de la organización de contenidos en una propuesta curricular. De este modo dispondremos de un marco conceptual básico para orientar la segunda parte de este capítulo.

Enseguida construiremos la red conceptual básica de los contenidos, a partir de la cual pasaremos a organizarlos lógicamente y psicológicamente. De esta organización se derivará la secuencia en que deben ser enseñados los contenidos y, por último, se distribuirán en los diferentes grados de primaria.

* *

8.1. MARCO CONCEPTUAL

8.1.1. ESTRUCTURA Y ANALISIS DE CONTENIDO.

Estructura es una noción fundamental en diversos ámbitos, entre los que destaca el campo del desarrollo curricular. La noción de estructura supone un conjunto de elementos relacionados entre sí; una estructura de contenidos se

compone por los contenidos (temas) que conforman un curriculum, explicitando las relaciones que existen entre ellos. La estructura de los contenidos resulta esencial para comprender una propuesta curricular y poder someterla a un análisis metódico.

El *análisis de contenido* en el campo del curriculum pretende determinar las características de una estructura de contenidos para diversos fines, como serían organización (que es el caso que nos ocupa), enseñanza, producción de recursos didácticos, evaluación y otros. El análisis de contenido, basándose en ideas matemáticas como la teoría de gráficas y el álgebra de matrices, ha desarrollado técnicas que permiten representar estructuras de contenidos, analizarlas racionalmente y derivar de ellas las secuencias de enseñanza más adecuadas para facilitar el aprendizaje¹.

Sin embargo, estas técnicas han privilegiado las relaciones lógicas, sin prestar suficiente atención a las relaciones psicológicas. Cuando se encuentran dos o más contenidos que son paralelos, es decir, no tienen relaciones de prelación² entre ellos, no ofrecen más alternativa que la vaga propuesta de que sean analizados y discutidos por los expertos para determinar cuál debe ir primero. Esta no es la mejor solución (suponiendo que sea una solución). Aquí postulamos que después de determinar la estructura lógica, es la estructura psicológica la que debe resolver los ciclos generados por elementos paralelos.

Cuando entremos al análisis de contenidos en la segunda sección de este capítulo, pondremos ejemplos concretos de ciclos por paralelismo y la forma de solucionarlos. Por ahora conviene pasar a discutir que se entiende por "estructura lógica" y "estructura psicológica" de los contenidos curriculares.

*

8.1.2. LA ESTRUCTURA DEL CONOCIMIENTO.

Ya hemos visto que para Piaget [1988B: 109-123], el niño aprende como producto de su enfrentamiento con el medio ambiente, construyendo estruc-

1 Estas técnicas, aplicadas al campo de la educación, fueron desarrolladas por Morganov [1966] y, al parecer, introducidas a México por Heredia [1976].

2 Utilizamos el término **prelación** para hacer referencia a la antelación o preferencia con que debe ser tratado un contenido respecto a los demás durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. A esta relación de secuencia se le ha llamado de *antecedencia-consecuencia* en algunos textos sobre diseño curricular (v.g. Solano, 1983).

turas mentales (cognoscitivas) para representar la realidad, y conforme adquiere más información (*asimilación*), tiene que alterar las estructuras con que contaba previamente para poder incorporar los nuevos elementos (*acomodación*). Reconstruyendo de este modo la realidad, el niño logra *conocerla*.

Ausubel [1972] parte de las ideas piagetianas, pero da un paso adelante y distingue explícita y sistemáticamente entre dos tipos de estructura del conocimiento: la estructura lógica y la estructura psicológica.

La *estructura lógica* es producto de los procesos cognoscitivos de expertos en la disciplina de que se trate; estos expertos son seres que se encuentran en los estadios terminales de su desarrollo cognoscitivo y, después de estudiar por mucho tiempo un área determinada del conocimiento, han logrado crear en su mente una estructura teórica altamente elaborada. Entonces, lo que se tiene es un conjunto de relaciones *no arbitrarias* que integran coherentemente una estructura cognoscitiva madura y con sólidos fundamentos ideacionales.

La *estructura psicológica* del conocimiento, en cambio, se forma cuando un individuo en particular, empleando su instrumental de aprendizaje significativo, incorpora la estructura lógica del conocimiento a su estructura cognoscitiva completa. Por supuesto, al transformarse la estructura lógica en psicológica, la primera se ve expuesta a sufrir cambios más o menos graves. Es por causa de este proceso de apropiación que la estructura psicológica es siempre, en sentido estricto, un fenómeno idiosincrático, individual e irrepetible.

De aquí tiene que deducirse que para organizar contenidos curriculares, además de la estructura lógica del conocimiento hay que considerar la forma de facilitar la construcción de la estructura psicológica mediante una secuencia de enseñanza que ayude al alumno a evitar distorsiones. Aunque debe admitirse que una secuencia de enseñanza, por sí misma, no podrá evitar distorsiones en la estructura psicológica, pues éstas dependen de múltiples factores.

*

8.1.3. ¿COMO ORGANIZAR CONTENIDOS CURRICULARES?

Podemos ahora proponer una respuesta bastante directa a esta interrogante axial para el diseño curricular: para organizar un cuerpo de contenidos debe comenzarse por precisar cuál es la estructura lógica del conocimiento a enseñar y, a partir de ella, diseñar la mejor manera de secuenciar los temas (elementos de contenido) de tal modo que facilitemos al niño la construcción de una estructura psicológica isomorfa a la estructura lógica definida. En otras palabras, lograr un aprendizaje correcto, no deformado por errores de

comprensión: un *ortoaprendizaje*. Un aprendizaje a partir del cual el niño pueda ampliar por sí mismo sus estructuras cognitivas. Entonces realmente *habrá aprendido a aprender*. En el ámbito de la computación (y la lógica, y la matemática y la ciencia natural, por lo menos) esto es, simple y llanamente, la meta más alta que pueda fijarse la escuela.

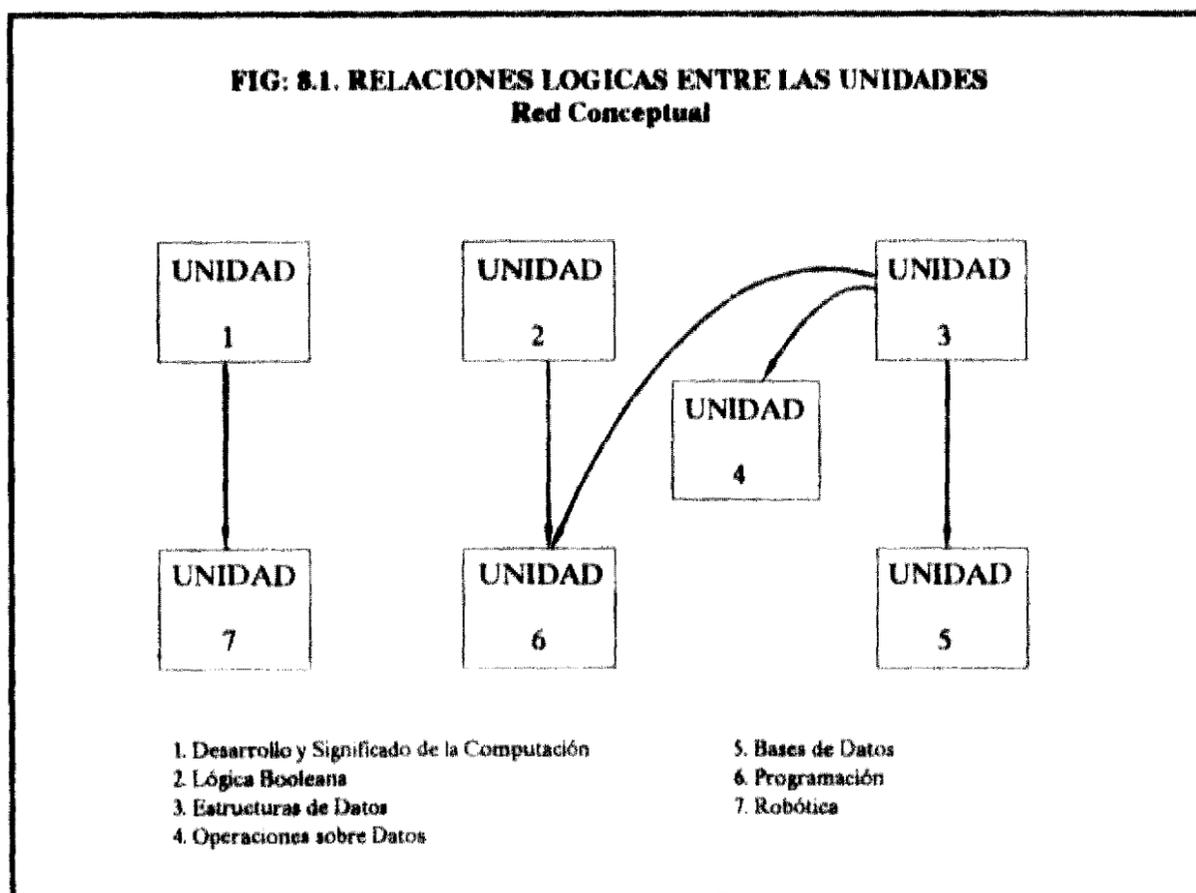
El producto final del proceso de organización de contenidos consiste en una secuencia de enseñanza; en una simple lista que indique el orden en que deben ser enseñados los temas que conforman el contenido curricular.

• •

8.2. LA ORGANIZACION DE LOS CONTENIDOS

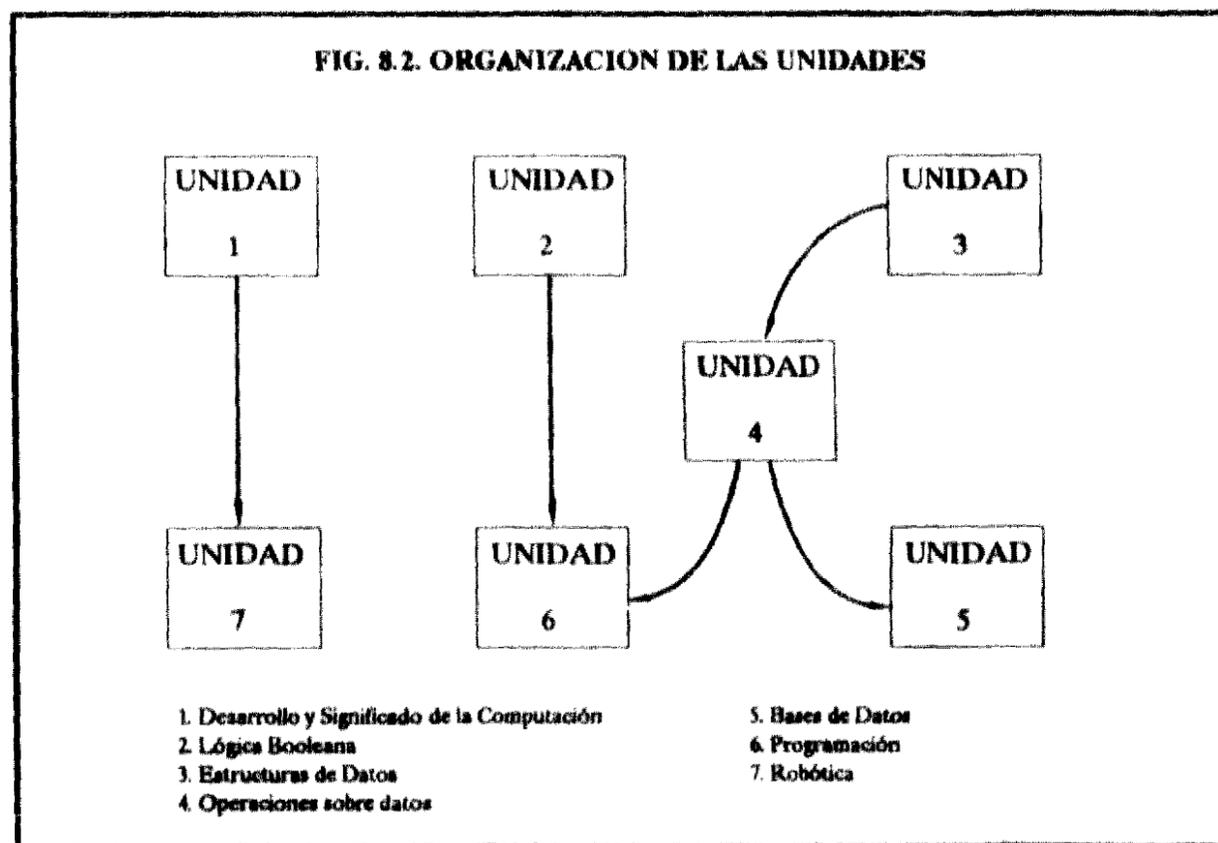
8.2.1. LA ORGANIZACION POR UNIDAD.

En la sección 7.3 se presentó la organización básica de los contenidos, agrupándolos en siete unidades. Para comenzar a analizar estas estructuras, veamos las relaciones lógicas de prelación que existen entre las unidades.



¿Cómo interpretar esta red? Se plantea que el estudio del Desarrollo y Significado de la Computación sólo es antecedente lógico de Robótica, y de ninguna otra unidad (por ejemplo, no es necesario estudiar la historia de la computadora para abordar la Lógica Booleana). A su vez Lógica Booleana sólo es antecedente de Programación. Desde el punto de vista de las relaciones lógicas, Estructuras de Datos, en cambio, constituye una unidad axial, pues es antecedente de Operaciones Sobre Datos, de Bases de Datos y de Programación. Por su parte, Operaciones Sobre Datos es antecedente de Bases de Datos y de Programación. Por último, Bases de Datos, Programación y Robótica constituyen unidades terminales en la primaria.

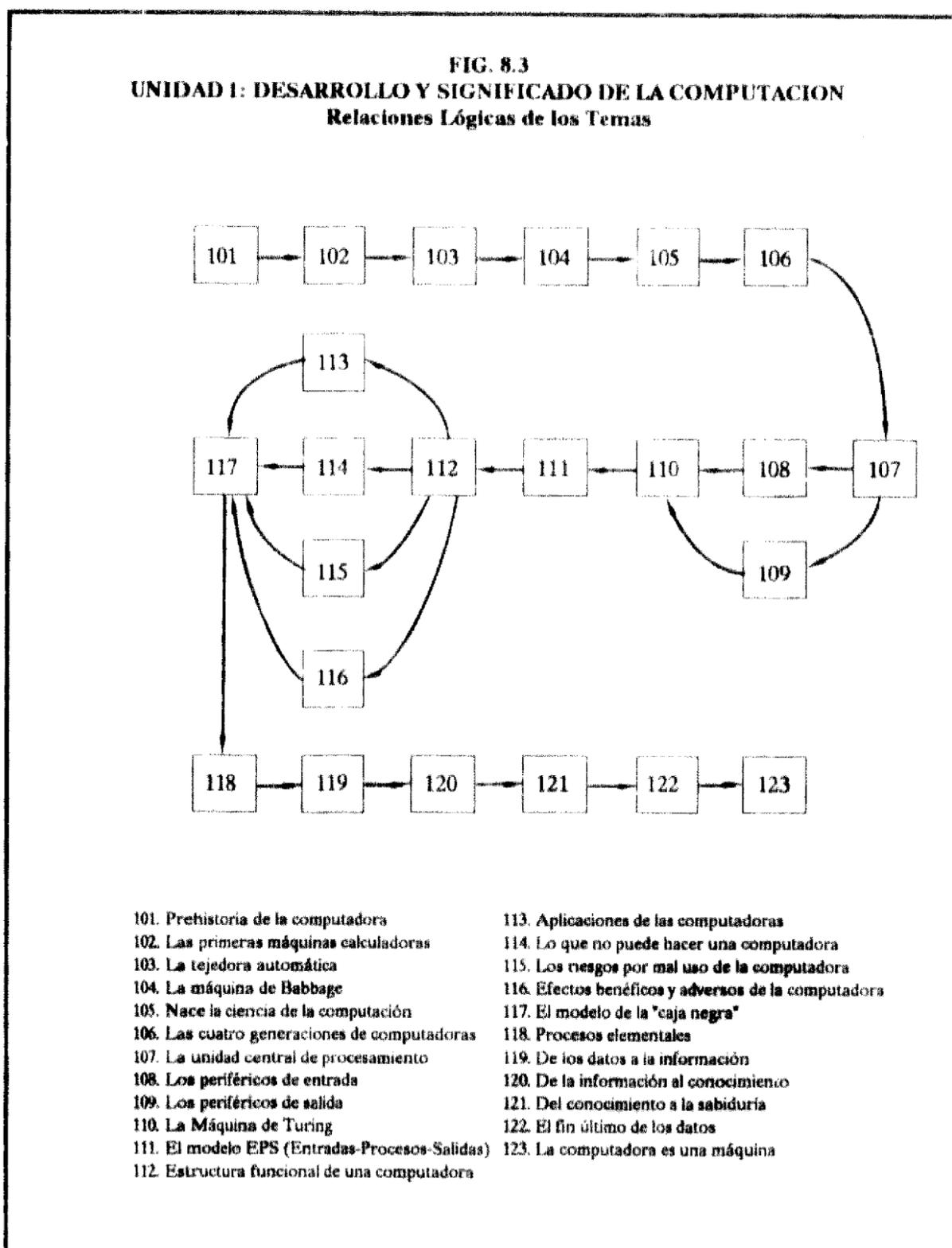
Podemos observar que esta red puede simplificarse fácilmente: basta con eliminar los arcos 35 y 36, ya que es necesario pasar por la unidad 4 antes de entrar a las 5 y 6. Entonces, la estructura de unidades queda como sigue:



Y ya no conviene simplificarla más, pues así pueden incorporarse los contenidos al currículum de primaria, como veremos al final de este capítulo. Esta organización de las unidades será la base para distribuir temas en cada uno de los seis grados de primaria.

8.2.2. LA ORGANIZACION POR TEMA.

Pasemos ahora a analizar las redes conceptuales al interior de cada unidad; esto es, pasemos al análisis de las relaciones lógicas y psicológicas entre los temas.



Podemos observar que en la primera unidad aparecen dos *ciclos*³: el primero se forma por 108 y 109 y surge del hecho de que, si bien tiene que entenderse primero qué es la unidad central de procesamiento, no existe un orden lógicamente necesario respecto a los periféricos de entrada y los periféricos de salida; esto es, resulta indistinto (desde un punto de vista lógico) si se enseña uno u otro primero. El segundo ciclo aparece en los temas 113, 114, 115 y 116, pues no hay razón lógica para poner a cualquiera de ellos antes de los otros.

Estos ciclos deben resolverse aplicando al análisis criterios psicológicos, principalmente el de la *transferencia del aprendizaje*, que consiste básicamente en secuenciar los elementos de contenido de forma que los anteriores faciliten el aprendizaje de los subsiguientes. Esto lo discute ampliamente Ausubel [1978: 155-207]. Veamos cómo se haría en los dos ciclos que detectamos en la unidad 1.

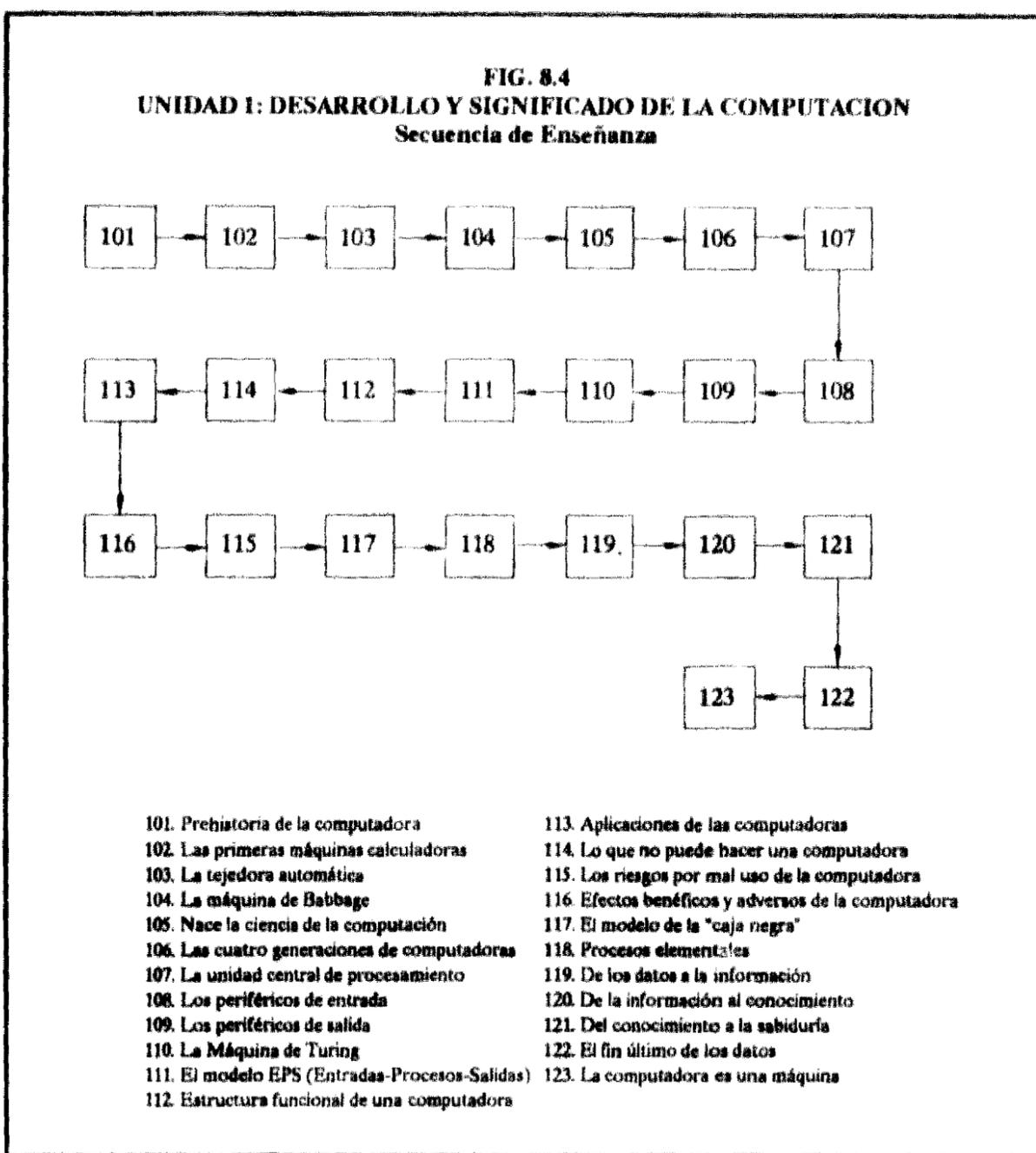
El primer ciclo lo resolveremos colocando el elemento 108 y después el 109, lo que implica que primero se abordará el tema del procesador central (107), ya teniendo el concepto de lo que se ha llamado "el cerebro" de la máquina, se procederá a estudiar cómo se comunica éste con el usuario, para lo que primero se analizarán los medios de entrada (teclado, "ratón", etc.) y después los de salida (pantalla, impresora, etc.). Esta secuencia puede facilitar el uso de analogías y metáforas como técnicas de enseñanza. Por ejemplo, los libros de texto y el maestro, para explicar la forma en que la máquina recupera información para contestar preguntas, puede hacer corresponder al CPU con el cerebro del niño, el teclado con su oído y la impresora con su boca. Sin embargo, esto se discutirá con mayor detalle en otro capítulo.

