

# Producción y prueba de materiales educativos por computadora

Ma. de Lourdes Fournier\*/Jorge Ó.  
Rouquette\*\*/Edith Ariza\*\*

*En este trabajo se plantea parte de la problemática al enseñar temas de matemáticas y computación a estudiantes de demias sociales, junto con la fundamentación teórica y técnica para desarrollar y probar materiales educativos innovadores destinados a constituir apoyos adecuados para un aprendizaje significativo por parte de los estudiantes. También se presenta parte de los resultados obtenidos al efectuar pruebas, en un estudio de casos múltiples, tanto para materiales innovadores como para formas convencionales de enseñanza y algunas combinaciones. A partir de estos resultados es posible detectar importantes variables que inciden en los niveles de aprendizaje alcanzados por los alumnos.*

## Introducción

El modelo educativo de la Unidad Xochimilco de la Universidad Autónoma Metropolitana: "Promueve cambios muy especiales de las estructuras cognoscitivas en la relación profesor-alumno mediante el impulso del espíritu analítico, crítico, creador y participativo en una constante

\* Área de Educación y Comunicación Alternativas, UAM-X

\*\* Área de Matemáticas Aplicadas a las Ciencias Sociales, UAM-X

búsqueda de alternativas de solución de los problemas de la realidad social."<sup>1</sup> Este modelo educativo, el Sistema Modular, se apoya en dos herramientas didácticas que son la investigación y el trabajo grupal, a través de las cuales se pretende que el alumno tenga una participación activa en su propio aprendizaje y que sea capaz de reflexionar sobre lo que le rodea, para actuar sobre esa realidad y transformarla.<sup>2</sup> Sobre estas bases, el empleo de materiales educativos especiales e innovadores no sólo cabe dentro del modelo sino que funciona de acuerdo con él.

El Departamento de Política y Cultura de CSH de la UAMX da servicio docente a las seis carreras de la División, que son administración, comunicación, economía, política y gestión social, psicología, y sociología. Esta docencia se refiere a los contenidos teóricos específicos de las carreras y del tronco divisional o a los contenidos aplicados de diversos talleres, de los que aquí interesan en especial matemáticas y computación.

Es precisamente en la enseñanza de temas de matemáticas y computación donde los docentes se enfrentan con un reto muy especial, ya que desafortunadamente resulta muy común que los estudiantes carezcan de las bases necesarias para poder avanzar en la adquisición de conocimientos.

Los alumnos de la División de Ciencias Sociales y Humanidades se inician en estos temas mediante un taller de matemáticas y computación, durante uno de los dos trimestres del Tronco Divisional correspondiente, cuyo contenido se centra en estadística descriptiva básica y uso de equipo PC. A fin de cubrir un contenido tan amplio en las once semanas asignadas a cada trimestre, nuestro equipo de trabajo considera que es necesario recurrir al uso de materiales didácticos que faciliten un aprendizaje significativo para el alumno. Si todo esto se complementa con un ejercicio real de aplicación de lo aprendido en la realización de una encuesta, por lo breve del tiempo es imposible que el docente revise temas complementarios, como la historia de las computadoras (tema sobre el que se está trabajando en forma experimental con diversos materiales) o puntos de Álgebra que son necesarios en cursos y talleres posteriores.

<sup>1</sup> A. Córdova Izquierdo y M. Gutiérrez Vargas. "Información y aprendizaje en el modelo educativo de UAMX", en *Reencuentro*, núm. 15: UAMX, México, 1996, p. 12.

<sup>2</sup> *Documento Xochimilco*: UAMX, México, 1991.

Con excepción de los estudiantes de las carreras de Comunicación y Psicología, todos los demás asistirán durante el Tronco de carrera respectivo a otros talleres de matemáticas y/o computación y es allí donde se tienen detectados dos problemas importantes, ya que el manejo del Álgebra Básica por parte de la mayoría de los alumnos es muy pobre y ocurre que algunos temas de Álgebra Universitaria no están contemplados en los programas o tienen asignado un tiempo muy breve en las sesiones, como sería el caso de Análisis Combinatorio, al que se dedica un tutorial y un multimedios que se prueban en el estudio objeto de este artículo. Además, en los diversos cursos que abordan temas de Álgebra Universitaria y de Cálculo es muy común que no sea posible dedicar suficiente tiempo a realizar revisiones de puntos básicos de temas vistos anteriormente, ya sea a través de ejercicios en clase o tareas, que en caso de utilizarse rara vez se revisan en detalle durante las sesiones en el aula, lo cual también ocurre para la solución de problemas sobre nuevos temas. Al faltar el apoyo que proporciona la revisión detallada de soluciones a ejercicios de diversos grados de dificultad, ocurre que los estudiantes enfrentan serias dificultades cuando más adelante deben aplicar lo aprendido al planteamiento y solución de modelos matemáticos en otros trimestres e, incluso, en el terreno laboral durante o al concluir sus estudios.