El segundo ciclo se resolverá mediante la secuencia 114, 113, 116 y 115. En otras palabras, primero se enseñará lo que no puede hacer una computadora, tema básico para desmitificar desde el principio a este instrumento, después se discutirán ejemplos de sus aplicaciones, después los efectos benéficos y los adversos que conlleva su uso y más tarde podrá concluirse con un análisis crítico de los riesgos que representa el mal uso de estas máquinas, lo que llevará a al alumno a comenzar a desarrollar una jerarquía de valores sobre la tecnología computacional⁴.

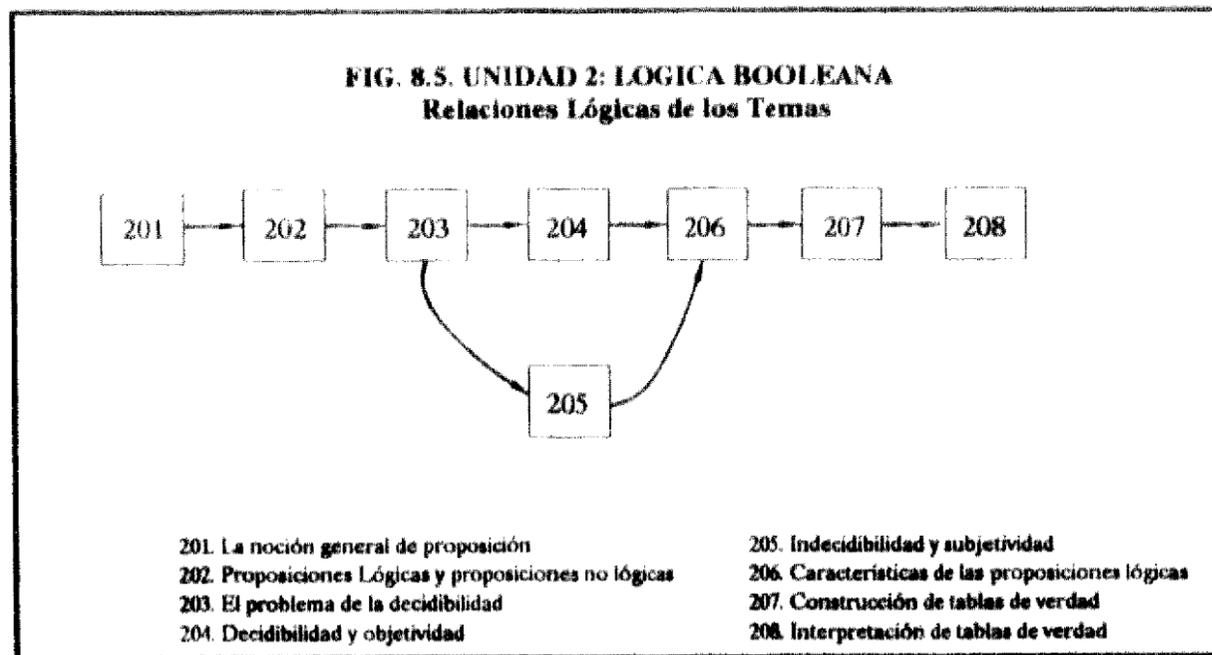
3 Un ciclo se forma cuando dos o más elementos de contenido no tienen entre sí una relación lógica de antecedencia y consecuencia, esto es, no están ordenados.

4 Como lo propone el objetivo respectivo. Véase sección 6.4, objetivo 6.

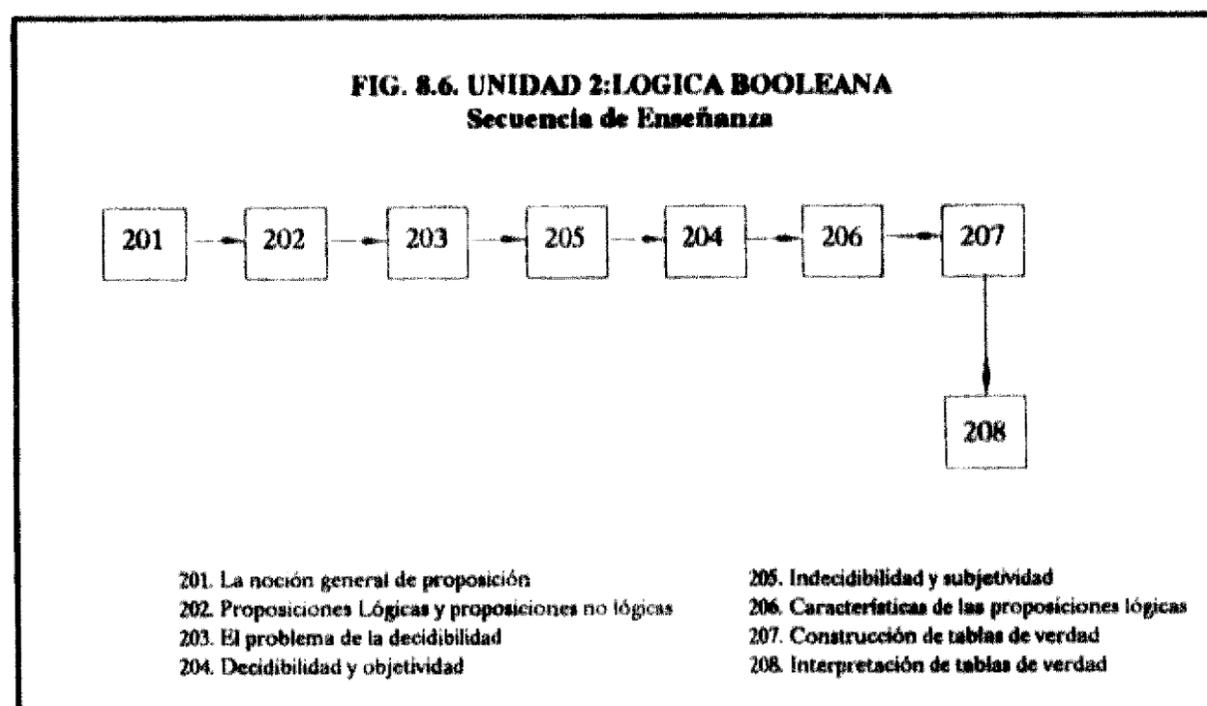
De esta forma se resuelven los ciclos lógicos con criterios psicológicos. Veamos ahora cómo queda organizada la secuencia final de enseñanza:

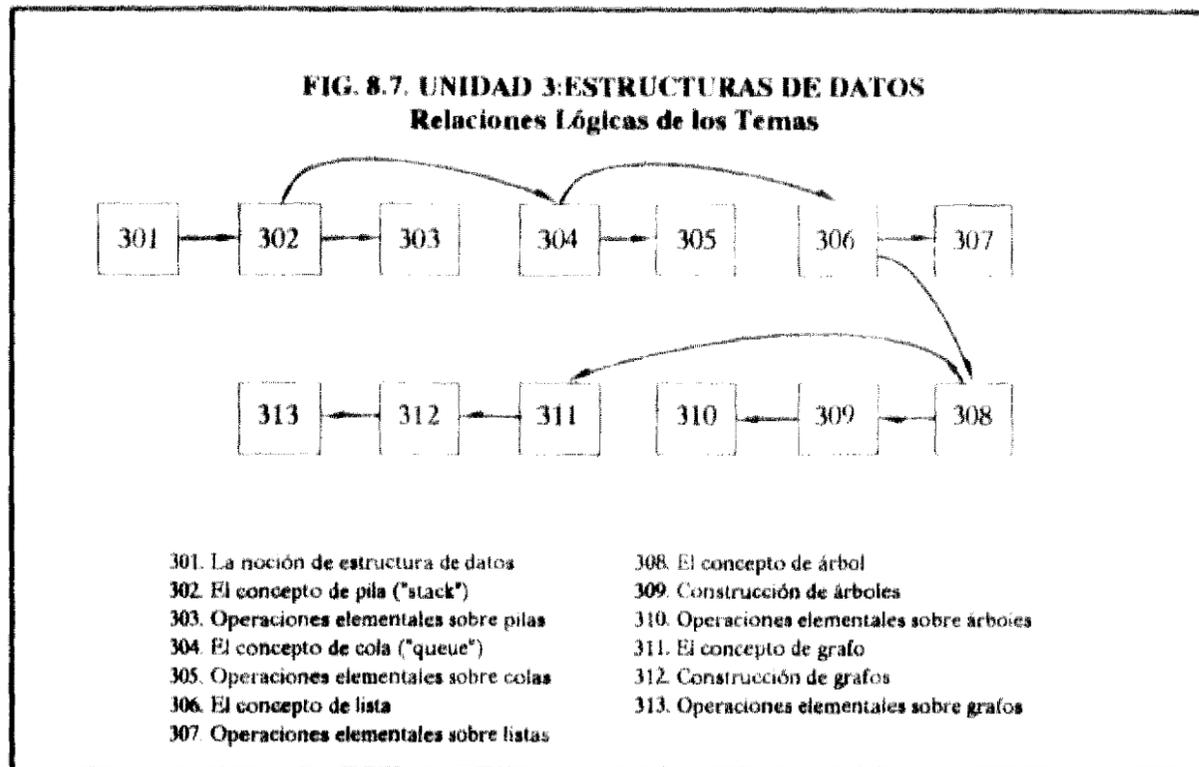


Con estos criterios, pasaremos a organizar los contenidos de las seis unidades restantes.

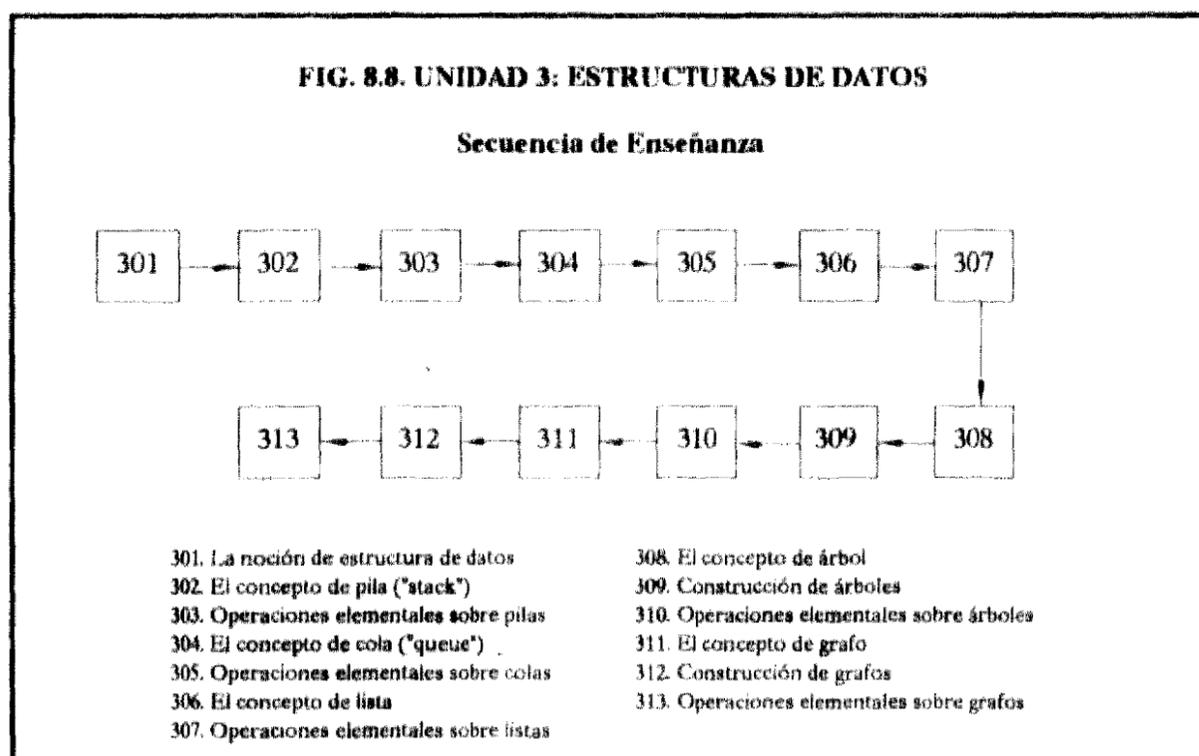


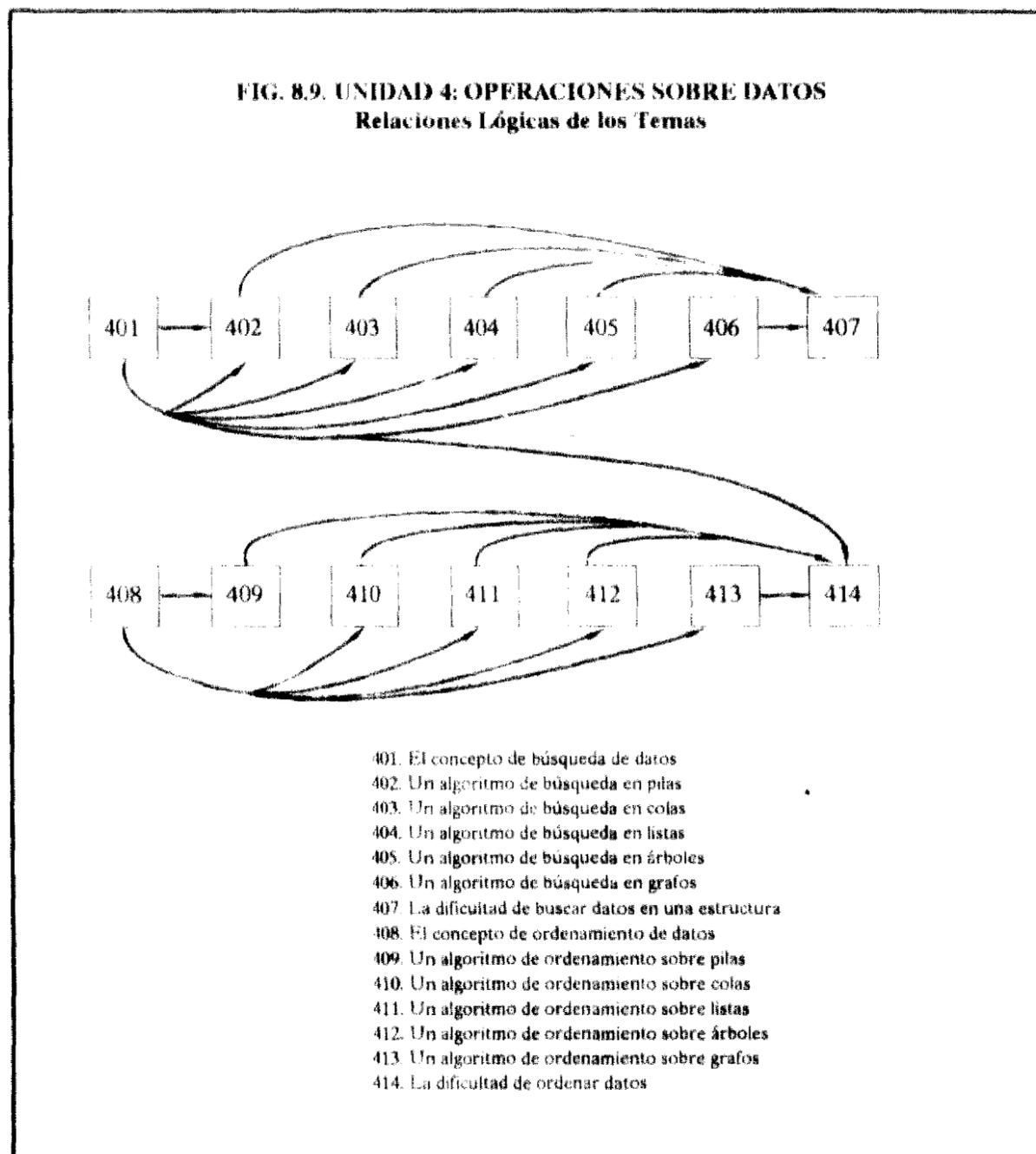
Aquí sólo se presenta un ciclo en los elementos 204 y 205. En este caso lo resolveremos colocando primero 205 y después 204. De este modo, después de estudiar el problema de la decidibilidad, el niño verá que existen proposiciones indecidibles, su relación con la subjetividad y verá también que ellas no son tratables por la computadora, no tocando más este tema (pero sabiendo que existe); después estudiará las proposiciones decidibles y su relación con la objetividad, y continuará profundizando su estudio en los siguientes temas, sin obstáculos para la transferencia.





Los cuatro ciclos que se presentan aquí (303-304, 305-306, 307-308 y 309-311) se resuelven agrupando los temas referentes a cada estructura; por ejemplo, primero se estudiará la pila, (302) concepto y (303) operaciones, después la cola (304), concepto y (305) operaciones, y así sucesivamente. De este modo la secuencia queda como sigue:



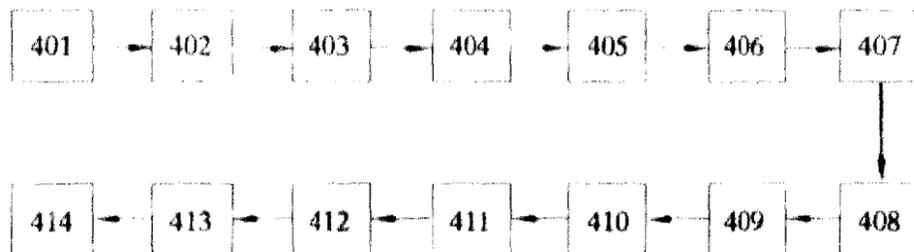


En este caso la situación difiere de las unidades anteriores. Para comenzar, aquí se tienen dos subsecuencias: la correspondiente a búsquedas (de los elementos 401 a 407) y la de ordenamiento (de 408 a 414); se tiene, podría decirse, un ciclo entre subsecuencias, porque para ordenar no se requiere buscar, y para buscar no es prerequisite ordenar. Este primer ciclo lo resolveremos enseñando primero búsquedas, que es un proceso más intuitivo para niños en la etapa de operaciones concretas, y después ordenamientos.

Puede observarse que al interior de cada subsecuencia, se encuentran contenidos equivalentes: el concepto, las operaciones sobre las estructuras vistas en la unidad anterior y la dificultad del proceso; por tanto, resolviendo una subsecuencia, automáticamente se resuelve la otra. Veamos como lo haremos. Los ciclos se presentan al aplicar algoritmos a las estructuras de datos, pues no hay relación de dependencia lógica entre ellas; pero sí es posible encontrar una relación de *dependencia psicológica*: el nivel de dificultad. Claramente la pila es una estructura más simple que la cola, ésta que la lista, ésta que el árbol y éste que el grafo. Aprovechando esta jerarquía en el nivel de dificultad, podemos ordenarlas directamente en la siguiente secuencia de enseñanza.

FIG. 8.10. UNIDAD 4: OPERACIONES SOBRE DATOS

Secuencia de Enseñanza



- 401. El concepto de búsqueda de datos
- 402. Un algoritmo de búsqueda en pilas
- 403. Un algoritmo de búsqueda en colas
- 404. Un algoritmo de búsqueda en listas
- 405. Un algoritmo de búsqueda en árboles
- 406. Un algoritmo de búsqueda en grafos
- 407. La dificultad de buscar datos en una estructura
- 408. El concepto de ordenamiento de datos
- 409. Un algoritmo de ordenamiento sobre pilas
- 410. Un algoritmo de ordenamiento sobre colas
- 411. Un algoritmo de ordenamiento sobre listas
- 412. Un algoritmo de ordenamiento sobre árboles
- 413. Un algoritmo de ordenamiento sobre grafos
- 414. La dificultad de ordenar datos

En la unidad 5 el proceso es trivial: la organización por relaciones lógicas es directamente aplicable a la secuencia de enseñanza, por lo que no se requiere análisis psicológico.

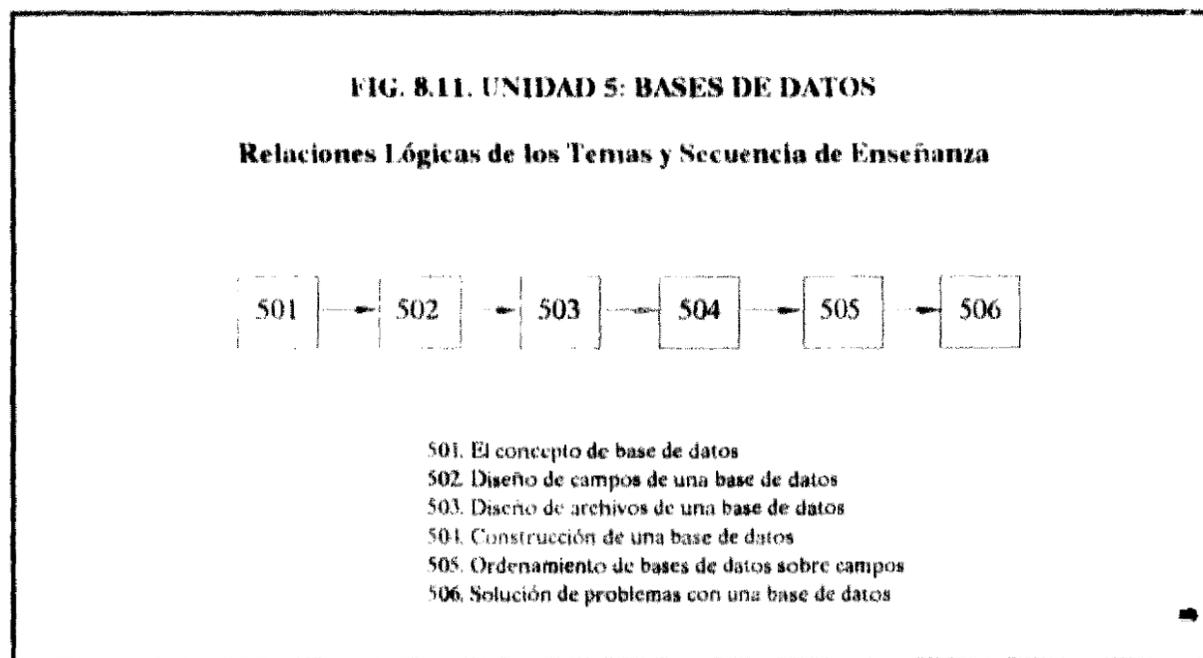
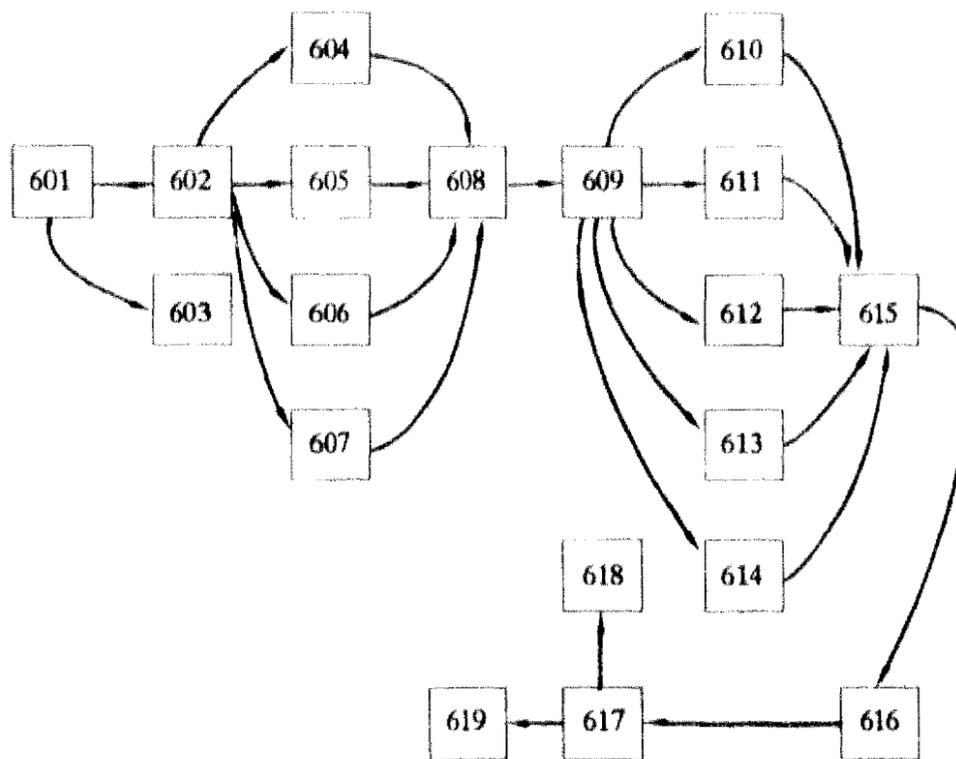


FIG. 8.12. UNIDAD 6: PROGRAMACION
Relaciones Lógicas de los Temas



- 601. El concepto de proceso
- 602. Procesos algorítmicos
- 603. Procesos no algorítmicos
- 604. El algoritmo de la suma entera
- 605. El algoritmo de la resta entera
- 606. El algoritmo de la multiplicación entera
- 607. El algoritmo de la división real
- 608. La optimización de algoritmos
- 609. Diagramas de flujo de algoritmos
- 610. La secuencia
- 611. La estructura if-then-else
- 612. La estructura while
- 613. La estructura repeat
- 614. La estructura case
- 615. Diagramas de flujo de las estructuras de control
- 616. Estructuras de control en procesos algorítmicos
- 617. El concepto de recursión
- 618. Un algoritmo recursivo
- 619. Traslado de diagramas de flujo a pseudocódigo

A pesar de su aparente complejidad, esta estructura no presenta más que cuatro ciclos, y en todos ellos es bastante simple la solución. Veamos:

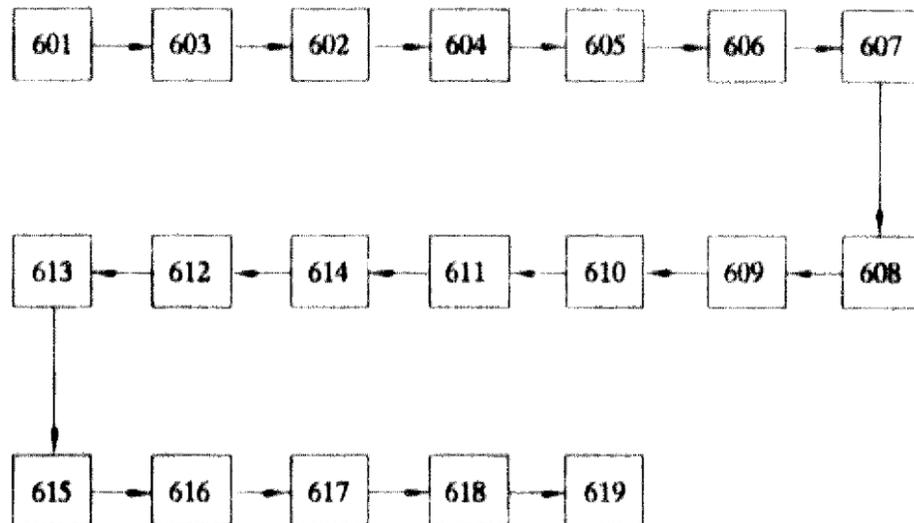
El primer ciclo se resuelve enseñando primero 603, con lo que el niño advertirá la existencia de procesos que no es posible algoritmizar. Después se estudiarán los procesos algorítmicos (602) y de ahí podrá transferirse directamente a ejemplos de algoritmos para operaciones aritméticas que el niño ya debe dominar como veremos al distribuir contenidos por grado.

El segundo ciclo se resuelve con el sólo hecho de reconocer los niveles de complejidad de las operaciones aritméticas básicas: primero la suma (604), después la resta (605), después la multiplicación (606) y al último la división (607); nótese que las tres primeras son enteras y sólo la división se propone real, lo que permitirá articular estos contenidos con los de matemáticas en la segunda mitad de la primaria.

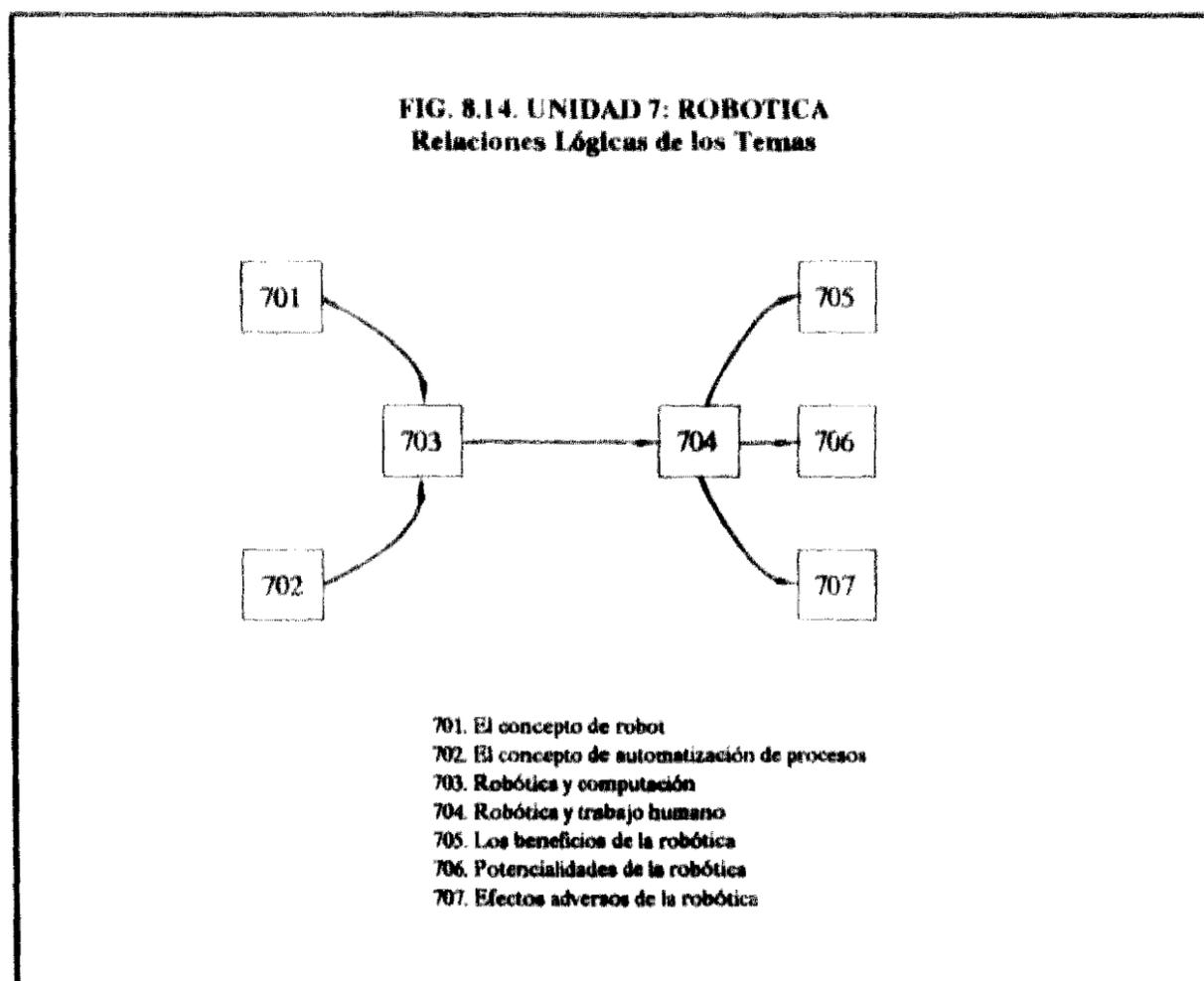
En el tercer ciclo también organizaremos por nivel de dificultad, pero aquí además aprovecharemos el poder inclusor de los conceptos. Se comenzará por estudiar la secuencia (610), que es la estructura de control más elemental; después se verá la estructura *if-then-else* (611), que es la condicional básica; después se verá el *case* (614), que es una sucesión de estructuras *if-then-else*, después la estructura *while* (612), que es una aplicación iterativa del *if-then-else*; finalmente el *repeat* (613), que es una adaptación del *while*.

Por último, el cuarto ciclo se resuelve estudiando primero el concepto de recursión (617), después un ejemplo de algoritmos recursivos (618) y al final pseudocódigos (619), con lo que el niño cerrará el estudio de los fundamentos de la programación, observando que un programa no tiene que ser una expresión ininteligible para el profano.

FIG. 8.13. UNIDAD 6: PROGRAMACION
Secuencia de Enseñanza



- 601. El concepto de proceso
- 602. Procesos algorítmicos
- 603. Procesos no algorítmicos
- 604. El algoritmo de la suma entera
- 605. El algoritmo de la resta entera
- 606. El algoritmo de la multiplicación entera
- 607. El algoritmo de la división real
- 608. La optimización de algoritmos
- 609. Diagramas de flujo de algoritmos
- 610. La secuencia
- 611. La estructura if-then-else
- 612. La estructura while
- 613. La estructura repeat
- 614. La estructura case
- 615. Diagramas de flujo de las estructuras de control
- 616. Estructuras de control en procesos algorítmicos
- 617. El concepto de recursión
- 618. Un algoritmo recursivo
- 619. Traslado de diagramas de flujo a pseudocódigo

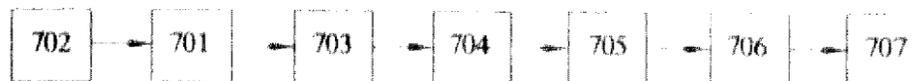


En esta última unidad se formaron dos ciclos, veamos como se resuelven:

El primero se solucionará enseñando primero el concepto de automatización de procesos (702), y después el concepto de robot (701) que puede verse como un caso particular de automatización.

El segundo ciclo se resuelve pasando del análisis de la relación entre robótica y trabajo humano (704) al análisis del estudio (705), los beneficios (706) y las potencialidades (707) de la robótica. Como se verá adelante, esta unidad se propone para los últimos grados de la primaria, lo que apoyará el alto nivel de crítica que se propone lograr en los objetivos respectivos.

FIG. 8.15. UNIDAD 7: ROBOTICA
Secuencia de Enseñanza



- 701. El concepto de robot
- 702. El concepto de automatización de procesos
- 703. Robótica y computación
- 704. Robótica y trabajo humano
- 705. Los beneficios de la robótica
- 706. Potencialidades de la robótica
- 707. Efectos adversos de la robótica

*

8.2.3. LA DISTRIBUCION EN GRADOS.

Para terminar la organización de los contenidos, veamos cómo se propone distribuir en el tiempo las unidades entre los seis grados que forman la educación primaria.

1. DESARROLLO Y SIGNIFICADO DE LA COMPUTACION. Diversos autores, entre los que se puede citar a Bruner [1988], Clark [1980] y Bernal [1979] han destacado la importancia del estudio de la historia de la ciencia como estrategia para comprender su naturaleza e impacto sobre la vida humana. Por esta razón, proponemos al estudio del desarrollo de la computación como eje principal del estudio de esta disciplina en la primaria. Esto es, el curriculum de primaria deberá incluir temas de historia de la computación en todos los grados. Se trata, en pocas palabras, de que el niño comprenda cómo esta tecnología ha llegado a jugar el papel central que hoy tiene en la vida humana.

2. LOGICA BOOLEANA. Se propone iniciar el estudio de esta unidad desde el tercer grado, donde el niño puede comenzar a acercarse a los primeros temas que estudian las proposiciones, y continuar su estudio hasta el final de la primaria.

3. **ESTRUCTURAS DE DATOS.** Las estructuras de datos, en el nivel en que se propone estudiarlas, abarca desde segundo hasta cuarto grado, de modo que permita después entrar a realizar operaciones sobre ellos y a aplicar ambas a las bases de datos.

4. **OPERACIONES SOBRE DATOS.** Abarca de tercero a quinto grado, para que en sexto puedan realizarse búsquedas y ordenamientos sobre bases de datos.

5. **BASES DE DATOS.** Abarca de cuarto a sexto grado, dejando para el principio los conceptos elementales y la construcción, y para el final las operaciones y exploraciones heurísticas.

6. **PROGRAMACION.** Se propone estudiarla desde cuarto hasta sexto grado, dejando para el final los temas de recursión y pseudocódigo, que capacitarán al estudiante para comenzar a programar en secundaria.

7. **ROBOTICA.** Este es un tema, como ya se dijo, que pretende dar cima al estudio crítico sobre las aplicaciones de la computación y sus efectos sobre el individuo y la sociedad, por eso se le ubica hasta el último grado.

Resumamos y representemos esta distribución en una gráfica:

FIG. 8.16. DISTRIBUCION DE LAS UNIDADES DE CONTENIDO POR GRADO ESCOLAR

UNIDAD \ GRADO	1°	2°	3°	4°	5°	6°
1. DESARROLLO Y SIGNIFICADO	□					
2. LOGICA BOOLEANA			□			
3. ESTRUCTURAS DE DATOS		□		□		
4. OPERACIONES SOBRE DATOS			□	□	□	
5. BASES DE DATOS				□	□	□
6. PROGRAMACION				□	□	□
7. ROBOTICA						□

* *

Ahora ya sabemos qué se pretende lograr con el estudio de la computación en la primaria, qué contenidos enseñar y cuál es su organización. En el próximo capítulo pasaremos a discutir *cómo enseñarlos*.

* * *

* * *

CAPITULO 9

LAS ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

La escuela, más que un aprendizaje "mediante la acción", induce un aprendizaje a base de narrar, escuchar y conversar, y casi todo ello en ausencia de los acontecimientos y situaciones que se describen o sobre los que se habla.

Consideraciones sobre la Reforma Escolar
J. S. Brunner

Una vez seleccionados y organizados los contenidos, podemos pasar a discutir las actividades que el alumno debe realizar para aprenderlos adecuadamente. Se comienza por discutir el concepto de actividad de aprendizaje; después se analizan las actividades que más importantes pueden resultar para el estudio de la computación; enseguida se discute el concepto de metacognición y la posibilidad de facilitar el inicio del desarrollo de esta habilidad en primaria, dentro de la disciplina que aquí nos interesa; se cierra este breve marco conceptual destacando la relación que existe entre actividades de aprendizaje y métodos de enseñanza. En un segundo subcapítulo se presentan las actividades de aprendizaje que se sugieren para cada uno de los contenidos definidos en el capítulo 7.

**

9.1. MARCO CONCEPTUAL.

9.1.1. EL CONCEPTO DE ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE.

Por lo menos desde la revolución que Comenio produjo en la pedagogía a mediados del siglo XVII, se ha rechazado la posibilidad del aprendizaje noético, entendido éste como el que se logra por el puro esfuerzo intelectual, sin necesidad de la relación sensorial con el exterior. Casi trescientos años después, con el nacimiento del cognoscitismo en la primera mitad de

nuestro siglo, la psicología del aprendizaje refuerza el consenso en un punto que, de hecho, se considera obvio: todo conocimiento, cualquier aprendizaje, se obtiene a través del contacto con el exterior. El niño aprende, desde su nacimiento, operando con los objetos y fenómenos que conforman el medio que lo rodea. En otras palabras, la actividad es el medio básico mediante el cual se aprende [cfr. Piaget, 1991; Bruner, 1988].

Dentro del campo del diseño curricular, una *actividad de aprendizaje*, puede entenderse como el conjunto de acciones que el niño realiza para entrar en contacto con el contenido y aprenderlo.

Las actividades de aprendizaje deben seleccionarse cuidando ante todo que sean congruentes con las características psicológicas del niño, mismas que en casos normales quedan condicionadas por el estadio de desarrollo en que se encuentre. Por esta razón conviene revisar, aunque sólo sea brevemente, lo que nos enseña al respecto la investigación cognoscitiva, en particular aquello aplicable al niño de primaria.

*

9.1.2. FACILITANDO LA METACOGNICION.

La metacognición constituye actualmente un tema de frontera en el campo de la investigación educativa. Dentro de la corriente cognoscitiva, en la vertiente formada por la teoría del procesamiento de información, la *cognición* puede ser definida simplemente como el complejo de acciones mediante las que los individuos procesan información para conocer; esto es, para representar la realidad mediante su pensamiento. La *metacognición*, en cambio, es bastante más difícil de definir. Según Lawson [1980], el sujeto puede operar sobre la información mediante procesos heurísticos o algorítmicos, y ambos son aprendibles como procesos cognoscitivos; la selección de un proceso específico para enfrentar una situación dada se realiza mediante una *estrategia*... pero la selección de una estrategia va más allá de la cognición: es un *proceso metacognitivo*. De esta forma los procesos -sean algorítmico o heurísticos- junto con las estrategias para seleccionarlos, son prerequisites para la metacognición. Esta consiste en monitorear y regular las estrategias disponibles y elegir alguna de ellas para atacar un problema. En otras palabras, la cognición consiste en dominar las herramientas; la metacognición consiste en revisar el instrumental y seleccionar la herramienta más adecuada para atacar un problema específico. Las habilidades metacognitivas, entonces, determinan en última instancia la capacidad para solucionar problemas de forma eficaz y económica.

Se ha encontrado que las capacidades metacognitivas surgen hacia el final de la escuela primaria, que es cuando el niño transita del estadio de operaciones concretas hacia el estadio de operaciones formales. Aunque por el momento no queda claro cómo pueden ser enseñadas las habilidades metacognitivas¹, el sólo hecho de entender este fenómeno puede permitir el diseño de actividades de aprendizaje que faciliten su desarrollo. Para ello, debe tenerse claro que primero debe disponerse de las herramientas; es decir, el niño debe dominar procesos y estrategias de selección -lo que sería de esperar que se lograría hacia el sexto grado de primaria- y después se le debe incentivar a que dé un paso más (que, por lo visto, muy pocos dan) para seleccionar entre estrategias. No cabe duda de que la computación constituye un campo privilegiado para desarrollar y aplicar la metacognición.

*

9.1.3. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE BASICAS.

Para poder lograr un aprendizaje significativo, tal que pueda ser recuperado, transferido y utilizado cuando se lo requiera, no basta con que el alumno disponga del conocimiento, además *debe tener conciencia de que lo posee*. Al revisar los resultados de la investigación cognoscitiva aplicables al aprendizaje de una disciplina como la computación en el nivel de primaria, pueden identificarse cuatro actividades de aprendizaje como las que prometen resultar más productivas: leer, verbalizar, escribir y resaltar las características clave del problema. Veamos con un poco de detalle en que consiste cada una de ellas [cfr. Ausubel, 1978; Bruner, 1988; Prawat, 1989].

Leer. No cabe duda de que la lectura es la principal actividad de aprendizaje en la escuela primaria. Desde el primer grado, que es cuando el alumno inicia el aprendizaje de la lectoescritura², debería tenerse -y no siempre se tiene un gran cuidado- al seleccionar el material de lectura. Pero esto lo discutiremos

- 1 Más aún, cabe la posibilidad de que, en forma semejante a lo que ocurre con la creatividad, se encuentre que no pueden ser enseñadas, en sentido estricto. En cuyo caso no se cancela la posibilidad de facilitar su desarrollo durante el proceso de enseñanzaaprendizaje.
- 2 No aceptamos que un niño de preescolar -por supuesto nos referimos a un niño normal- sea capaz de aprender a leer; realmente lo que puede ocurrir es que establezca conductas condicionadas elementales que le permitan verbalizar lo escrito, pero la verdadera lectura va mucho más allá: implica, además de verbalizar, **entender** lo que se está leyendo. No es raro encontrar adolescentes, o incluso adultos, que son incapaces de leer en este último sentido. Iguales observaciones pueden hacerse al aprendizaje de la escritura.

en el capítulo 11, aquí basta comentar que, desde el aprendizaje mismo de la lectura debe desarrollarse el hábito de su comprensión: no basta con que el niño verbalice, se le debe conducir, con preguntas pertinentes, a *pensar* sobre lo que ha leído. Conforme el niño domine esta habilidad, podrá aumentarse gradualmente el nivel de dificultad del material de lectura.