Otro problema que se presenta con la enseñanza de Matemáticas en el Sistema Modular es que el docente no siempre logra que el alumno participe activamente en el proceso de enseñanza y aprendizaje ni puede alcanzar la vinculación entre los contenidos matemáticos, cuya lógica interna exige impartirlos en determinada secuencia, y los contenidos del módulo.

Para resolver esta problemática, entre muchas otras medidas, se han escrito manuales especiales de cómputo, asimismo existen cuadernillos con ejercicios de Álgebra y Cálculo y se han utilizado sistemas tutoriales para equipo PC, todo esto como resultado de la preocupación de docentes y autoridades. Desafortunadamente, al menos en México, es común que el estudiante de Ciencias Sociales defina su vocación precisamente a partir de su falta de facilidad para las Matemáticas (excluyendo a los alumnos de Administración y Economía, hasta cierto punto). Aunque uno de los medios favoritos de la enseñanza modular en la UAM-X lo constituyen las *lecturas*, que son paquetes de fotocopias que los estudiantes deben leer para su posterior análisis y discusión en clase, en Matemáticas y Computación esta forma de aprendizaje se utiliza muy rara vez o no se emplea, ya que lo más probable es que sólo resulte adecuada

cuando se trata de puntos sencillos de los programas. Esta modalidad se explora en esta investigación tanto para la historia de las computadoras como para Análisis Combinatorio. En general puede afirmarse que no es posible para nuestro tipo de estudiantes *aprender leyendo* matemáticas, ya que más bien se trata de *aprender haciendo*, lo que ocurre casi siempre bajo la guía del profesor, aunque las notas sobre Análisis Combinatorio que se probaron experimentalmente incluyen ejercicios con soluciones desarrolladas paso a paso a fin de explorar esta modalidad.

Es bien sabido que desde la escuela primaria los programas educacionales de Matemáticas son largas listas de detalles que el estudiante debe ser capaz de repetir al terminar cada nivel y de operaciones que deberá repetir mecánicamente sin haberlas comprendido. Sobre este punto, De la Peña afirma: [que] "Las reformas recientes en la enseñanza de las matemáticas en diversos países, México entre ellos, enfatizan en la necesidad de que los alumnos adquieran ciertas habilidades al presentárseles de manera sistemática 'situaciones didácticas' convenientes,"<sup>3</sup> lo que en opinión de él mismo parece ser "la dirección correcta" aunque tiene reservas al respecto, ya que duda: "Que la mayoría de los maestros realmente busque desarrollar las habilidades deseadas entre sus alumnos."<sup>4</sup> Con base en lo que llama "una rápida encuesta entre conocidos", descubre que "al igual que cuando nosotros estuvimos en la escuela primaria, el énfasis de las matemáticas sigue estando en las mecanizaciones. En todo caso, pensamos que la SEP debería estudiar cuidadosamente cuáles son las habilidades que los maestros están *realmente* desarrollando entre sus alumnos y debería capacitarlos para que las metas deseadas puedan ser alcanzadas".<sup>5</sup> Complementa esto con una nota de pie de página en la que aporta más datos que documentan su:

pesimismo respecto de los resultados que se van obteniendo en la educación matemática: en 1990 se llevaron a cabo dos exámenes nacionales, uno en primaria y otro en secundaria [...] El examen de primaria fue presentado por 3 248 niños de sexto gra-

<sup>3</sup> José Antonio de la Peña. "La enseñanza de las matemáticas: la crisis de las reformas", en *Revista de la Universidad Autónoma de México*, núm. 578-579, México, marzo-abril de 1999, pp. 16 s.

<sup>4</sup> *Idem*.

<sup>5</sup> *Ibidem*, p. 17.

do que obtuvieron en promedio en matemáticas una calificación de 4.39 [en la escala mexicana de calificaciones de 0 a 10, con 10 como máximo]; esta materia fue la de menor promedio entre las otras que formaron parte del examen. Recientemente, una encuesta (diseñada por el autor de este artículo y Michael Barot y realizada en la Ciudad de México por la Escuela de Trabajo Social de la UNAM) mostró que la pregunta Si al echar dos volados con una moneda normal obtiene usted águilas, ¿qué obtendrá con mayor probabilidad al echar el tercer volado?' sólo era contestada correctamente por 38% de los encuestados (entre estudiantes de la UNAM se obtuvo un impresionante -por lo bajo- 47% de respuestas correctas).<sup>6</sup>

Debido a toda esta problemática con las matemáticas, desde temprana edad los estudiantes adquieren actitudes de temor y rechazo hacia esta disciplina, lo que se irá acentuando en cursos posteriores, conforme aumenta el nivel de abstracción de los temas, por el arrastre de conceptos no entendidos, por las pocas oportunidades de participar activamente en el aprendizaje y por la escasa relación entre las matemáticas y la realidad del alumno.