Verbalizar. Para el niño de primaria el estudio silencioso e individual, además de difícil, resulta muy poco productivo. Para aprender requiere verbalizar lo que piensa, hablando con otros; hablar es la manera más efectiva de lograr que el conocimiento se haga conciente. Por tanto, la discusión en grupo debe estimularse y convertirse en una actividad central en el aprendizaje escolar. Piaget afirmaba que es hablando como el pensamiento pasa del inconciente a la conciencia³. La escuela constituye un medio óptimo para la discusión argumentada y moderada. Además de su importante efecto socializante, discutir los temas de estudio es una actividad mediante la cual el niño puede corregir errores conceptuales, profundizar y enriquecer su aprendizaje, y sobre todo cobrar conciencia de que lo posee. Sin embargo, debe tenerse cuidado, al menos, en dos puntos: la discusión debe seguir al estudio de un tema, y no precederlo; y la discusión debe ser moderada por el maestro, para orientarla hacia el logro de los objetivos de aprendizaje y la corrección de errores que se presenten sobre la marcha.

Escribir. Esta es otra forma de hacer concientes los conocimientos aprendidos. Es muy conocido el fenómeno de la "angustia de la hoja en blanco": frecuentemente creemos que dominamos cierto conocimiento o conjunto de ideas... hasta que se requiere escribirlo; entonces caemos en cuenta de que realmente no lo dominamos y muchas veces ni siquiera lo tenemos claro. Este bloqueo para escribir debe ser combatido antes de que surja o se afiance; cuando el niño apenas está aprendiendo la escritura, debe desarrollarse en él la habilidad de escribir sus ideas. De este modo, por una parte, se habituará a expresar su pensamiento por escrito (que sin duda es la forma más clara, concreta y eficaz de comunicarlo), y por otra, al mismo tiempo, podrá analizar y depurar su pensamiento a través de su expresión escrita. Los resúmenes, análisis y críticas escritas facilitan enormemente el aprendizaje de una disciplina (en nuestro caso la computación) y desarrollan la capacidad de expresión... una capacidad, por desgracia, muy rara en nuestra sociedad.

3 Muchos psicólogos conductistas también llegaron a la conclusión de que el lenguaje es indisoluble del pensamiento. En sus primeros estudios, Skinner llegó al extremo de definir al pensamiento como habla subvocal (habla inaudible, podríamos decir); pensar, afirmaba, es hablar.

Destacar las características clave. Cuando conducimos al niño a abstraer las características fundamentales de un problema, fenómeno o concepto, le estamos prestando una eficaz ayuda para construir correctamente sus estructuras cognoscitivas; en términos estrictos, lo estamos *enseñando*. Sobre esto se ha realizado mucha investigación y se han obtenido resultados muy fructíferos; basta citar trabajos clásicos como los de Polya [1978], Mayer [1978] y Ackoff [1987], entre muchos otros, en los que se analizan los procesos de solución de problemas mediante la detección de sus rasgos esenciales y su aplicación a la búsqueda de soluciones. Para apoyar esta actividad de aprendizaje resultan muy útiles los esquemas, cuadros sinópticos y modelos, pero sobre este punto volveremos en el capítulo dedicado a analizar los recursos didácticos.

Podría decirse que a partir de estos cuatro grupos básicos, puede realizarse la selección y diseño de experiencias de aprendizaje para el estudio de la computación en la primaria. Se eligen estas cuatro actividades porque, además de haber demostrado experimentalmente su eficacia, resulta factible aplicarlas en nuestras escuelas concretas.

9.1.4. ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE Y METODOS DE ENSEÑANZA.

Conviene tocar un punto más, aunque por el momento sólo sea para apuntarlo: entre la enseñanza y el aprendizaje existe una relación tan estrecha, que se les concibe como integrantes de un solo proceso indivisible: el proceso de enseñanzaaprendizaje. Sin embargo, especialmente para fines de diseño curricular, conviene diferenciar entre ambos elementos y tratarlos por separado. Los métodos de enseñanza deben seleccionarse en función de las actividades de aprendizaje⁴, y esto será justamente lo que haremos en el siguiente capítulo.

* *

9.2. LAS ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE SELECCIONADAS

Veamos ahora las actividades de aprendizaje que se proponen para el aprendizaje de los contenidos seleccionados. Para una presentación clara,

4 Y no al revés. Siempre debe darse prioridad al aprendizaje y considerar a la enseñanza como una actividad facilitadora de éste.

retomaremos la estructura básica de contenidos que se definió en la sección 7.3 de este trabajo.

UNIDAD 1. DESARROLLO Y SIGNIFICADO DE LA COMPUTACION

101. Prehistoria de la computadora

Leer textos
Discutir la lectura
Redactar conclusiones

102. Las primeras máquinas calculadoras

Leer textos
Discutir la lectura
Redactar conclusiones

103. La tejedora automática

Leer textos
Discutir la lectura
Redactar conclusiones

104. La máquina de Babbage

Leer textos
Discutir la lectura
Redactar conclusiones

105. Nace la ciencia de la computación

Leer textos
Discutir la lectura
Redactar conclusiones

106. Las cuatro generaciones de computadoras

Leer textos
Discutir la lectura
Construir un esquema que integre los temas 101-106
Redactar conclusiones

107. La unidad central de procesamiento

Leer textos
Discutir la lectura
Redactar conclusiones

108. Los periféricos de entrada

Leer textos
Discutir la lectura
Redactar conclusiones

109. Los periféricos de salida

Leer textos
Discutir la lectura
Construir un esquema que integre los temas 107-109
Redactar conclusiones

110. La Máquina de Turing

Leer textos
Discutir la lectura
Construir un modelo con una tira de cartón
Escribir en el modelo un *string* sin espacios e identificar en él, a partir de una lista de direcciones, palabras que integren una frase significativa.
Redactar conclusiones

111. El modelo EPS (Entradas-Procesos-Salidas)

Leer textos
Discutir la lectura
Aplicar el modelo a procesos sencillos, como operaciones aritméticas.
Redactar conclusiones

112. Estructura funcional de una computadora

Leer textos
Discutir la lectura
Identificar el flujo en un diagrama

Redactar conclusiones

113. Aplicaciones de las computadoras

Leer textos
Discutir la lectura
Redactar conclusiones

114. Lo que no puede hacer una computadora

Leer textos
Discutir la lectura
Redactar conclusiones

115. Los riesgos por mal uso de la computadora

Leer textos
Discutir la lectura
Redactar conclusiones

116. Efectos benéficos y adversos de la computadora

Leer textos
Discutir la lectura
Redactar conclusiones

117. El modelo de la "caja negra"

Leer textos
Discutir la lectura
Identificar ejemplos
Redactar conclusiones

118. Procesos elementales

Leer textos
Discutir la lectura
Resolver ejemplos
Redactar conclusiones

119. De los datos a la información

Leer textos
Discutir la lectura
Identificar ejemplos
Redactar conclusiones

120. De la información al conocimiento

Leer textos
Discutir la lectura
Identificar ejemplos que integren los temas 119 y 120
Redactar conclusiones

121. Del conocimiento a la sabiduría

Leer textos
Discutir la lectura
Identificar ejemplos que integren los temas 119-121
Redactar conclusiones

122. El fin último de los datos

Leer textos
Discutir la lectura
Analizar ejemplos que integren los temas 119-122
Redactar conclusiones

123. La computadora es una máquina

Leer textos
Discutir la lectura
Redactar conclusiones

UNIDAD 2. LOGICA BOOLEANA

201. La noción general de proposición

Leer texto
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

202. Proposiciones Lógicas y proposiciones no lógicas

Leer textos
Discutir la lectura
Resolver ejemplos
Escribir conclusiones

203. El problema de la decidibilidad

Leer textos
Discutir la lectura
Resolver ejemplos
Escribir conclusiones

204. Decidibilidad y objetividad

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

205. Indecidibilidad y subjetividad

Leer textos
Discutir la lectura
Resolver ejemplos que integren los temas 203-205
Escribir conclusiones

206. Características de las proposiciones lógicas

Leer textos
Discutir la lectura
Resolver ejemplos

Escribir conclusiones

207. Construcción de tablas de verdad

Leer textos
Discutir la lectura
Construir tablas de verdad para proposiciones simples
Escribir conclusiones

208. Interpretación de tablas de verdad

Leer textos
Discutir la lectura
Resolver ejemplos que integren los temas 206-208
Escribir conclusiones

*

UNIDAD 3. ESTRUCTURAS DE DATOS

301. La noción de estructura de datos

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

302. El concepto de pila ("stack")

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

303. Operaciones elementales sobre pilas

Leer textos
Discutir la lectura
Resolver ejemplos de inserción y borrado de elementos
Escribir conclusiones

304. El concepto de cola ("queue")

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

305. Operaciones elementales sobre colas

Leer textos
Discutir la lectura
Resolver ejemplos de inserción y borrado de elementos
Escribir conclusiones

306. El concepto de lista

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

307. Operaciones elementales sobre listas

Leer textos
Discutir la lectura
Resolver ejemplos de inserción y borrado de elementos
Escribir conclusiones

308. El concepto de árbol

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

309. Construcción de árboles

Leer textos
Discutir la lectura
Construir árboles a partir de ejemplos simples
Escribir conclusiones

310. Operaciones elementales sobre árboles

Leer textos
Discutir la lectura
Resolver ejemplos de inserción y borrado de elementos
Escribir conclusiones

311. El concepto de grafo

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

312. Construcción de grafos

Leer textos
Discutir la lectura
Construir grafos a partir de ejemplos simples
Escribir conclusiones

313. Operaciones elementales sobre grafos

Leer textos
Discutir la lectura
Resolver ejemplos de inserción y borrado de elementos
Escribir conclusiones

*

UNIDAD 4. OPERACIONES SOBRE DATOS

401. El concepto de búsqueda de datos

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

402. Un algoritmo de búsqueda en pilas

Leer textos
Discutir la lectura
Aplicar el algoritmo a ejemplos simples
Escribir conclusiones

403. Un algoritmo de búsqueda en colas

Leer textos
Discutir la lectura
Aplicar el algoritmo a ejemplos simples
Escribir conclusiones

404. Un algoritmo de búsqueda en listas

Leer textos
Discutir la lectura
Aplicar el algoritmo a ejemplos simples
Escribir conclusiones

405. Un algoritmo de búsqueda en árboles

Leer textos
Discutir la lectura
Aplicar el algoritmo a ejemplos simples
Escribir conclusiones

406. Un algoritmo de búsqueda en grafos

Leer textos
Discutir la lectura
Aplicar el algoritmo a ejemplos simples
Escribir conclusiones

407. La dificultad de buscar datos en una estructura

Leer textos
Discutir la lectura
Resolver los ejemplos anteriores sin aplicar algoritmos
Analizar el poder de los algoritmos para facilitar la ejecución de

procesos.
Escribir conclusiones

408. El concepto de ordenamiento de datos

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

409. Un algoritmo de ordenamiento sobre pilas

Leer textos
Discutir la lectura
Aplicar el algoritmo a ejemplos simples
Escribir conclusiones

410. Un algoritmo de ordenamiento sobre colas

Leer textos
Discutir la lectura
Aplicar el algoritmo a ejemplos simples
Escribir conclusiones

411. Un algoritmo de ordenamiento sobre listas

Leer textos
Discutir la lectura
Aplicar el algoritmo a ejemplos simples
Escribir conclusiones

412. Un algoritmo de ordenamiento sobre árboles

Leer textos
Discutir la lectura
Aplicar el algoritmo a ejemplos simples
Escribir conclusiones

413. Un algoritmo de ordenamiento sobre grafos

Leer textos
Discutir la lectura

Aplicar el algoritmo a ejemplos simples
Escribir conclusiones

414. La dificultad de ordenar datos

Leer textos
Discutir la lectura
Resolver los ejemplos anteriores sin aplicar algoritmos
Analizar el poder de los algoritmos para facilitar la ejecución de procesos.
Escribir conclusiones

*

UNIDAD 5. BASES DE DATOS

501. El concepto de base de datos

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

502. Diseño de campos de una base de datos

Leer textos
Discutir la lectura
Diseñar los campos necesarios para un ejemplo simple
Escribir conclusiones

503. Diseño de archivos de una base de datos

Leer textos
Discutir la lectura
Diseñar los archivos para los campos diseñados
Escribir conclusiones

504. Construcción de una base de datos

Leer textos
Discutir la lectura
Construir la base de datos correspondiente a los temas 502 y 503
Escribir conclusiones

505. Ordenamiento de bases de datos sobre campos

Leer textos
Discutir la lectura
Ordenar la base de datos construida sobre campos dados
Escribir conclusiones

506. Solución de problemas con una base de datos

Leer textos
Discutir la lectura
Resolver problemas a partir de la base de datos construida
Escribir conclusiones

*

UNIDAD 6. PROGRAMACION

601. El concepto de proceso

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

602. Procesos algorítmicos

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

603. Procesos no algorítmicos

Leer textos
Discutir la lectura integrando los temas 601-603
Escribir conclusiones

604. El algoritmo de la suma entera

Elaborar el algoritmo
Comprobarlo aplicándolo a ejemplos

605. El algoritmo de la resta entera

Elaborar el algoritmo
Comprobarlo aplicándolo a ejemplos

606. El algoritmo de la multiplicación entera

Elaborar el algoritmo
Comprobarlo aplicándolo a ejemplos

607. El algoritmo de la división real

Elaborar el algoritmo
Comprobarlo aplicándolo a ejemplos

608. La optimización de algoritmos

Leer textos
Discutir la lectura
Comparar los algoritmos elaborados en los temas 604-607 contra
modelos
Escribir conclusiones

609. Diagramas de flujo de algoritmos

Leer textos
Discutir la lectura
Diagramar los algoritmos modelo del tema 608
Escribir conclusiones

610. La secuencia

Leer textos
Discutir la lectura
Aplicar la estructura a ejemplos simples

611. La estructura if-then-else

Leer textos
Discutir la lectura
Aplicar la estructura a ejemplos simples

612. La estructura while

Leer textos
Discutir la lectura
Aplicar la estructura a ejemplos simples

613. La estructura repeat

Leer textos
Discutir la lectura
Aplicar la estructura a ejemplos simples

614. La estructura case

Leer textos
Discutir la lectura
Aplicar la estructura a ejemplos simples

615. Diagramas de flujo de las estructuras de control

Diagramar las estructuras de control
Comprobarlas aplicándolas a los ejemplos vistos en 610-614

616. Estructuras de control en procesos algorítmicos

Construir algoritmos aplicando las estructuras de control
Comprobarlos aplicándolos a ejemplos

617. El concepto de recursión

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

618. Un algoritmo recursivo

Leer textos
Aplicar un ejemplo de algoritmo recursivo
Escribir conclusiones

619. Traslado de diagramas de flujo a pseudocódigo

Leer textos
Discutir la lectura
Trasladar a pseudocódigo los algoritmos vistos en 615-618
Escribir conclusiones

*

UNIDAD 7. ROBOTICA

701. El concepto de robot

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

702. El concepto de automatización de procesos

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

703. Robótica y computación

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

704. Robótica y trabajo humano

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

705. Los beneficios de la robótica

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

706. Potencialidades de la robótica

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

707. Efectos adversos de la robótica

Leer textos
Discutir la lectura
Escribir conclusiones

* *

A partir de estas actividades de aprendizaje, en el próximo capítulo procederemos a proponer métodos de enseñanza, y en el subsiguiente se propondrán recursos didácticos para apoyarlas.

* * *
* * *

CAPITULO 10

LOS METODOS DE ENSEÑANZA

... y tú tendrás cuidado de hacerla trasladar en papel, de buena letra, en el primer lugar que hallares donde haya maestro de escuela de muchachos ... y no se la des a trasladar a ningún escribano, que hacen letra procesada, que no la entenderá Satanás."

(Instrucciones a Sancho Panza)

Don Quijote de la Mancha
Miguel de Cervantes Saavedra

Ahora se procede a analizar la forma en que podrían enseñarse los contenidos curriculares. Para hacerlo, se comienza por discutir el concepto de método de enseñanza; después se analiza el enfoque cibernético de la pedagogía y la forma en que puede aplicarse al caso que aquí nos ocupa; posteriormente se discute la importancia de contar con un libro del maestro como instrumento básico para el trabajo docente; el marco conceptual se cierra analizando los cuatro métodos básicos que se pueden utilizar para la enseñanza de la computación en primaria. El capítulo termina presentando los métodos de enseñanza que se proponen para cada elemento de contenido.

*

10.1. MARCO CONCEPTUAL

10.1.1. EL CONCEPTO DE METODOS DE ENSEÑANZA.

La importancia decisiva que el maestro tiene para el aprendizaje del alumno nunca se ha puesto en tela de duda. Lo que si ha sufrido profundos cambios con el paso del tiempo es la concepción que se tiene sobre el papel que debe jugar el maestro dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje; éste ha variado desde el de prácticamente iluminador, que reducía al alumno a participar como un receptor pasivo, hasta el del maestro como mero operario transmisor de conocimientos. Con el desarrollo de la psicología, la teoría de sistemas y la comunicación, y con su creciente aplicación a la pedagogía, cada vez se percibe más a la tarea docente como *facilitadora* del aprendizaje, desplazando a las antiguas concepciones iluminadora y transmisora de conocimientos. Este cambio de concepción no es trivial, implica reconocer al aprendizaje como el eje de la educación y al alumno como el actor principal del proceso. De lo que se trata es de que el alumno aprenda y, en consecuencia, la función esencial del maestro es ayudarlo a lograr esto.

Desde esta concepción, cada vez se reconoce más la necesidad de adecuar la función docente a las necesidades que plantea el aprendizaje. El maestro debe enseñar de forma que se facilite al alumno el aprendizaje; esto es, debe aplicar *métodos de enseñanza eficientes*, entendidos como aquellos que ayudan al alumno a aprender mejor el contenido, con el menor esfuerzo posible. Es fácil ver que, en un último análisis, éste es el propósito principal de la investigación psicopedagógica desde hace varios años.

* *

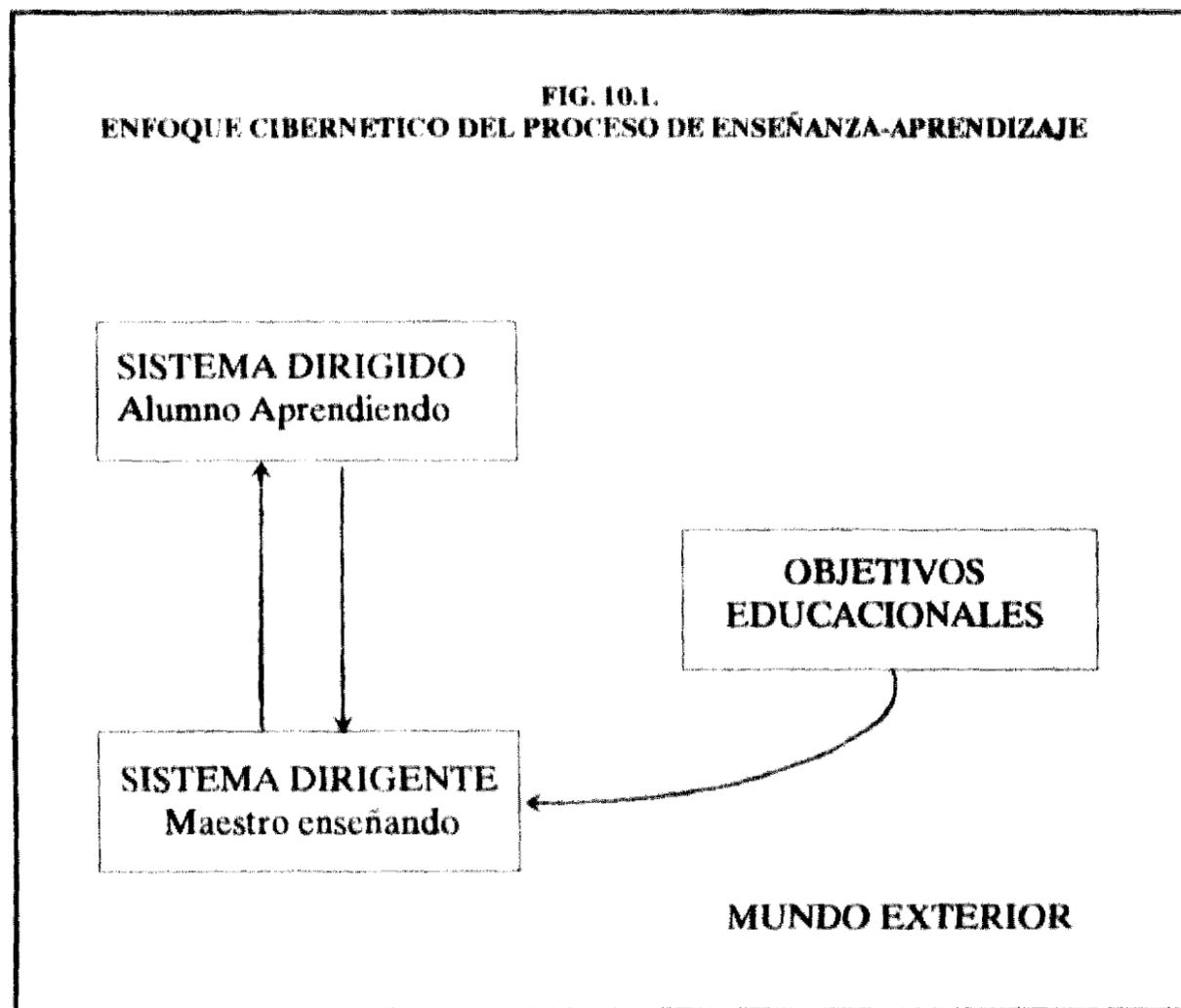
10.1.2. PEDAGOGIA Y CIBERNETICA.

Uno de los enfoques más recientes que tratan de describir, explicar, predecir y controlar el proceso de enseñanza y aprendizaje es el de la pedagogía cibernética¹. La cibernética es una disciplina formalizada en 1948 por Wiener²,

1 Del griego *Kybernetike*, arte del pilotaje.

2 Norbert Wiener, matemático nacido en 1894 en los Estados Unidos de América y muerto en 1964 en Suecia. Sus aportaciones a la matemática moderna figuran entre las más importan-

que aborda el estudio científico de los sistemas complejos de control y comunicación, sea en seres vivos, organizaciones sociales o máquinas. Aplicada a la pedagogía, la cibernética aborda el proceso de enseñanza-aprendizaje dentro de la escuela como un sistema complejo y, en lo esencial, lo enfoca como sigue [cfr. Landa, 1977: 17-23]:



Este enfoque permite comprender a la docencia como un proceso de control del aprendizaje y analizarlo en forma rigurosamente científica. Además ofrece grandes posibilidades de aplicación a la solución de problemas prácticos, en particular en el desarrollo de métodos de enseñanza. En el cuadro anterior puede observarse que el proceso de enseñanza-aprendizaje está compuesto

por tres elementos fundamentales, cuya interacción se realiza en el marco del "mundo exterior", con lo que se reconoce la influencia de factores sociales, económicos, culturales y otros, que condicionan su funcionamiento. Comen-temos brevemente cada elemento del sistema.

Sistema Dirigido. El desarrollo de estructuras cognoscitivas que el alumno realiza al aprender, puede verse como el fin último del proceso de enseñanza-aprendizaje. Las actividades básicas de control se realizan mediante el monitoreo del proceso y la retroalimentación, que se ejecuta a partir de la evaluación continua del aprendizaje y permite detectar y corregir oportunamente las desviaciones y vicios que se presenten en cada etapa.

Sistema Dirigente. El profesor es quien debe conducir adecuadamente al alumno en su proceso de aprendizaje. Para hacerlo, puede apoyarse en diversos medios e instrumentos³, pero tiene que resaltarse el hecho de que, a final de cuentas, es siempre el profesor quien toma las decisiones para controlar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Los métodos de enseñanza pueden verse, entonces, como cadenas de operaciones que han demostrado experimentalmente su eficiencia, y que están a disposición del profesor para facilitar su trabajo. Puede observarse que desde la óptica que analizamos, la pedagogía de ninguna manera se concibe como la imposición de valores, acciones o modos de conducta, sino como una meditada influencia sobre el alumno, capaz de suscitar en él la actividad propia, autónoma, que lo lleve al comportamiento conciente y responsable. En términos de Landa [1977: 241] "... el fin último de la dirección pedagógica es la formación de hábitos y aptitudes para la autoconducción. Podría decirse más aún: la dirección docente es tanto mejor cuanto más rápido surge la necesidad de pasar a la autoconducción y así se hace en los hechos."

Objetivos Educativos. Los aprendizajes que se pretende que logre el alumno, constituyen el criterio fundamental que habrá de orientar al profesor cuando tome decisiones para el control y dirección del proceso de aprendizaje.

Podríamos tratar de aclarar un poco más esta esquemática descripción con una analogía: la conducción de una nave. Puede verse al aprendizaje del alumno como la nave (sistema dirigido); el profesor (sistema dirigente) sería el piloto que debe conducir al alumno, corrigiendo el rumbo cada vez que

3 Estos medios e instrumentos van desde el pizarrón y el cuaderno hasta otros más sofisticados, como serían los sistemas inteligentes de instrucción apoyada en computadoras (ICAI), que ya discutimos en capítulos anteriores.

detecte desviaciones; los objetivos de aprendizaje serían el puerto al que se debe llegar.

Finalmente, el enfoque cibernético en la pedagogía, al aplicar rigurosos métodos lógicomatemáticos al análisis del proceso de enseñanza-aprendizaje derivando de ellos propuestas metodológicas para la enseñanza, ha demostrado mayor capacidad que otras estrategias para facilitar el aprendizaje, especialmente cuando se aplica en grupos numerosos y bajo restricciones materiales bastante severas, como sería el caso en la primaria mexicana [cfr. Landa, 1977 y 1978 y Castillejo, 1987].

* *

10.1.3. EL LIBRO DEL MAESTRO

Sin embargo, aplicar estas ideas a casos reales suele representar el tránsito de las suaves praderas de la teoría al pantano de la realidad. Un profesor de primaria tiene que enseñar disciplinas de naturaleza muy diferente en un mismo curso, que van desde español hasta ecología, pasando por matemáticas, historia, ciencias naturales y otras; además tiene que hacerlo con grupos regularmente numerosos. Bajo estas condiciones, no es realista esperar que domine todas y cada una de las disciplinas con que tendrá que trabajar y que, además, conozca y sea capaz de aplicar los métodos de enseñanza más adecuados y eficaces⁴ para cada una de ellas. Es por esta razón que requiere de instrumentos que lo auxilien en su labor docente.

Parece que hoy por hoy, el instrumento que mayor utilidad ha demostrado para apoyar al profesor de primaria en la conducción del aprendizaje, es el llamado *Libro del Maestro*. En él puede precisarse toda la concepción curricular del grado en que trabajará y, en particular, sugerir los métodos de enseñanza que mayor eficiencia hayan demostrado. Este enfoque tiene una importante implicación: los métodos de enseñanza pueden ser diseñados por un equipo interdisciplinario en que colaboren expertos en la disciplina y pedagogos que dominen la metodología didáctica. De este modo podrán proponerse al maestro métodos de enseñanza validados en la práctica, y esto se hará en forma clara y concisa, indicándole qué debe hacer para enseñar cada tema y cómo puede afrontar diversas eventualidades.

4 O peor aún, que los invente, como ingenuamente propone el actual discurso oficial.

Veamos con un ejemplo que es lo queremos decir. Cuando proponemos que para enseñar el primer tema de la primera unidad podría aplicarse el siguiente método:

101. Prehistoria de la computadora

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

y el alumno debería realizar las siguientes actividades:

101. Prehistoria de la computadora

Leer textos
Discutir la lectura
Redactar conclusiones

a primera vista podría parecer fácil de realizar: el maestro comenzará por introducir el tema; después el alumno trabajará con el material de lectura; enseguida los alumnos realizarán una discusión moderada por el maestro; finalmente los alumnos redactarán sus conclusiones resaltando los aspectos esenciales del tema, bajo la orientación del maestro.

Es claro que, a final de cuentas, es necesariamente el maestro quien carga con la responsabilidad de la conducción del proceso (pues él enseña), pero ¿Es que puede esperarse que un maestro de primaria domine la prehistoria de la computación como para introducir el tema? ¿Sabrá qué ejes deben seguir los alumnos al leer el texto? ¿Conocerá cuáles son los eventos fundamentales que deben rescatar en las conclusiones? Siendo realistas, no podemos asumir que los profesores de primaria -ni siquiera la mayoría de ellos- dispongan de la formación necesaria para que podamos suponer que las interrogantes tengan respuestas afirmativas. Entonces surge una más ¿Qué hacer?

La respuesta a esta última pregunta nos lleva de regreso al Libro del Maestro. En él pueden sugerirse⁵ al maestro los mejores ejes para estudiar el texto (que se encontraría en el Libro del Alumno) sobre prehistoria de la computación;

5 Es importante notar que hablamos de **sugerir** y no de **prescribir**. Si el maestro conoce mejores métodos, siempre tendrá la libertad de aplicarlos.

también encontraría el maestro sugerencias sobre preguntas y observaciones heurísticas que podría hacer para orientar la discusión, y los eventos básicos que deberían contener las conclusiones finales. Esto es lo que se ha llamado *algoritmos* para la enseñanza [cfr. Landa, 1978]. Adicionalmente, a partir del Libro del Maestro podrían realizarse cursos de actualización sobre temáticas concretas y no sólo a partir de ideas vagas, como vemos que sucede frecuentemente.

* *

10.1.4. LOS METODOS DE ENSEÑANZA BASICOS.

Para la enseñanza de los contenidos de computación que se han propuesto, se postula que son cuatro los métodos de enseñanza más adecuados: introducir el tema, moderar la discusión, coordinar la solución de problemas y orientar las conclusiones. Precisemos en que consiste cada uno.

Introducir el tema. Se ha encontrado [Prawat, 1989] que el uso de metáforas y analogías antes de estudiar un tema, puede generar expectativas que faciliten su retención, primero, y después su integración a estructuras cognoscitivas más generales. Las metáforas o analogías que el maestro utilice deben corresponder a las características de la cultura del alumno, de modo que resulten significativas para él. Además, el maestro debe tener información acerca de las ideas y conceptos previos con que cuenta el niño, formados por nociones y conocimiento ingenuo para que, corrigiéndolos, pueda utilizarlos como *anclajes* a partir de los cuales acrecentar su estructura cognoscitiva. En la práctica docente cotidiana a esto se le ha llamado "ejes de lectura", que consisten en que el maestro no se limite a pedir al alumno simplemente que lea, sino que genere en él expectativas sobre lo que leerá, mediante sugerencias sobre aspectos en que debe centrar su atención durante la lectura. Una forma muy utilizada para introducir el tema consiste en presentar al alumno una serie de preguntas que deberá responder con la lectura⁶.

Moderar la discusión. Ya desde el capítulo anterior destacamos la importancia que tiene la discusión como una actividad de aprendizaje fundamental para que el alumno verbalice su pensamiento y logre hacerlo conciente. En este proceso, el profesor tiene la responsabilidad de asegurarse de que los alumnos cuenten con elementos sólidos antes de iniciar la discusión, para que ésta

6 Pero debe insistirse en que estas preguntas se hagan **antes** de la lectura, y no después, como se puede ver que ocurre en la mayoría de los actuales libros de texto oficiales de primaria.

resulte fructífera. Una vez iniciado el diálogo entre los alumnos, la función docente consiste en observar y sólo intervenir en caso necesario para corregir desviaciones, orientar o incentivar a los alumnos; para esto pueden utilizarse recursos tales como hacer preguntas heurísticas en el momento apropiado o proporcionar datos clave que puedan arrojar luz en la discusión.

Coordinar la solución de problemas. La realización de ejercicios es un medio privilegiado para que el niño llegue a los niveles de aplicación de principios y solución de problemas. Corresponde al profesor apoyar este proceso clarificando las condiciones que plantea el ejercicio y datos iniciales de que se dispone, impulsando al grupo cuando entre en situaciones de bloqueo y llevándolos a verificar los resultados que se hayan alcanzado.

Orientar las conclusiones. Por último, para que el alumno entre a la etapa final del proceso de aprendizaje, el maestro debe llevarlo a expresar su pensamiento por escrito mediante la redacción de conclusiones. Cuando se haya logrado esto, entonces habrá que confrontar las conclusiones del alumno para asegurarse de que contengan los elementos clave del material estudiado, y que los articule con otros conocimientos relacionados; para ello puede apoyarse en redes conceptuales que se incluyan en el Libro del Maestro. Desde el capítulo 9 se propone cuáles son los elementos de contenido en los que debe buscarse la integración del conocimiento, veamos un ejemplo:

106. Las cuatro generaciones de computadoras

- Leer textos
- Discutir la lectura
- Construir un esquema que integre los temas 101-106
- Escribir conclusiones

En este elemento de contenido se propone integrar los temas relacionados con la historia de la computadora, consecuente con ello, el método de enseñanza relativo propondrá:

101. Prehistoria de la computadora

- Introducir el tema
- Moderar la discusión
- Orientar las conclusiones sobre el tema
- Orientar conclusiones sobre los temas 206-208

Para terminar este marco conceptual, conviene insistir en un punto clave: en general, la responsabilidad básica de la función docente consiste en orientar el proceso de aprendizaje del alumno, abandonando radicalmente el papel tradicional de transmisor del conocimiento. En la pedagogía a esta estrategia educativa se le ha llamado la *escuela activa* [cfr. Piaget, 1975 y 1991]. Debe observarse, por último, que el Libro del Maestro se convierte aquí en un instrumento básico para apoyar al trabajo docente

* *

10.2. LOS METODOS DE ENSEÑANZA SUGERIDOS.

Pasemos, entonces, a analizar los pasos generales que se sugieren al profesor para enseñar cada contenido. Para ello nuevamente retomaremos la estructura básica que se definió en la sección 7.3 de este trabajo.

UNIDAD 1. DESARROLLO Y SIGNIFICADO DE LA COMPUTACION

101. Prehistoria de la computadora

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones sobre el tema
Orientar conclusiones sobre los temas 206-208

102. Las primeras máquinas calculadoras

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

103. La tejedora automática

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

104. La máquina de Babbage

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

105. Nace la ciencia de la computación

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

106. Las cuatro generaciones de computadoras

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones sobre el tema
Orientar conclusiones sobre los temas 101-106

107. La unidad central de procesamiento

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

108. Los periféricos de entrada

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

109. Los periféricos de salida

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

110. La Máquina de Turing

Introducir el tema
Moderar la discusión

Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

111. El modelo EPS (Entradas-Procesos-Salidas)

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

112. Estructura funcional de una computadora

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

113. Aplicaciones de las computadoras

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

114. Lo que no puede hacer una computadora

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

115. Los riesgos por mal uso de la computadora

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

116. Efectos benéficos y adversos de la computadora

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

117. El modelo de la "caja negra"

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

118. Procesos elementales

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

119. De los datos a la información

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

120. De la información al conocimiento

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

121. Del conocimiento a la sabiduría

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

122. El fin último de los datos

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas

Orientar las conclusiones

123. La computadora es una máquina

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

*

UNIDAD 2. LOGICA BOOLEANA

201. La noción general de proposición

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

202. Proposiciones Lógicas y proposiciones no lógicas

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

203. El problema de la decidibilidad

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

204. Decidibilidad y objetividad

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

205. Indecidibilidad y subjetividad

Introducir el tema

Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones
Orientar conclusiones sobre los temas 201-205

206. Características de las proposiciones lógicas

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

207. Construcción de tablas de verdad

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

208. Interpretación de tablas de verdad

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones
Orientar conclusiones sobre los temas 206, 207 y 208

*

UNIDAD 3. ESTRUCTURAS DE DATOS

301. La noción de estructura de datos

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

302. El concepto de pila ("stack")

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

303. Operaciones elementales sobre pilas

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

304. El concepto de cola ("queue")

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

305. Operaciones elementales sobre colas

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

306. El concepto de lista

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

307. Operaciones elementales sobre listas

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

308. El concepto de árbol

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

309. Construcción de árboles

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

310. Operaciones elementales sobre árboles

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

311. El concepto de grafo

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

312. Construcción de grafos

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

313. Operaciones elementales sobre grafos

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

•

UNIDAD 4. OPERACIONES SOBRE DATOS

401. El concepto de búsqueda de datos

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

402. Un algoritmo de búsqueda en pilas

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

403. Un algoritmo de búsqueda en colas

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

404. Un algoritmo de búsqueda en listas

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

405. Un algoritmo de búsqueda en árboles

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

406. Un algoritmo de búsqueda en grafos

Introducir el tema
Moderar la discusión

Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

407. La dificultad de buscar datos en una estructura

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

408. El concepto de ordenamiento de datos

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

409. Un algoritmo de ordenamiento sobre pilas

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

410. Un algoritmo de ordenamiento sobre colas

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

411. Un algoritmo de ordenamiento sobre listas

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

412. Un algoritmo de ordenamiento sobre árboles

Introducir el tema
Moderar la discusión

Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

413. Un algoritmo de ordenamiento sobre grafos

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

414. La dificultad de ordenar datos

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

*

UNIDAD 5. BASES DE DATOS

501. El concepto de base de datos

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

502. Diseño de campos de una base de datos

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

503. Diseño de archivos de una base de datos

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

504. Construcción de una base de datos

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

505. Ordenamiento de bases de datos sobre campos

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

506. Solución de problemas con una base de datos

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

UNIDAD 6. PROGRAMACION

601. El concepto de proceso

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

602. Procesos algorítmicos

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

603. Procesos no algorítmicos

Introducir el tema
Moderar la discusión

Orientar las conclusiones
Orientar conclusiones sobre los temas 601-603

604. El algoritmo de la suma entera

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

605. El algoritmo de la resta entera

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

606. El algoritmo de la multiplicación entera

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

607. El algoritmo de la división real

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

608. La optimización de algoritmos

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones
Orientar conclusiones sobre los temas 604-607

609. Diagramas de flujo de algoritmos

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

610. La secuencia

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

611. La estructura if-then-else

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

612. La estructura while

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

613. La estructura repeat

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

614. La estructura case

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas

Orientar las conclusiones

615. Diagramas de flujo de las estructuras de control

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones 610-615
Orientar conclusiones sobre los temas

616. Estructuras de control en procesos algorítmicos

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

617. El concepto de recursión

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

618. Un algoritmo recursivo

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

619. Traslado de diagramas de flujo a pseudocódigo

Introducir el tema
Moderar la discusión
Coordinar la solución de problemas
Orientar las conclusiones

UNIDAD 7. ROBOTICA

701. El concepto de robot

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

702. El concepto de automatización de procesos

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

703. Robótica y computación

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

704. Robótica y trabajo humano

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

705. Los beneficios de la robótica

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

706. Potencialidades de la robótica

Introducir el tema
Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

707. Efectos adversos de la robótica

Introducir el tema

Moderar la discusión
Orientar las conclusiones

* *

Definida la forma en que se sugiere enseñar cada contenido, sólo falta proponer los recursos didácticos para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto será lo que haremos en el último capítulo.

* * *
* * *

CAPITULO 11

LOS RECURSOS DIDACTICOS

Lo técnico se descubre cuando surge la necesidad de
ello.

Lecciones sobre Filosofía de la Historia Universal
G. W. F. Hegel

Terminado el análisis de los objetivos educacionales, contenidos, actividades de aprendizaje y métodos de enseñanza, en este último capítulo se abordan los recursos didácticos que habrán de apoyar el trabajo en el aula. Se discute el concepto de recursos didácticos, su función en el proceso de enseñanza-aprendizaje, el tipo más adecuado al caso que nos ocupa, los criterios para elaborarlos y los elementos básicos que deben contener; todo ello enfocado a la enseñanza de la computación en primaria. Después de este marco conceptual, se presentan los recursos didácticos que se propone desarrollar para cada elemento de contenido.

* *

11.1. MARCO CONCEPTUAL.

11.1.1. EL CONCEPTO DE RECURSO DIDACTICO.

Los recursos didácticos son reconocidos como elementos importantes para llevar a cabo la enseñanza. Sin su existencia, el profesor dispondría únicamente de su palabra para conducir al alumno hacia el aprendizaje. Por eso, en términos de Nerici [1979: 329], el material didáctico constituye "... el nexo entre las palabras y la realidad". La UNESCO [1986], por su parte, propone una definición bastante general, cuando dice que es "todo elemento o conjunto de elementos concebido con fines pedagógicos". Castañeda [1978: 104-105] agrega que proporcionan "... al alumno una experiencia indirecta de la realidad y que

implica tanto la organización del mensaje que se desea comunicar, como el equipo técnico necesario para materializar ese mensaje".

Los recursos didácticos, a los que a veces se les llama material didáctico, son, en resumen, los medios materiales con que se auxilia el maestro para facilitar el aprendizaje del alumno, ofreciendo a éste la posibilidad de percibir sensorialmente, manipular o interactuar de cualquier forma con los contenidos curriculares, ya sea mediante imágenes, modelos o aplicaciones del lenguaje.

Cuando se trata de introducir contenidos novedosos, como es el caso de la computación en primaria, los recursos didácticos permiten al maestro un apoyo muy importante para su tarea de dirección del proceso de enseñanza-aprendizaje. Dentro del campo del currículum, sin embargo, tienen sólo un carácter complementario y auxiliar, y por ello rara vez se les incluye en una propuesta curricular. Pero ésta quizá sea una omisión inaceptable, al menos en el contexto de la educación básica, pues aquí los recursos didácticos suelen resultar determinantes para que el maestro logre precisar sus ideas, comunicarlas con claridad y motivar al alumno, facilitando así su aprendizaje.

* *

11.1.2. TIPOS DE RECURSOS DIDACTICOS.

Bruner [1988: 45-71] distingue tres sistemas de procesamiento de información, mediante los cuales los seres humanos construyen modelos de la realidad (*piensan*, podría decirse): los sistemas enactivos, los sistemas icónicos y los sistemas lingüísticos.

Los **sistemas enactivos** son aquellos que ponen al niño en contacto con su medio mediante la manipulación directa. Aunque, como ocurre con los icónicos y lingüísticos, son usados en cualquier edad, el aprendizaje enactivo predomina en los primeros estadios del desarrollo. Podría decirse que los niños pequeños "piensan manipulando". Por esta razón los recursos didácticos más utilizados en la etapa preescolar son aquellos que estimulan la psicomotricidad: bloques, piezas para armar, juguetes, material recortable, etc.

Los **sistemas icónicos** descansan en el manejo de imágenes, desde los tipos más concretos (como las ilustraciones de los libros para aprender a leer), hasta los más abstractos (como los diagramas de flujo o los modelos gráficos); pueden ser estáticos (como en el material impreso) o dinámicos (como en los audiovisuales o sistemas computarizados). Los recursos didácticos que aplican sistemas icónicos se emplean en toda la educación, desde preescolar hasta el

fin de la educación superior. El niño de primaria tiene una enorme facilidad para "pensar en imágenes".

Los **sistemas lingüísticos**, como su nombre lo indica, tienen al lenguaje como base. Cuando el maestro expone una clase, recurre a este tipo de sistema. El lingüístico es el tipo de pensamiento más formal y, en sentido estricto, comienza a dominarse a finales de la primaria, cuando el alumno entra al estadio de operaciones formales aunque, por supuesto, debe practicarse desde los primeros años de vida [cf. Vygotsky: 1986, *passim*]. Por extraño que suene, al niño de primaria le resulta más fácil y atractivo pensar a partir del lenguaje escrito que del lenguaje hablado; prefiere leer libros por supuesto, adecuados a sus intereses y necesidades que escuchar discursos explicativos.

De estos tres tipos, sólo el lingüístico está siempre al alcance del maestro, pero no en todos los casos de la mejor manera, pues al no disponer más que del lenguaje oral, las posibilidades comunicativas se ven limitadas y afectadas por múltiples factores, que van desde su capacidad de expresión, hasta el estado de ánimo en que se encuentre. El texto escrito, en cambio, tiene mucha mayor objetividad y eficacia comunicativa. Respecto a los medios que facilitan los pensamientos enactivo e icónico, rara vez puede el maestro producirlos a voluntad. Es entonces cuando los recursos didácticos se convierten en auxiliares imprescindibles.