Esto va a dificultar que el estudiante pueda complementar sus carencias matemáticas a través del autoaprendizaje con materiales tradicionales, como cuadernos de ejercicios y problemarios tomados de textos convencionales. Ya se ha probado en condiciones controladas,<sup>7</sup> según se detalla en la sección correspondiente, que el uso de materiales didácticos innovadores como los tutoriales UAM-X para usarse en equipo PC permite que los estudiantes aprendan, además de serles interesante y representar un reto (en una ocasión fuimos testigos cuando un estudiante exclamó "¡Cómo voy a permitir que me gane la máquina!" y reinició su sesión, dispuesto a triunfar en este "juego" de aprendizaje).

Otro problema con los materiales didácticos ya elaborados es que pocas veces coinciden con las necesidades de los estudiantes de la UAM-X, ya que la mayoría están basados en el esquema tradicional de materias por temas, que se imparten en cursos

<sup>6</sup> *Ibidem*, p. 17.

<sup>7</sup> E. Ariza y Ma. de Lourdes Fournier. *Efectos diferenciales del nivel de interactividad de diversos temas tutoriales sobre el aprendizaje de temas de Matemáticas y Computación en UAM-X*. Tesis inédita de maestría en desarrollo y planeación de la educación, México, 1995.

anuales o semestrales y no en forma modular (talleres) y por trimestres. Los contenidos rara vez van a coincidir con las necesidades de nuestros talleres trimestrales porque como ya se mencionó, están además en función del *tema eje* de cada módulo. Por otra parte, la portabilidad del software educativo presenta diversos problemas que influyen directamente en la dificultad de utilizar materiales traducidos del inglés, muy adecuados para el medio educativo de Estados Unidos, pero no necesariamente para México o productos españoles, con diferencias importantes de vocabulario, cultura y ambiente.

De esta manera, estamos convencidos de que el uso de materiales desarrollados especialmente para cubrir las necesidades de los estudiantes de la División de Ciencias Sociales y Humanidades de la UAM-X, tomando en cuenta sus características y las del Sistema Modular, sobre todo para temas de Matemáticas y Computación, en especial a través de tutoriales y multimedios, puede contribuir a mejorar el aprendizaje.

### **Estrategias de enseñanza y aprendizaje**

Uno de los problemas de docencia que se presentan cotidianamente en el aula es que el alumno carece de estrategias adecuadas de aprendizaje, lo cual le dificulta que éste sea significativo, entre otras cosas. Es fundamental que el estudiante logre un aprendizaje significativo, ya que de acuerdo con Ausubel,<sup>8</sup> si el aprendizaje es de este tipo se tiene una mejor retención. La condición necesaria hacia un aprendizaje significativo es que el material nuevo se presente en forma lógica y organizada, de tal manera que el estudiante pueda relacionarlo con el conocimiento que ya posee. Además, la motivación es un factor muy importante, y Ausubel la considera asociada a "estados internos del aprendiz como son la necesidad de saber, entender y resolver un problema [así como ...] alcanzar una posición y asegurarse la aprobación de pares y superiores".

Una de las actividades docentes que no se encuentran en el currículum formal, sino dentro del oculto, es la de promover actividades para que el alumno aprenda a

<sup>8</sup> En Herbert J. Klausmeier y Richard E. Ripple. *Learning and Human Abilities*: Harper and Row, EE UU, 1971, pp. 57-64.

aprender, para lo cual se le debe estimular a fin de que use las estrategias de aprendizaje adecuadas que le permitan lograr la adquisición de nuevos conocimientos al realizar procesos de asimilación y acomodación de sus marcos referenciales.

Por esto, en la base de conocimiento de los materiales de apoyo y autoaprendizaje desarrollados por nuestro equipo, ya sea en forma de notas, sistemas tutoriales o multimedios, es necesario plasmar las estrategias de enseñanza aprendizaje propuestas por el docente para proporcionarle al alumno la ayuda pedagógica necesaria a fin de que logre un aprendizaje significativo, es decir, estrategias que funcionen dentro del marco anterior.