A partir de este breve análisis de la forma en que piensa el niño de primaria, podríamos preguntarnos ¿Cuál es el tipo de material didáctico más adecuado para apoyar el aprendizaje de la computación en primaria? La respuesta que comúnmente se ha dado a esta cuestión es: la computadora y sus múltiples programas para niños. Nosotros pensamos diferente. Desde el enfoque curricular que hemos propuesto en este trabajo, el material didáctico impreso ofrece mayores ventajas que la computadora misma para aprender computación. Las razones son varias.

En primer lugar están sus características intrínsecas. El material didáctico impreso es altamente versátil. Con las modernas técnicas de impresión puede registrarse casi cualquier tipo de información. Permite, además, que el alumno profundice en su estudio sin presiones de tiempo o lugar, pues está disponible cuando y donde se le necesite, lo que, en términos realistas, no ocurre con una computadora. El material impreso puede ser usado una y otra vez, cada que el niño lo desee.

Un segundo aspecto que debe considerarse, y que resulta especialmente importante cuando se trata de contenidos que apuntan a formar el pensamiento lógico, es que la construcción del material didáctico impreso puede (y debería)

sustentarse en estudios y análisis rigurosos que lo hagan adecuado al niño, de modo que lo apoye a formar un pensamiento claro y riguroso desde el principio, con lo cual se lograrán efectos perdurables sobre su aprendizaje.

Desde el enfoque de la comunicación, un cuidadoso diseño permite que los mensajes impresos sufran mucho menos deformaciones por parte del emisor que en otros medios. Esto le da un carácter muy superior en objetividad al que pueden tener otros medios, como los audiovisuales. De esta forma, el maestro puede liberarse de la fatigosa carga que representa la exposición de temas día tras día, y en su lugar destinar mayor tiempo a orientar al alumno para que trabaje en forma individual y grupal con el material didáctico. Así podrá dedicar más tiempo a la enseñanza efectiva, lo que la investigación educativa ha localizado como uno de los factores determinantes del éxito del alumno en el proceso de aprendizaje [cfr. Haertel, 1983].

Pero en tercer lugar está el costo, lo que para fines prácticos resulta definitivo. Se ha insistido en capítulos anteriores que la suposición de que podríamos dotar de computadoras a todas nuestras escuelas primarias, actualmente resulta solo una ilusión, al menos por criterios económicos. En cambio, el costo de producción del material didáctico impreso es mucho más bajo que el de cualquier otro tipo de recursos didácticos, especialmente cuando los tirajes son tan grandes como ocurre con los textos de primaria. Los gastos de mantenimiento, por otro lado, son prácticamente nulos, y los de distribución mucho más bajos que casi cualquier otro recurso didáctico.

En resumen, el material didáctico impreso es el recurso didáctico más adecuado para la enseñanza de la computación en primaria. La importancia del material didáctico impreso, por cierto, no es un descubrimiento, se planteó desde los Congresos Pedagógicos realizados a finales del porfiriato, y se ha venido comprobando en los últimos treinta años con el libro de texto gratuito, un logro que distingue a México en el mundo entero. De este principio partiremos en la propuesta que se hace al final de este capítulo.

* *

11.1.4. CRITERIOS PARA ELABORAR RECURSOS DIDACTICOS ESCRITOS.

En ocasión del Año Internacional del Niño celebrado en 1979 por la UNESCO, Pellowsky [1980] publicó un estudio que analiza la problemática que afrontan los libros para niños en los países en desarrollo. Recuperaremos de esta fuente los elementos e ideas aplicables a México y a la enseñanza de la computación.

En principio, el material didáctico mal elaborado afecta fuertemente al aprendizaje. Rousseau prefería no dar libros a los niños en lugar de exponerlos a una literatura pobre y llena de prácticas oscurantistas y moralizantes. Para evitar esto, la redacción de textos debe ser producto del trabajo interdisciplinario entre expertos que definirán el contenido, por un lado, y por el otro especialistas en letras, quienes se encargarán de la redacción clara y correcta, no olvidando que con el estudio de textos el niño no sólo aprende computación, en nuestro caso también *aprende a leer*.

Pero no sólo la calidad literaria debe cuidarse. Los materiales con tipografía deficiente (por ejemplo, cuando la letra 'a' se confunde con la 'o', o bien la 'l' con la 'i'), resultan un serio obstáculo para un niño que está aprendiendo a leer. Libros con una impresión borrosa, manchados o con defectos similares, producen rápidamente fatiga y desinterés en la lectura. La presentación misma, desde la portada hasta la última página, debe tener un impacto visual inmediato, capaz de atraer al niño por sí mismo, sin necesidad de imposiciones.

Cuestión similar ocurre con las gráficas, modelos y cualquier tipo de ilustraciones que acompañan y complementan el texto. Su elaboración debe ser cuidada en extremo para que resulten claras y atractivas al mismo tiempo. En este caso deben participar especialistas en diseño gráfico.

Los ejercicios constituyen una parte fundamental del material didáctico impreso, pues ayudan al niño a comprobar su aprendizaje y lo habitúan al estudio activo. En este caso debe tenerse cuidado de que los ejercicios no estén mal contruidos ni presenten respuestas oscuras o incorrectas, porque esto provoca confusión e inseguridad en el niño (y no pocas veces, también en el maestro).

En función de estos criterios, en la próxima sección resumiremos los elementos que conviene incluir como recursos didácticos escritos para la enseñanza de la computación en la primaria.

* *

11.1.5. ELEMENTOS DE LOS RECURSOS DIDACTICOS ESCRITOS.

Ahora podemos ver los elementos fundamentales que proponemos para formar los recursos didácticos para la enseñanza de la computación.

Texto: Este es el elemento central de todo libro para niños. Conviene insistir en que los textos permiten, en forma simultánea, aprender los contenidos y aprender a leer; ayudan, además, a desarrollar el hábito de la lectura.

Ilustraciones. El libro debe ser rico en ilustraciones alusivas al contenido. Estas no sólo complementan el texto, además lo hacen más atractivo y facilitan su comprensión, ya que como vimos arriba, alcanzan directamente al pensamiento icónico, que es la forma dominante en el niño de primaria.

Modelos. Los modelos deben usarse cuantas veces sea posible, pues la investigación ha encontrado que tienen un enorme efecto facilitador en el niño que está formando sus estructuras cognoscitivas, especialmente cuando carece de conocimiento previo de los contenidos, como ocurre en general con el niño de primaria [cfr. Mayer, 1989]. Pero debe cuidarse que los modelos sean diseñados de modo que incluyan únicamente los elementos más relevantes del objeto de estudio, y que éstos se relacionen entre sí en forma clara y concreta.

Gráficas cronológicas. La representación gráfica de cadenas cronológicas de eventos pueden constituir firmes anclajes para la comprensión del desarrollo histórico de algún fenómeno, presentando al niño de manera clara y concisa una serie ordenada de eventos clave, que puede servirle de apoyo a la discusión y redacción de conclusiones.

Cuadros sinópticos. Después de presentar textos, conviene incluir cuadros sinópticos capaces de resumir en poco espacio los elementos esenciales del contenido, lo que constituye también anclajes en los cuales apoyar la discusión y conclusiones. En realidad los cuadros sinópticos constituyen una forma refinada de gráfica textual, que resume la estructura lógica del tema.

Autoevaluación. Al final del tratamiento de un elemento de contenido deben incluirse ejercicios que permitan al alumno, individualmente o en grupo, autoevaluar su aprendizaje, detectar errores y corregirlos.

* *

11.2. LOS RECURSOS DIDACTICOS PROPUESTOS.

Podemos ahora proceder a plantear los recursos didácticos que se proponen para cada elemento de contenido.

UNIDAD 1. DESARROLLO Y SIGNIFICADO DE LA COMPUTACION

101. Prehistoria de la computadora

Texto
Ilustraciones
Gráfica cronológica que resuma el tema
Cuadro sinóptico que resuma el tema
Autoevaluación

102. Las primeras máquinas calculadoras

Texto
Ilustraciones
Gráfica cronológica que resuma el tema
Cuadro sinóptico que resuma el tema
Autoevaluación

103. La tejedora automática

Texto
Ilustraciones
Gráfica cronológica que resuma el tema
Cuadro sinóptico que resuma el tema
Autoevaluación

104. La máquina de Babbage

Texto
Ilustraciones
Gráfica cronológica que resuma el tema
Cuadro sinóptico que resuma el tema
Autoevaluación

105. Nace la ciencia de la computación

Texto
Ilustraciones
Gráfica cronológica que resuma el tema
Cuadro sinóptico que resuma el tema

Autoevaluación

106. Las cuatro generaciones de computadoras

Texto
Ilustraciones
Gráfica cronológica que resume el tema
Cuadro sinóptico que resume el tema
Gráfica cronológica que resume los temas 101-106
Cuadro sinóptico que resume los temas 101-106
Autoevaluación

107. La unidad central de procesamiento

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

108. Los periféricos de entrada

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

109. Los periféricos de salida

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

110. La Máquina de Turing

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

111. El modelo EPS (Entradas-Procesos-Salidas)

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

112. Estructura funcional de una computadora

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

113. Aplicaciones de las computadoras

Texto
Ilustraciones
Cuadro sinóptico que resume el tema
Autoevaluación

114. Lo que no puede hacer una computadora

Texto
Ilustraciones
Cuadro sinóptico que resume el tema
Autoevaluación

115. Los riesgos por mal uso de la computadora

Texto
Ilustraciones
Cuadro sinóptico que resume el tema
Autoevaluación

116. Efectos benéficos y adversos de la computadora

Texto
Ilustraciones
Cuadro sinóptico que resume el tema

Autoevaluación

117. El modelo de la "caja negra"

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

118. Procesos elementales

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

119. De los datos a la información

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

120. De la información al conocimiento

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

121. Del conocimiento a la sabiduría

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

122. El fin último de los datos

Texto
Ilustraciones
Cuadro sinóptico que resume los temas 119-122
Autoevaluación

123. La computadora es una máquina

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

*

UNIDAD 2. LOGICA BOOLEANA

201. La noción general de proposición

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

202. Proposiciones Lógicas y proposiciones no lógicas

Texto
Ilustraciones
Cuadro sinóptico
Autoevaluación

203. El problema de la decidibilidad

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

204. Decidibilidad y objetividad

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

205. Indecidibilidad y subjetividad

Texto
Ilustraciones
Modelo

Cuadro sinóptico que resume los temas 201-205
Autoevaluación

206. Características de las proposiciones lógicas

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

207. Construcción de tablas de verdad

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

208. Interpretación de tablas de verdad

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

*

UNIDAD 3. ESTRUCTURAS DE DATOS

301. La noción de estructura de datos

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

302. El concepto de pila ("stack")

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

303. Operaciones elementales sobre pilas

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

304. El concepto de cola ("queue")

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

305. Operaciones elementales sobre colas

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

306. El concepto de lista

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

307. Operaciones elementales sobre listas

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

308. El concepto de árbol

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

309. Construcción de árboles

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

310. Operaciones elementales sobre árboles

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

311. El concepto de grafo

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

312. Construcción de grafos

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

313. Operaciones elementales sobre grafos

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

UNIDAD 4. OPERACIONES SOBRE DATOS***401. El concepto de búsqueda de datos***

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

402. Un algoritmo de búsqueda en pilas

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

403. Un algoritmo de búsqueda en colas

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

404. Un algoritmo de búsqueda en listas

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

405. Un algoritmo de búsqueda en árboles

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

406. Un algoritmo de búsqueda en grafos

Texto
Ilustraciones
Modelo

Autoevaluación

407. La dificultad de buscar datos en una estructura

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

408. El concepto de ordenamiento de datos

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

409. Un algoritmo de ordenamiento sobre pilas

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

410. Un algoritmo de ordenamiento sobre colas

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

411. Un algoritmo de ordenamiento sobre listas

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

412. Un algoritmo de ordenamiento sobre árboles

Texto
Ilustraciones
Modelo

Autoevaluación

413. Un algoritmo de ordenamiento sobre grafos

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

414. La dificultad de ordenar datos

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

UNIDAD 5. BASES DE DATOS

501. El concepto de base de datos

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

502. Diseño de campos de una base de datos

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

503. Diseño de archivos de una base de datos

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

504. Construcción de una base de datos

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

505. Ordenamiento de bases de datos sobre campos

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

506. Solución de problemas con una base de datos

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

*

UNIDAD 6. PROGRAMACION

601. El concepto de proceso

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

602. Procesos algorítmicos

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

603. Procesos no algorítmicos

Texto
Ilustraciones
Cuadro sinóptico que resume los temas 601-603

Autoevaluación

604. El algoritmo de la suma entera

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

605. El algoritmo de la resta entera

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

606. El algoritmo de la multiplicación entera

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

607. El algoritmo de la división real

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

608. La optimización de algoritmos

Texto
Ilustraciones
Cuadro sinóptico que resume los temas 604-607
Autoevaluación

609. Diagramas de flujo de algoritmos

Texto
Ilustraciones

Modelo
Autoevaluación

610. La secuencia

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

611. La estructura if-then-else

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

612. La estructura while

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

613. La estructura repeat

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

614. La estructura case

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

615. Diagramas de flujo de las estructuras de control

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

616. Estructuras de control en procesos algorítmicos

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

617. El concepto de recursión

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

618. Un algoritmo recursivo

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

619. Traslado de diagramas de flujo a pseudocódigo

Texto
Ilustraciones
Modelo
Autoevaluación

UNIDAD 7. ROBOTICA

701. El concepto de robot

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

702. El concepto de automatización de procesos

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

703. Robótica y computación

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

704. Robótica y trabajo humano

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

705. Los beneficios de la robótica

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

706. Potencialidades de la robótica

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

707. Efectos adversos de la robótica

Texto
Ilustraciones
Autoevaluación

* *

Y con esta definición de los recursos didácticos, terminamos la propuesta curricular.

* * *
* * *

CONCLUSIONES

En fin, no se pueden precipitar las cosas. Para conseguir un éxito de este género, es preciso tener todas las mañanas la misma dosis del más raro y, en apariencia, el más fácil de los ánimos, el ánimo del profesor que repite sin cesar las mismas cosas, un heroísmo mal recompensado.

**El Médico de Aldea
Honoré de Balzac**

La computación es una tecnología que en menos de cinco décadas ha servido de base para transformar profundamente la forma de vida y la ideología de la humanidad en su conjunto. Muy pocos inventos han logrado esto. En este trabajo se ha discutido la necesidad de incorporarla al curriculum de la primaria como un medio efectivo para complementar la formación básica del nuevo mexicano y coadyuvar a prepararlo para vivir en el tercer milenio. Para concluir, resumiremos los aspectos que nos parecen de mayor relevancia en la estrategia curricular que se propuso para lograr este fin e intentaremos una prospección de los problemas fundamentales que supondría su eventual instrumentación.

*

1

El enfoque que adoptamos ha sido predominantemente cognoscitivista y constructivista, porque este enfoque ha aportado explicaciones del desarrollo del pensamiento en la infancia que se adaptan en forma particularmente clara a la etapa que vive el alumno de primaria. Por una parte, el conocimiento de las posibilidades de aprendizaje del niño y de la forma en que construye sus estructuras cognoscitivas, permite diseñar el curriculum con sólidos fundamentos teóricos, desde la definición misma de los objetivos que precisen los apren-

dizajes a lograr, pasando por la selección y organización de contenidos, selección de experiencias de aprendizaje y métodos de enseñanza, hasta la propuesta de los recursos didácticos que apoyarán la realización del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Por otra parte, el aprendizaje de la computación, como aquí se le ha concebido, es un fenómeno esencialmente cognoscitivo¹. Este hecho se ha reconocido desde hace tiempo; incluso, como vimos, existen vertientes cognoscitivas, conocidas genéricamente como la *teoría del procesamiento de información*, que estudian la adquisición de conocimientos a partir de analogías con la forma en que opera una computadora. En este sentido, la aplicación de los postulados cognoscitivistas al análisis del aprendizaje de la computación, no sólo resulta directa, sino también obvia.

El enfoque cognoscitivista-constructivista lo complementamos con las propuestas del análisis estructural educativo, que ofrece una serie de recursos técnicos para apoyar el diseño curricular, especialmente en su fase de organización lógica y psicológica de los contenidos.

También recurrimos al enfoque cibernético de la pedagogía, que al concebir a la docencia como un proceso de dirección, ha logrado aportar importantes elementos para que el maestro pueda adecuar su trabajo a las necesidades de aprendizaje del alumno, dotándolo con algoritmos que constituyen eficaces herramientas de trabajo. Esto puede resultar decisivo para un caso como el de la educación mexicana, que está obligada a dar en unos cuantos años un salto que a otras sociedades les ha tomado siglos. Hoy tenemos millones de niños sin escuela, y mucho de los que tienen acceso a ella deben ser atendidos por maestros deficientemente preparados y peor pagados. La tecnología educativa, como aquí se le ha concebido, puede ayudar a resolver esta contradicción.

Conviene observar que no desechamos otros enfoques teóricos que explican el aprendizaje. Reconocemos la importancia de las aportaciones que han hecho vertientes como la psicodinámica, la gestaltista y la conductista, pero postulamos que su aplicación sería bastante menos directa al caso que nos ocupa.

No sin recelo, la pedagogía se ha acercado en los últimos años a los desarrollos tecnológicos que ciencias como la psicología, la comunicación y, últimamente,

1 Basta revisar los objetivos educacionales propuestos en el capítulo 6, para apreciar que el dominio cognoscitivo predomina ampliamente sobre los otros dos.

la cibernética han puesto a su disposición para mejorar la docencia y transformarla de un arte empírico a un arte científico.

Al partir de la premisa de que todos los elementos que conforman el sistema educativo -entre ellos, destacadamente, el curriculum- se encuentran íntimamente relacionados y cumplen una función que a largo plazo resulta indispensable para su propia supervivencia, y para la de la sociedad en su conjunto, hemos asumido concientemente una postura que claramente se ubica dentro del funcionalismo, y que utiliza la tecnología educativa como herramienta principal. Esperamos que la lectura de este trabajo pueda mostrar que tal postura resulta completamente congruente con un claro y decidido humanismo. Al postular la forma en que debe enseñarse la computación, hemos tratado de colocar en todo momento al ser humano como el valor supremo... lo que no excluye nuestra preocupación por la eficiencia.

2

La estrategia que hemos propuesto en la primaria no supone realizar cambios radicales en el curriculum. No se trata de crear una nueva asignatura. De hecho rechazamos la idea de crear una asignatura sobre computación. Esto supondría dividir el conocimiento en diversas disciplinas, y el niño de primaria aún no dispone de estructuras cognoscitivas suficientemente maduras que le permitan abordar el conocimiento en forma de compartimentos. Por el contrario, pensamos que la escuela primaria debe esforzarse en facilitarle el desarrollo de una concepción holística, que integre las aparentemente separadas áreas del conocimiento. En este sentido, contra lo que opina actualmente el discurso educativo oficial, rechazamos la reintroducción en la primaria de un curriculum por asignaturas, y postulamos en cambio la conveniencia de mantener el curriculum por áreas.

Integrar conocimientos de computación a otras áreas nos parece la mejor manera de llevar al niño, efectivamente, a una formación armónica que globalice el conocimiento, lejos de parcelarlo en asignaturas. No hay duda de que tal integración es factible. En el área de matemáticas quedarían claramente ubicados los contenidos relacionados con lógica; en la de ciencias sociales los contenidos relacionados con la historia y efectos sociales de la computación; los de estructuras de datos, algoritmos y programas, podrían integrarse a todas las áreas, desde lenguaje hasta matemáticas.

La diferenciación de áreas del conocimiento -que es, por otro lado, siempre relativa- pensamos que debería dejarse, al menos, para el nivel medio superior, cuando el sujeto finalmente debe haber culminado su desarrollo cognoscitivo.

3

La educación primaria es una educación básica en dos sentidos fundamentales. En primer lugar, y ante todo, debe dotar al niño de aquellos aprendizajes que le sirvan de base para desarrollar sus potencialidades por el resto de su vida, ya sea que siga o no estudiando. No olvidemos que una muy alta proporción de la población mexicana, hoy por hoy, ni siquiera concluye la primaria, mucho menos continúa estudios superiores. En segundo lugar, debe colocar los fundamentos para que aquellos alumnos que continúen estudios de secundaria, o superiores, puedan profundizar en el conocimiento. A esto es a lo que se ha llamado *curriculum en espiral*.

La propuesta que hicimos es congruente con ambas funciones. Proporcionará a aquellos alumnos que terminen la primaria y abandonen el sistema educativo un conocimiento básico de la tecnología computacional -con la que tendrá que enfrentarse en múltiples formas- que les permita acercarse a ella sin actitudes supersticiosas (hoy tan frecuentes incluso en personas con educación superior) y aprovechar al menos sus beneficios más socializados. Además le permitirá desarrollar esquemas de pensamiento lógico y racional, que sin duda le serán útiles en su vida diaria para los más diversos fines prácticos. En el caso de que siga estudiando, el curriculum propuesto le proporcionará una sólida base para ampliar y profundizar el estudio de la computación en estudios posteriores.

4

La primaria mexicana ha crecido notablemente en las últimas décadas y, esperamos que en poco tiempo, habrá de alcanzar una cobertura universal. Para que sea socialmente válida una propuesta curricular que la afecte, deberá resultar posible aplicarla en *todas las escuelas*. También se cuidó la viabilidad en la propuesta que hemos hecho.

Los recursos docentes con que actualmente cuenta el país pueden, con una mínima capacitación, implantar la enseñanza de la computación y conducir al

niño a alcanzar los objetivos planteados. El desarrollo de los recursos didácticos necesarios no requiere de ampliar drásticamente la infraestructura existente; basta con introducir adecuaciones a los actuales libros de texto para el alumno y a los libros del maestro.

En consecuencia, en el aspecto económico no se requeriría de grandes inversiones. De hecho, planteamos que aprovechando adecuadamente los recursos con que cuenta actualmente el sistema educativo nacional, la inversión necesaria para implementar la propuesta curricular sería realmente simbólica.

5

Los primeros intentos por introducir la enseñanza de la computación en el nivel de primaria se realizaron en la primera mitad de los años 80s. Entonces la estrategia aplicada fue la más directa, la más ingenua y, según vimos en este trabajo, no la más eficaz. Consistió simplemente en colocar máquinas en las escuelas y poner a los niños de los últimos grados a trabajar con ellas. ¿A trabajar en qué? En una confusa mezcla de programación informal y reforzamiento del aprendizaje mediante sistemas de enseñanza asistida por computadora. Pero no sólo no se le enseñaba programación propiamente dicha -que, por cierto no es la mejor forma de usar las computadoras actuales-, lo realmente grave es que *no se les enseñaba computación*.

En una frenética práctica por la práctica misma ("los niños ya trabajan con la computadora", se decía, y desgraciadamente a veces aún se dice) no se trataba de enseñar los fundamentos de la computación. Con una actitud ciertamente supersticiosa, parecía partirse del principio de que si un niño trabajaba con una computadora directamente, de algún modo estaba aprendiendo computación. Al revisar las propuestas que se hicieron en México por renombradas instituciones para introducir la computación en la primaria, pudimos darnos cuenta de que proyectos costosísimos, casi faraónicos para un país que no ha logrado aún abatir el analfabetismo, carecían absolutamente de los mínimos criterios pedagógicos y curriculares; lo que se intentaba era dotar de computadoras a *todas las escuelas* (cuando muchas de ellas carecen del más elemental mobiliario) y hacer que los niños desfilaran frente a ellas para practicar... aunque sólo fuera un poco. Como es obvio, esto no ocurrió. La introducción de máquinas en el nivel de primaria se limitó a algunas escuelas particulares, y fue casi siempre en número insuficiente para que pudieran realmente trabajar todos los alumnos. Por supuesto, en muy raros casos se dotó de algunas máquinas a escuelas públicas.

Pero lo que más interesa aquí es el aspecto pedagógico de la idea de introducir computadoras para que el alumno de primaria trabaje con ellas. Realmente lo que se pretendía no era lograr que el alumno apropiara la tecnología desde sus fundamentos, se proponía mostrarle la computadora como algo acabado.

Nuestra propuesta reorienta radicalmente la enseñanza de la computación hacia este último propósito. Se trata de que el privilegiado y único momento del desarrollo en que se encuentra el alumno durante la primaria sea aprovechado para que construya una concepción de la computadora desde sus más profundas raíces. Se pretende que el niño comprenda el fenómeno de la computación y lo analice críticamente desde los ángulos científico, técnico, económico y social. Para esto no es indispensable que la escuela disponga de máquinas y el niño trabaje con ellas. Esto puede dejarse para la secundaria.

6

Poner a funcionar una propuesta curricular implica pasar del mundo de las ideas al mundo de la realidad. Sin embargo, en nuestro caso esto no representa grandes dificultades; de hecho, desde el principio precisamos que nos interesaba desarrollar una propuesta viable. Es fácil prever los problemas que implicaría instrumentar esta propuesta. Hagámoslo.

Por las grandes inversiones que requieren, el material didáctico y el equipamiento suelen ser los problemas principales para instrumentar un currículum, pero en nuestro caso esto no ocurre. El material didáctico necesario ya existe: lo constituyen los libros de texto gratuito y los libros para el maestro; sólo habrá que adecuarlos conforme lo que aquí se propuso. Tampoco se requieren instalaciones físicas ni equipamiento escolar, pues la propuesta no requiere la existencia de equipo de cómputo.

Por esta razón, desde la introducción (ver fig. 1) se planteó que son tres los problemas centrales para instrumentar esta propuesta: la evaluación del aprendizaje, la capacitación de profesores y la evaluación curricular. Analicemos brevemente cada uno.

Se requiere un sistema de evaluación del aprendizaje que permita al profesor conocer sistemáticamente la forma en que el alumno va logrando los objetivos. Realmente, una de las grandes carencias de la educación primaria (y también de otros niveles), es la falta de sistemas de evaluación del aprendizaje capaces de facilitar al maestro la evaluación de los grandes grupos de alumnos con que normalmente tiene que trabajar. Al respecto cabe comentar que en el Estado

de México se desarrolla, desde hace varios años, un proyecto conocido como "Sistema de Evaluación del Aprendizaje en Primaria" [ver López, 1989]; este sistema, apoyándose en la computadora, tiene como propósito eliminar todo el trabajo rutinario y pesado, y permitir al maestro atender los aspectos verdaderamente centrales de la evaluación, como son el análisis caso por caso, la detección de deficiencias en el proceso de enseñanza-aprendizaje y la aplicación de programas de remedio. En cualquier caso, la propuesta contempla integrar la computación al curriculum en su conjunto, por lo que la evaluación del aprendizaje se integraría igualmente a los procedimientos generales que aplica el maestro.

Respecto a la capacitación de profesores, la propuesta presentada no requiere de especialistas en computación. Todos los contenidos a enseñar se pueden dominar mediante cursos de capacitación docente muy específicos, que podrían incluirse en las llamadas *jornadas psicopedagógicas* que los maestros en ejercicio realizan anualmente para su actualización. También sería muy útil incluir temas sobre didáctica de la computación desde la escuela normal, para que los futuros maestros tuvieran esta disciplina dentro de su formación profesional. En cualquier caso, habría que cuidar que los instructores tuvieran conocimientos de computación, por supuesto, pero sobre todo de *didáctica de la computación*.

Para diseñar un sistema de evaluación curricular lo que parece más adecuado es integrar academias o asociaciones dedicadas a la enseñanza de la computación en primaria (mismas que, eventualmente, podrían atender otros niveles educativos). Asociaciones de este tipo se encargarían de supervisar la forma en que se aplica el curriculum, los resultados que se obtienen y los cambios que conviene introducir. Detectarían también los avances que se producen en el campo de la computación y procederían a actualizar el curriculum, evitando con ello su obsolescencia. Pensamos que estas asociaciones deben ser apoyadas por la Secretaría de Educación Pública, pero no depender de ella; convendría que tuvieran autonomía académica.

7

Por su novedad y por la falta de experiencia que esto implica, la introducción de contenidos curriculares de computación a la primaria puede presentar dificultades imprevistas. Por esta razón se plantea la conveniencia de realizar una prueba experimental para disponer de elementos de juicio empíricos, que permitan ajustar y depurar la propuesta e, incluso, evaluar su conveniencia, antes

de ponerla a funcionar formalmente. En seguida se bosquejan las características fundamentales que debería tener tal prueba.

La Muestra. El primer punto a considerar es el diseño de la muestra en que se realizaría el experimento. Es enorme la diversidad de condiciones que privan en el sistema educativo de nuestro país; en él coexisten subsistemas bastante desarrollados junto a otros notablemente atrasados. Por ello, para nuestros fines, se requiere una muestra intencional que contemple tal diversidad. Un indicador comprensivo y estable del nivel de desarrollo educativo de cada entidad federativa es el número de años de escolaridad per cápita de la población. Castrejón [1992: 32-49] ha estudiado el problema y presenta este indicador para cada una de las 32 entidades. Lo utilizaremos aquí.

Ordenando las entidades de menor a mayor conforme a su escolaridad per capita, y ubicando los cuartiles², tenemos:

FIG. C.1.			
AÑOS DE ESCOLARIDAD PER CAPITA POR ENTIDAD FEDERATIVA 1980			
CUARTIL 1	CUARTIL 2	CUARTIL 3	CUARTIL 4
1.7 Chiapas	3.1 Veracruz	3.6 SL. Potosí	4.8 BC Sur
2.7 Oaxaca	3.1 México	3.7 Nayarit	5.0 Michoacán
2.7 Tabasco	3.1 Guanaj.	3.7 Chihuahua	5.1 Coahuila
2.7 Guerrero	3.1 Querétaro	3.7 Colima	5.7 Puebla
2.8 Jalisco	3.2 Sinaloa	3.8 Aguascal.	7.0 BC Norte
2.9 Yucatán	3.3 Campeche	3.9 Tlaxcala	7.1 N. León
3.0 Hidalgo	3.5 Morelos	4.3 Tamaulip.	7.9 D.F.
3.0 Q. Roo	3.6 Zacatecas	4.7 Durango	8.0 Sonora
Nota: A la izquierda del nombre de cada entidad se presenta su escolaridad per capita, aproximada a un dígito decimal			
Fuente: Castrejón [1992: 45]			

2 Se utilizan cuartiles porque 4 es submúltiplo de 32. De este modo, cada cuartil contendrá un número entero de entidades: 8. Además permite seleccionar rachas a distancias Regulares.

A partir de esta tabla e identificando las rachas, se definen como elementos muestrales las 16 entidades marcadas en negritas. Un segundo criterio sería el contexto en que funcionan las escuelas, por lo que de cada entidad se tomaría una urbana y otra rural. Así, la muestra de estudio quedaría compuesta por 32 escuelas. Los planteles específicos que participarían en la prueba experimental serían seleccionadas por los consejos de educación de cada entidad, de modo que representen la tendencia central y resulten típicas.

Los contenidos. Ahora debemos considerar un segundo problema: si se pretendiera incluir todos los contenidos propuestos, dadas las relaciones de prelación definidas en el capítulo 8, serían necesarios seis años para realizar la prueba experimental, pues el alumno no podría estudiar los contenidos de 6º grado sin haber cursado previamente los de los grados anteriores; por ejemplo, para que en sexto grado se estudie lógica booleana se requiere haber cursado sus antecedentes de 3º, 4º y 5º (véase fig. 8.16). Sin embargo, proponer un experimento con duración de un sexenio simplemente eliminaría su viabilidad. En consecuencia, se propone incluir únicamente aquellos contenidos que puedan estudiarse sin antecedentes y que, además, involucren mayores dificultades cognoscitivas para su aprendizaje. De este modo el experimento requeriría de sólo un ciclo escolar.

Estos contenidos pueden distribuirse en 2º, 4º y 6º. Por tanto, concluimos que se trabajaría con 96 grupos (3 por 32 escuelas).

Recursos didácticos. En este trabajo se propusieron el Libro del Maestro y el Libro de Texto como recursos didácticos básicos, pero es claro que no se dispondría de ellos hasta la implantación definitiva de la propuesta curricular. En este caso la solución podría ser la elaboración de *cartillas* como las que propone Pellowski [1980], unas para el alumno y otras para el maestro, por cada grado.

Considerando un promedio de 45 alumnos por grupo, la prueba experimental involucraría 4,140 alumnos. Este dato permite estimar el volumen de recursos didácticos que se necesitarían para realizar la prueba experimental.

Profesores. Se requerirían 96 profesores, 32 de cada grado. el número es tan reducido que podrían reunirse para trabajar en un solo lugar en su capacitación.

Posteriormente los profesores participantes en el experimento podrían convertirse en multiplicadores durante el proceso de capacitación para la implantación formal.

Programa Cronograma. Con estos criterios, pueden identificarse 6 etapas en una metodología para realizar la prueba experimental. Enseguida se presentan, con su duración en meses.

FIG. C.2. CRONOGRAMA PARA UNA PRUEBA EXPERIMENTAL

ACTIVIDAD	MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6
SELECCION DE ESCUELAS		□															
ELABORACION DE CARTILLAS		□	□														
CAPACITACION DE PROFESORES			□	□													
DESARROLLO DEL CURSO					□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□		
EVALUACION DEL APRENDIZAJE					□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
EVALUACION DE LA DOCENCIA					□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	

Resumiendo, la selección de las 32 escuelas participantes en la prueba piloto se realizaría por los consejos estatales de educación, bajo la coordinación de la SUP. De cada escuela se tomarían 3 grupos de los grados pares, por lo que la muestra se compondría de 96 grupos. Las cartillas se elaborarían con los criterios técnicos planteados en este trabajo y se seleccionarían aquellos contenidos que no exijan prerequisites. También con los criterios aquí definidos y con las cartillas, se capacitaría a los profesores participantes, reuniéndolos en un solo lugar. Durante el desarrollo del curso se evaluaría el aprendizaje en forma continua y al final en forma sumaria. El desempeño docente se evaluaría mediante observación controlada de campo, cuestionarios y entrevista.

8

Para terminar analicemos las implicaciones que tendría dar seguimiento a la implantación formal de la propuesta que aquí hemos hecho. En un horizonte de siete a ocho años egresaría la primera generación de alumnos de primaria con una formación que les permitiría profundizar en el aprendizaje de la computación en la secundaria, entonces sí, trabajando con la máquina.

Esto tendría dos implicaciones fundamentales. En primer lugar, el sistema educativo nacional tendría que prepararse para dotar de equipo de cómputo suficiente para que trabajen con el la totalidad de alumnos en las escuelas secundarias. En segundo lugar, a partir del perfil del egresado de primaria debería prepararse el cambio en el curriculum de secundaria para introducir la computación en forma consecuente, e instrumentar lo necesario en cuanto a profesores y recursos didácticos.

*

Seguramente la propuesta que aquí se ha hecho podrá revisarse y mejorarse en muchos aspectos. Podrá, incluso, transformarse radicalmente. Pero pensamos que la parte fundamental de ella, tarde o temprano tendrá que llevarse a cabo. No dudamos que la computación, como una tecnología definidora de la cultura humana en el momento histórico que nos tocó vivir, habrá de ser incluida al curriculum de la primaria, para participar en la formación básica que todo hombre y mujer deben recibir.

En un último análisis, si este trabajo sirve para llevar a la reflexión, y eventualmente a la acción, sobre la necesidad de considerar a la tecnología computacional como una parte importante de la cultura y como un elemento para la modernización de la sociedad, habremos logrado el objetivo que nos marcamos al principio.

* * *

* * *

GLOSARIO

Precisad el significado de las palabras y libraréis a la humanidad de la mitad de sus errores.

El Discurso del Método
René Descartes

En este apartado se precisa el significado de los principales términos técnicos utilizados en este documento. La atención se centra en términos computacionales, pues los términos relacionados con la pedagogía, cuyo significado pudiera ser confuso, se definen en el propio documento.

* * *

Alfabeto Computacional. Conjunto de caracteres que puede reconocer un sistema computacional. Generalmente se define un alfabeto propio para una aplicación determinada (v.g. un sistema de procesamiento de textos).

Cfr. carácter.

Algoritmo. Conjunto de pasos perfectamente definidos, que pueden involucrar procesos y decisiones. Los pasos están lógicamente relacionados y, siguiendo un flujo por ellos, se puede resolver un cualquier problema que pertenezca a la clase para la que se diseñó el algoritmo.

Arbol. Estructura de datos en la cual cada dato forma un *nodo*. Existe un nodo especial al que se le llama "raíz del árbol", del cual pueden derivarse ramas; cualquier nodo ramal, a su vez, puede verse como un subárbol. Aunque no resulte estrictamente formal, puede decirse que para que una estructura conforme un árbol, cada nodo estará unido a uno y sólo un nodo en dirección a la raíz. Esto lo diferencia de un grafo.

Cfr. grafo.

Archivo. Conjunto de registros relacionados entre sí.

Cfr. registro.

Arquitectura Computacional. Diseño de los componentes y de las interconexiones que conforman una computadora.

Autómata. Máquina que aplica sistemas de regulación, mando y organización que la capacita para funcionar sin la intervención humana.

Cfr. máquina.

Base de Datos. Conjunto de Archivos relacionados entre sí.

Cfr. archivo.

Bit. tecnicismo computacional formado por la contracción de las palabras inglesas Binary digiT (dígito binario). A partir del bit se constituye cualquier sistema capaz de aceptar dos, y sólo dos, valores posibles (v.g. 0 ó 1; encendido o apagado, abierto o cerrado, falso o verdadero).

Byte. Conjunto formado por un número determinado de bits (generalmente 8 y a veces 6). Constituye la unidad básica de medición de la capacidad de almacenamiento.

Cfr. bit.

Campo. Conjunto de caracteres que se operan como una unidad en una base de datos. El campo contiene un dato.

Cfr. carácter, base de datos, dato.

Carácter. Símbolo básico de la escritura de un lenguaje computacional. Los caracteres pueden ser literales, numéricos o símbolos especiales.

Cfr. lenguaje computacional.

Chip. tecnicismo inglés para denotar a un microcircuito electrónico impreso. Actualmente toda la unidad central de procesamiento (CPU) de una computadora cabe en un chip no mayor que una caja de cerillos.

Cfr. CPU.

Cibernética. Ciencia creada por Norbert Wiener a mediados de este siglo. Tiene un fundamento esencialmente lógico y estudia los procesos de autocontrol en sistemas complejos (trátase de máquinas, de organismos vivos o de sociedades). De la física ha pasado a aplicarse en las más diversas disciplinas, entre las que se encuentra por supuesto la pedagogía.

Código. Conjunto de reglas que norman la representación de un alfabeto o de cualquier tipo de datos mediante números. Los códigos más utilizados actualmente son el binario (de base 2), octal (base 8) y el hexadecimal (base 16).

Cfr. alfabeto, dato.

Cola (queue). Estructura de datos en la que éstos se ordenan en hileras. Los datos pueden agregarse o separarse únicamente por los extremos.

Cfr. dato.

Computación. Disciplina que estudia el procesamiento de información mediante computadoras.

Cfr. computadora.

Computadora. Máquina capaz de aceptar datos, almacenarlos, procesarlos y reportar resultados automáticamente, bajo la dirección de un programa.

Cfr. máquina, dato, programa.

Computadora Analógica. Tipo de computadora que acepta entradas físicas y las transforma a cantidades análogas de la variable con que opera lógica y aritméticamente (v.g. voltajes).

Cfr. computadora.

Computadora Digital. Tipo de computadora que acepta datos discretos (binarios) y los opera lógica y aritméticamente.

Cfr. computadora.

Constante. Cualquier entidad cuyos valores no pueden variar (en contraposición a variable).

Cfr. variable.

CPU. Iniciales de Central Processor Unit. Tecnicismo para denotar la unidad central de procesamiento de una computadora. A la CPU se la ha llamado metafóricamente el "cerebro" de la máquina, pues en ella se realizan todos los procesos lógicos y aritméticos. A todos los componentes que están alrededor de la CPU se les llama "periféricos".

Cfr. computadora, periférico.

Dato. Medida de cualquier variable. V.g. la estatura es una variable; si cierto individuo tiene una estatura de 167 cm., entonces 167 es el dato. Los datos constituyen la materia prima de cualquier proceso computacional.

Cfr. computación.

Diagrama de Flujo. Representación gráfica de un algoritmo, que con símbolos y flechas indica la secuencia y lógica de los pasos que deben seguirse para realizar un procesamiento. Todos los pasos de un procesamiento pueden clasificarse en operaciones y decisiones.

Cfr. algoritmo.

Dígito Binario. Símbolo básico del sistema de numeración de base 2. Todos los dígitos definidos dentro de este sistema son 0 y 1.

Diodo. Es el más simple de los llamados "componentes activos" de los circuitos electrónicos. Se forma por dos electrodos: el ánodo y el cátodo.

Dirección. Identificación de una localidad de memoria.

Estructura de Datos. Conjunto de datos organizados de forma que pueda localizarse cualquiera de ellos sin ambigüedad.

Cfr. dato.

Gigabyte (G-Byte). Unidad de medida formada por aproximadamente mil millones de bytes ($2^{30} = 1,073,740,000$).

Cfr. byte.

Grafo. Estructura de datos, en la cual cada dato constituye un nodo, que puede estar unido con cero o más nodos en cualquier dirección.

Cfr. árbol.

Hardware. Tecnicismo inglés intraducible en el campo de la computación (en general, podría traducirse por "herramienta"). Denota al conjunto de dispositivos físicos que constituyen un sistema computacional. En contraposición a software.

Cfr. computación, software.

Heurística. Proceso de solución de problemas que funciona mediante aproximaciones sucesivas, probando hipótesis cada vez más refinadas y cercanas a la solución. En computación este término hace referencia a procesos no algoritmizables.

Cfr. algoritmo.

Informática. Tecnicismo francés muy utilizado en Europa para hacer referencia a la computación.

Cfr. computación.

Inteligencia Artificial (AI = Artificial Intelligence). Campo de la computación aún bastante indefinido. Regularmente se asocia con algoritmos muy complejos que *simulan* procesos heurísticos.

Cfr. heurística, algoritmo.

Kilobyte (K-Byte). Unidad de medida formada por aproximadamente mil bytes ($2^{10} = 1,024$).

Cfr. byte.

Lápiz Óptico. Instrumento electrónico que permite introducir datos a una computadora vía la pantalla del monitor o diversos tipos de tablero.

Lenguaje. Conjunto de reglas (sintácticas y semánticas) que se aplican sobre un conjunto de símbolos (alfabeto) para producir información comunicable.

Lenguaje de Alto Nivel. Aquel que está orientado a procedimientos para producir programas.

Lenguaje de Computación. Aquel mediante el cual se puede comunicar un hombre con una máquina. En general los lenguajes de computación pueden clasificarse en lenguajes de bajo nivel (aquellos que están más cerca de la máquina) y lenguajes de alto nivel (los cercanos al ser humano).

Cfr. lenguaje.

Lista. Estructura de datos en la que éstos se organizan en hileras. Se diferencia de la cola en que la lista permite agregar o retirar datos en cualquier punto.

Cfr. cola.

Máquina. Cualquier instrumento o dispositivo, físico o no, capaz de potenciar la fuerza humana en el trabajo.

Megabyte (M-Byte). Unidad de Medida formada por aproximadamente un millón de bytes ($2^{20} = 1'048,576$).

Cfr. byte.

Memoria Computacional. Conjunto de dispositivos que permiten a un sistema computacional almacenar datos.

Nanosegundo. Billonésima de segundo.

Ordenador. tecnicismo francés muy utilizado en Europa para hacer referencia a la computadora, casi siempre digital.

Cfr. computadora.

Paquete Computacional. Sistema de programas para realizar procesos de una clase determinada (v.g. procesadores de textos, bases de datos).

Cfr. programa, computación.

Periféricos. Cualquier dispositivo de un sistema computacional que se encuentre alrededor de la CPU. Generalmente se les clasifica en periféricos de entrada (v.g. teclado, ratón) y periféricos de salida (v.g. pantalla, impresora).

Cfr. computadora, CPU.

Pila (stack). Estructura de datos en la que éstos se organizan en forma de montones. Pueden agregarse o retirarse datos de arriba o de abajo.

Proceso Algorítmico. Proceso en el que se aplican reglas perfectamente definidas que permiten resolver un problema cualquiera de una clase dada, en un número finito de pasos.

Proceso Cuasialgorítmico. Proceso que se aproxima al algorítmico, pero no puede garantizar la solución del problema. Los procesos cuasialgorítmicos están a medio camino entre la algoritmia y la heurística.

Cfr. algoritmo, heurística.

Proceso No Algorítmico. Proceso para el cual no se ha encontrado un algoritmo de solución. También se le llama *proceso heurístico*.

Programa de Computadora. Traducción de un algoritmo a un lenguaje computacional determinado. Al escribir un programa, realmente lo que se hace es poner el algoritmo en términos accesibles a la computadora.

Cfr. algoritmo, computadora.

Programación Estructurada. Tipo de programación que se caracteriza por ser modular. Cada módulo resuelve un subproceso. Los módulos son independientes entre sí, de modo que puede modificarse uno cualquiera alterar al resto.

Pseudocódigo. Expresión de un algoritmo en lenguaje vernáculo. Al pseudocódigo se le ha llamado "cuasiprograma", pues está a medio camino entre el algoritmo y el programa de computadora.

Cfr. algoritmo, programa de computadora.

RAM (Random Access Memory). Memoria de acceso directo. Es la memoria con que trabaja directamente la computadora. Cuando se apaga la máquina, la memoria RAM se borra.

Ratón (mouse). Dispositivo de entrada de datos que funciona en forma análoga a un lápiz óptico, pero que resulta mucho más eficiente. El ratón se opera directamente sobre una mesa.

Cfr. lápiz óptico.

Recursividad. Propiedad de un programa, o de un módulo, que le permite llamarse a sí mismo.

Cfr. programa de computadora.

Red de Computadoras. Conjunto de computadoras intercomunicadas, que pueden compartir programas, datos y cualquier otro recurso del sistema. Generalmente la red es atendida por una computadora a la que se llama "server".

Registro. Conjunto de campos que se operan como una unidad en una base de datos. Un registro contiene todos los datos pertenecientes a un individuo computacional.

Cfr. campo, dato, base de datos.

Relé. Dispositivo electromecánico utilizado para interrumpir o conmutar.

Resistencia (Resistor). Dispositivo que dificulta el paso de la corriente, sin interrumpirla completamente.

Robot. Máquina totalmente automática capaz de realizar trabajo complejo. Los robots actuales están dotados de diversos sistemas computacionales, desde el nivel sensor hasta el efector y de retroalimentación.

Sistema Experto. Conjunto de programas computacionales capaces de simular a un experto humano en una disciplina determinada (v.g. diagnóstico médico o exploración petrolera). Los sistemas expertos actuales se ocupan principalmente como asesores para el ser humano.

Cfr. programa de cómputo.

Sistema Operativo. Conjunto de programas que operan directamente todos los recursos de un sistema computacional (v.g. para localizar datos en un disco). Los sistemas operativos actuales constituyen una interfase entre el hombre y la computadora; realmente ya ni los expertos suelen llegar al nivel del lenguaje de máquina. Mientras más avanzada es una computadora, mejor es su sistema operativo, y mientras mejor es el sistema operativo, más lejos se encuentra el usuario de la máquina misma.

Cfr. programa de computadora.

Software. Tecnicismo inglés intraducible en el campo de la computación. Hace referencia a toda la parte lógica (programación) que pone a trabajar al hardware.

Cfr. hardware.

Variable. Cualquier entidad cuyos valores puedan variar. Se usa en contraposición a constante.

Cfr. constante.

Variable Continua. Variable que entre dos valores cualquiera permite realizar un número infinito de subdivisiones.

Cfr. variable, variable discreta.

Variable Discreta. Variable que no puede subdividir sus valores.

Cfr. variable, variable continua.

* * *
* * *

BIBLIOGRAFIA

- Ackoff, R.:
1987 "EL ARTE DE RESOLVER PROBLEMAS: Las Fábulas de Ackoff". Ed. Limusa, México. 255 pp.
- Althusser, L.:
1974 "IDEOLOGIA Y APARATOS IDEOLOGICOS DE ESTADO: Notas para una Investigación". En "La Filosofía como Arma de la Revolución". Ed. Nueva Visión, Colección Cuadernos de Pasado y Presente, Buenos Aires.
- Anastasi, A.:
1973 "LOS TESTS PSICOLOGICOS". Ed. Aguilar, España. 680 pp.
- Apter, D.:
1965 "POLITICA DE LA MODERNIZACION". Ed. Paidós, Biblioteca de Economía, Política y Sociedad, Buenos Aires. 366 pp.
- Ausubel, D.:
1972 "ALGUNOS ASPECTOS PSICOLOGICOS DE LA ESTRUCTURA DEL CONOCIMIENTO". En Elam, S.: "La Educación y la Estructura del Conocimiento". Ed. El Ateneo, Buenos Aires.
- Ausubel, D.:
1978 "PSICOLOGIA EDUCATIVA: Un Punto de Vista Cognoscitivo". Ed. Trillas, México. 769 pp.
- Bachrach, A.:
1966 "COMO INVESTIGAR EN PSICOLOGIA: Introducción a las Técnicas Operativas". Ed. Morata, Madrid. 230 pp.
- Barr, A. y Feigenbaum, E.:
1982 "THE HANDBOOK OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE". Ed. Heuristech Press-Kauffman, U.S.A.(3 vols).

- Bernal, J.:
1979 "LA CIENCIA EN LA HISTORIA". Ed. UNAM Nueva Imagen, México. 693 pp.
- Bischof, L.:
1980 "INTERPRETACION DE LAS TEORIAS DE LA PERSONALIDAD: Enfoque de Poder Explicativo y Capacidad Predictiva". Ed. Trillas, México. 690 pp.
- Bloom, B.:
1979 "TAXONOMIA DE LOS OBJETIVOS DE LA EDUCACION: La Clasificación de las Metas Educativas". Ed. El Ateneo, Buenos Aires. 355 pp.
- Bolter, J.:
1988 "EL HOMBRE DE TURING: La Cultura Occidental en la Era de la Computación". Fondo de Cultura Económica, México. 251 pp.
- Bourdieu, P. y Passeron, J.:
1977 "FUNDAMENTOS PARA UNA TEORIA DE LA VIOLENCIA SIMBOLICA". En "La Reproducción: Elementos para una Teoría del Sistema de Enseñanza". Ed. Laia, Barcelona.
- Bourdieu, P. y Gros, F.:
1991 "LOS CONTENIDOS DE LA ENSEÑANZA: Principios para la Reflexión". En Revista Universidad Futura, Vol II, Nº. 4, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Atzacotalco.
- Bremermann, H.:
1985 "COMPLEJIDAD Y TRANSCOMPUTABILIDAD". En Duncan, R. y Smith, M.: "La Enciclopedia de la Ignorancia". Fondo de Cultura Económica, México.
- Bruner, J.:
1986 "ACCION, PENSAMIENTO Y LENGUAJE". Comp. de José Luis Linaza. Ed. Alianza, México. 232 pp.
- Bruner, J.:
1988 "DESARROLLO COGNITIVO Y EDUCACION". Comp. de Jesús Palacios. Ed. Morata, Madrid. 278 pp.

- Bustamante, J.:
1986 "ALFABETISMO DE COMPUTO PARA LOS NIÑOS". En Ciencia y Desarrollo, Núm. 68, CONACYT, México.
- Cadena, G. et al.:
1986 "ADMINISTRACION DE PROYECTOS DE INNOVACION TECNOLOGICA". Ed. por UNAM, Gernika y CONACYT, México. 149 pp.
- Castrejón, J.:
1992 "LA UNIVERSIDAD Y EL SISTEMA". Ed. Trillas, México. 280 pp.
- Calderón, E.:
1987A "EL PROYECTO MICROSEP: Primera Parte". En Cero Uno Cero, Mayo, México.
- Calderón, E.:
1987B "EL PROYECTO MICROSEP: Segunda Parte". En Cero Uno Cero, Junio, México.
- Castañeda, M.:
1978 "LOS MEDIOS DE COMUNICACION Y LA TECNOLOGIA EDUCATIVA". Ed. Trillas, México. 223 pp.
- Clark, R.:
1980 "HAZAÑAS CIENTIFICAS: El Impacto de la Invención Moderna". Ed. por el CONACyT, México. 299 pp.
- Comenio, J.:
1982 "DIDACTICA MAGNA". Ed. Porrúa, Colección "Sepan Cuantos...", México. 198 pp.
- Comte, A.:
1975 "DISCURSO SOBRE EL METODO POSITIVO". Ed. Aguilar Buenos Aires. 354 pp.
- CONALTE:
1990A "LOS PLANES DE ESTUDIO DE LA EDUCACION BASICA". Consejo Nacional Técnico de la Educación, México. 53 pp.

CONALTE:

1990B "REFORMULACION DEL MODELO EDUCATIVO". Consejo Nacional Técnico de la Educación, México. 96 pp.

CONALTE:

1990C "PRUEBA OPERATIVA DE LOS PLANES DE ESTUDIO DE LA EDUCACION BASICA". Consejo Nacional Técnico de la Educación, México. 19 pp.

CONALTE:

1991A "HACIA UN NUEVO MODELO EDUCATIVO". Consejo Nacional Técnico de la Educación, México. 167 pp.

CONALTE:

1991B "PERFILES DE DESEMPEÑO PARA PREESCOLAR, PRIMARIA Y SECUNDARIA". Consejo Nacional Técnico de la Educación, México. 90 pp.

D'Hainaut, L.:

1971 "UN MODELO PARA LA DETERMINACION Y LA SELECCION DE LOS OBJETIVOS PEDAGOGICOS EN EL AREA COGNOSCITIVA". Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional de Nuevos Métodos de Enseñanza. (Mecanograma).

Díaz-Barriga, A.:

1990 "DIDACTICA Y CURRICULUM". Ed. Nuevomar, México. 150 pp.

Durkheim, E.:

1979 "EDUCACION Y SOCIOLOGIA". Ed. Linotipo, México. 192 pp.

Edelson, T.:

1986 "CAN A SYSTEM BE INTELLIGENT IF IT NEVER GIVES A DAMN?". En Science, American Association for the Advancement of Science, U.S.A.

Eisenstadt, S.:

1966 "MODERNIZACION: Movimientos de Protesta y Cambio Social". Amorrortu Editores, Buenos Aires. 267 pp.

"ENCICLOPEDIA DE MEXICO".

1987 Cía. Editora de la Enciclopedia de México, 1987.

Foster, H. et al.:

1988 "LA POSMODERNIDAD". Ed. Kairós, México. 311 pp.

Fromm, E.:

1970 "LA REVOLUCION DE LA ESPERANZA: Hacia una Tecnología Humanizada". Fondo de Cultura Económica, México. 155 pp.

Fromm, E.:

1987 "EL CORAZON DEL HOMBRE". Fondo de Cultura Económica, México. 179 pp.

Gagné, R., et al.:

1974 "ESPECIFICACION DE OBJETIVOS DE LA EDUCACION". Ed. Grijalbo, México. 102 pp.

Gimeno, J.:

1985 "LA PEDAGOGIA POR OBJETIVOS: Obsesión por la Eficiencia". Ed. Morata, Madrid. 256 pp.

Gómez, G.:

1987 "PROYECTO SOCRATES". En Cero Uno Cero, Marzo, México.

González, P. y Florescano, E.:

1990 "MEXICO, HOY". Ed. Siglo XXI, México. 419 pp.

Habermas, J.:

1984 "EL DISCURSO FILOSOFICO DE LA MODERNIDAD". Ed. Taurus, Madrid. 285 pp.

Haertel, G., Walberg, H. & Weinstein, T.:

1983 "TOWARD A REDEFINITION OF COGNITIVE DEVELOPMENTAL STAGES". En Kirby, J. & Biggs, J.: "Cognition, Development & Instruction". Academic Press, New York.

- Halford, G.:
1980 TOWARD A REDEFINITION OF COGNITIVE DEVELOPMENTAL STAGES". En Kirby, J. y Biggs, J.: "Cognition, Developmental and Instruction". Academic Press, New York.
- Hegel, F.:
1985 "LECCIONES SOBRE FILOSOFIA DE LA HISTORIA UNIVERSAL". Alianza Editorial, Madrid. 267 pp.
- Heredia, B.:
1976 "LA ARTICULACION Y ESTRUCTURACION DE LA ENSEÑANZA". Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, México (mecanograma).
- Hilgard, E. y Bower, G.:
1975 "TEORIAS DEL APRENDIZAJE". Ed. trillas, México. 718 pp.
- Hofstadter, D.:
1982 "GÖDEL, ESCHER, BACH: Una Eterna trenza Dorada". Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. 915 pp.
- Koestler, A.:
1983 "DESPUES DE HIROSHIMA". En Koestler, A.: "En Busca de lo Absoluto" (Escritos seleccionados y comentados por el autor). Ed. Kairós, Barcelona.
- Larroyo, F.:
1986 "HISTORIA COMPARADA DE LA EDUCACION EN MEXICO". Ed. Porrúa, México. 607 pp.
- Lawson, M.:
1980 "METAMEMORY: Making Decisions About Strategies". En Kirby, J. & Biggs, J.: "Cognition, Development and Instruction". Academic Press, New York.
- Locke, J.:
1986 "PENSAMIENTOS SOBRE LA EDUCACION". Ed. Akal, España. 381 pp.

- López, A.:
1989 "DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROPOSITO GENERAL PARA LA EVALUACION DEL APRENDIZAJE APOYADA EN COMPUTADORA". Tesis de Maestría en Ingeniería Informática, Universidad Autónoma del Estado de México. 125 pp.
- Lussato, B.:
1982 "EL DESAFIO INFORMATICO". Ed. Planeta, España. 202 pp.
- Matheny, C. y Rahmlow, H.:
1976 "COMO REDACTAR OBJETIVOS DE INSTRUCCION". Ed. trillas, México. 152 pp.
- Mayer, R.:
1978 "MECANISMOS DEL PENSAMIENTO: Introducción al Conocimiento y al Aprendizaje". Ed. Concepto, México. 231 pp.
- McGovern, P.:
1984 "LAS MAQUINAS DEL FUTURO: ¿Regentes del Universo?". En Ciencia y Desarrollo No. 54, Ed. CONACYT, México.
- Mercado, R.:
1984 "EDUCACION EN EL AÑO 2000". En Información Científica y Tecnológica, No. 96, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.
- Morganov, I.:
1976 "L'UTILISATION DES GRAPHES DANS L'ELABORATION DE PROGRAMMES". Enseignement Programmé No. 1.
- Mumford, L.:
1954 "IN THE NAME OF SANITY". Ed. Harcourt, Brace And Co. New York. 368 pp.
- National Council of Teachers of Mathematics:
1991 "ESTANDARES CURRICULARES Y DE EVALUACION PARA LA EDUCACION MATEMATICA". Ed. por la Sociedad Andaluza de Educación Matemática "Thales", España. 267 pp.
- Nerici, I.:
1979 "HACIA UNA DIDACTICA GENERAL DINAMICA". Ed. Kapelusz, Buenos Aires. 614 pp.

- Pagels, H.:
1991 "LOS SUEÑOS DE LA RAZON: El Ordenador y los Nuevos Horizontes en las Ciencias de la Complejidad". Ed. Gedisa, España. 343 pp.
- Papert, S.:
1980 "MINDSTORMS: Children, Computers and Powerful Ideas". Ed. Basic Books, New York. 189 pp.
- Parent, J.:
1986 "EROS Y ETHOS INFORMATICOS". Universidad Autónoma del Estado de México. 236 pp.
- Parsons, T.:
1974 "EL SISTEMA DE LAS SOCIEDADES MODERNAS". Ed. Trillas, México. 211 pp.
- Pellowsky, A.:
1980 "A LA MEDIDA: Los Libros para Niños en los Países en Desarrollo". Ed. UNESCO, Paris. 145 pp.
- Perkinson, R.:
1985 "DATA ANALYSIS: The Key to Data Design". Ed. North-Holland, USA. 97 pp.
- Piaget, J.:
1969 "EL NACIMIENTO DE LA INTELIGENCIA EN EL NIÑO". Ed. Aguilar, Madrid.
- Piaget, J.:
1978A "A DONDE VA LA EDUCACION". Ed. Teide, Barcelona. 110 pp.
- Piaget, J.:
1978B "LA EQUILIBRACION DE LAS ESTRUCTURAS COGNITIVAS: Problema Central del Desarrollo". Ed. Siglo XXI, España. 201 pp.
- Piaget, J.:
1984A "LA REPRESENTACION DEL MUNDO EN EL NIÑO". Ed. Morata, España.

- Piaget, J.:
1984B "LA EPISTEMOLOGIA GENETICA". Ed. Debate, Madrid. 171 pp.
- Piaget, J.:
1988A "LA PSICOLOGIA DE LA INTELIGENCIA". Ed. Crítica, Grijalbo, Barcelona. 197 pp.
- Piaget, J.:
1988B "PROBLEMAS DE PSICOLOGIA GENETICA". Ed. Ariel, México. 196 pp.
- Piaget, J.:
1991 "PSICOLOGIA Y PEDAGOGIA". Ed. Ariel, México. 207 pp.
- Poder Ejecutivo Federal:
1980 "PLAN GLOBAL DE DESARROLLO 1980-1982". 543 pp.
- Poder Ejecutivo Federal:
1989A "PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 1989 - 1994". 143 pp.
- Poder Ejecutivo Federal:
1989B "PROGRAMA PARA LA MODERNIZACION EDUCATIVA 1989-1994". México. 202 pp.
- Poder Ejecutivo Federal:
1992 "ACUERDO NACIONAL PARA LA MODERNIZACION DE LA EDUCACION BASICA". Diario Oficial de la Federación del 19 de Mayo.
- Polya, G.:
1978 "COMO PLANTEAR Y RESOLVER PROBLEMAS". Ed. Trillas, México. 215 pp.
- Prawat, R.:
1989 "PROMOTING ACCESS TO KNOWLWDGE, STRATEGY AND DISPOSITION IN STUDIES: A Research Synthesis". Review of Educational Research, spring, vol. 59, number 1.
- Price, D.:
1959 "AN ANCIENT GREEK COMPUTER". En Scientific American, Junio, USA.

- Roszac, T.:
1990 "EL CULTO A LA INFORMACION: El Folclore de los Ordenadores y el Verdadero Arte de Pensar". Ed. Grijalbo, Col. Los Noventa, México. 277 pp.
- Rousseau, J.:
1984 "EMILIO o de la Educación". Ed. Porrúa, Colección "Sepan Cuantos...", México. 385 pp.
- Sanders, D.:
1985 "INFORMATICA: Presente y Futuro". Ed. McGraw Hill, México. 670 pp.
- Sanvicens, A.:
1987 "CONCEPCION SISTEMICO-CIBERNETICO DE LA EDUCACION". En Castillejo, J. y Colom, A.: "PEDAGOGIA SISTEMICA". Ed. CEAC, Barcelona.
- SEP:
1992 "GUIAS PARA EL MAESTRO" (de primero a sexto grados y Medio Ambiente". Secretaría de Educación Pública, México.
- Sepúlveda, B. et al.
1986 "LA COMPUTADORA EN LA EDUCACION BASICA: ¿Es Buena o Mala?". En Revista de Educación, No. 136, Chile.
- Shallis, M.:
1986 "EL IDOLO DE SILICIO: La 'Revolución' Informática y sus Implicaciones Sociales". Ed. Salvat, Col. Biblioteca Científica, México 234 pp.
- Solana, F., Cardiel, R. y Bolaños, R.:
1982 "HISTORIA DE LA EDUCACION PUBLICA EN MEXICO". Ed. por la SEP, México. 645 pp.
- Solano, G.:
1983 "PRINCIPIOS DE ANALISIS ESTRUCTURAL EDUCATIVO: Metodología y Técnicas para la Educación". Ed. Trillas, México. 196 pp.

Stanford-UNESCO:

1986 REPORTE GENERAL DEL SIMPOSIUM STANFORD-UNESCO SOBRE COMPUTADORAS EN LA ENSEÑANZA. Mimeo, clave UNESCO ED-86/WS/86.

Stuart Mill, J.:

1980 "EL UTILITARISMO". Ed. Aguilar, Buenos Aires. 113 pp.

Stuart Mill, J.:

1988 "SOBRE LA LIBERTAD". Alianza Editorial, España. 206 pp.

Suppes, P.:

1974 "LAS COMPUTADORAS EN LA ENSEÑANZA". En "Computadoras y Computación", Selecciones de Scientific American, Ed. Blume, España.

Taba, H.:

1977 "ELABORACION DEL CURRICULO". Ed. Troquel, Argentina. 657 pp.

Turing, A.:

1969 "¿PUEDE PENSAR UNA MAQUINA?". En Newman, J.: "Sigma: El Mundo de las Matemáticas". Ed. Grijalbo, Barcelona.

Turkle, S.:

1984 "THE SECOND SELF: Computers and the Human Spirit". Ed. Simon and Schuster, Nueva York. 175 pp.

UNESCO:

1986 "GLOSARIO DE TERMINOS DE TECNOLOGIA DE LA EDUCACION". Ed. por la United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Paris. 243 pp.

Vargas, J.:

1977 "REDACCION DE OBJETIVOS CONDUCTUALES". Ed. Trillas, México. 177 pp.

Villoro, L.:

1985 "EL CONCEPTO DE IDEOLOGIA Y OTROS ENSAYOS". Ed. Fondo de Cultura Económica, México. 216 pp.

Vygotsky, L.:
1986 "PENSAMIENTO Y LENGUAJE". Ed. Alfa y Omega, México.
215 pp.

Vygotsky, L.:
1988 "EL DESARROLLO DE LOS PROCESOS PSICOLOGICOS
SUPERIORES. Ed. Crítica-Grijalbo, México. 226 pp.

Zabalza, M.:
1987 "DISEÑO Y DESARROLLO CURRICULAR: Para Profesores
de Educación Básica". Ed. Narcea, Madrid. 300 pp.

Vygotsky, L.:
1986 "PENSAMIENTO Y LENGUAJE". Ed. Alfa y Omega, México.
215 pp.

Vygotsky, L.:
1988 "EL DESARROLLO DE LOS PROCESOS PSICOLOGICOS
SUPERIORES. Ed. Crítica-Grijalbo, México. 226 pp.

Zabalza, M.:
1987 "DISEÑO Y DESARROLLO CURRICULAR: Para Profesores
de Educación Básica". Ed. Narcea, Madrid. 300 pp.