Al trabajar en el *laboratorio virtual*, también se pretende mediante el uso de estas estrategias llegar a conocer, al menos en parte, cuáles son los procesos internos que promueven el aprendizaje en los alumnos. Lo anterior con un enfoque constructivista, considerando al estudiante como un agente activo, que va construyendo su propio conocimiento mediante la interacción con los materiales que se le presentan.

La parte básica de la fundamentación teórica de estos trabajos de elaboración de material educativo es el estudio y postulados de la teoría de procesamiento humano de información, la psicolingüística y la teoría piagetiana. De acuerdo con éstos, se tiene que las estrategias de aprendizaje deben promover actividades físicas tales como realización o repetición de conductas y operaciones, así como procesos mentales que se desarrollen frente a determinadas condiciones o al efectuar ciertas actividades, como ocurre ante la necesidad de resolver un problema, y al revisar nuevo material complementario o aclaratorio que facilite la asimilación o acomodación de información.

En las estrategias de enseñanza aprendizaje se deben plasmar los siguientes elementos:

- a) Lo que el maestro sabe y la forma en que lo enseña.
- b) La ayuda pedagógica que se debe proporcionar en el momento adecuado.
- c) El marco referencial del alumno.
- d) Las posibles conductas del alumno frente a los materiales.
- e) La forma de evaluar los aciertos y errores del alumno.

Además, al elaborar los materiales didácticos se debe cuidar que la forma de presentación de los contenidos sea adecuada al tipo de proceso (memorización, análisis o

síntesis) que se desee promover en los alumnos, según se detalla a continuación. En los diagramas aquí utilizados se emplea la letra *C* que refiere cualquier tipo de información presentada al aprendiz en forma de comentarios, definiciones, fórmulas y demás; *P* denota preguntas que deberá resolver para seguir avanzando; la letra *E* ejemplos explicativos; *EJ* ejercicios que funcionan de manera semejante a las preguntas, marcando así las posibles rutas a seguir; las flechas cortas indican el orden en que el usuario puede realizar el recorrido mínimo y las largas señalan las rutas que deberá usar después de cometer algún error. Para que lo anterior resulte más claro, ocurre que cuando se plantea una pregunta o se pide al aprendiz que resuelva un ejercicio y su respuesta es correcta, seguirá por la ruta mínima del material, mientras que en caso contrario entrará en una *secuencia remedid*, la cual puede ser tan compleja como el experto que diseñó el material lo haya considerado necesario para proporcionar a cada alumno, dependiendo de su desempeño, la ayuda pedagógica necesaria a fin de promover su aprendizaje.

Una secuencia remedial puede consistir simplemente en un retroceso que haga que el estudiante lea de nuevo la información base de la falla, pero también puede incluir preguntas o sugerencias que le ayuden a recordar o descubrir por sí mismo a qué se debió el error, para que así pueda llegar a la respuesta correcta. De esta forma, quien diseña el material, en la búsqueda y promoción de procesos internos de memorización, análisis y síntesis en el aprendiz, combina de diferentes formas la presentación de información, preguntas, ejemplos y ejercicios, así como de las secuencias remediales correspondientes a las respuestas incorrectas, de acuerdo tanto con su conocimiento experto del tema o contenido como de la manera de enseñarlo de la mejor forma.

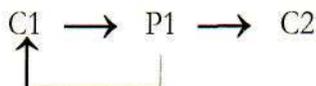
### *Memorización*

En la construcción de los materiales de autoaprendizaje, una forma de promover el proceso de *memorización* puede ser a través de presentar al alumno un tipo de información (comentarios, definiciones, fórmulas), seguida por una o más preguntas pertinentes. Como ya se dijo, una respuesta correcta le permite seguir avanzando, mientras que en caso contrario se le presenta una secuencia diferente, cuya estructura depende de lo que el experto haya considerado necesario para lograr los objetivos de aprendizaje propuestos.

En el aprendizaje de las matemáticas, parte del proceso se apoya en la memorización de cierta información como fórmulas, leyes, teoremas, valores específicos y similares. Para efectuar este tipo de estructura en un sistema tutorial o un multimedios, se utilizan secuencias didácticas en las que se presentan conceptos seguidos por una o varias preguntas para validar la memorización, como se ejemplifica en el esquema 1.

### Esquema 1

#### Ejemplo de una secuencia para promover memorización

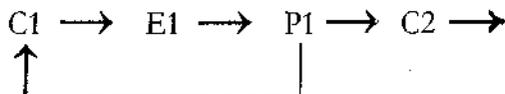


#### *Análisis*

El proceso de *análisis* puede lograrse mediante la presentación de nueva información, acompañada por ejemplos pertinentes comentados o resueltos, que irán seguidos por la o las preguntas necesarias para determinar o validar si el aprendiz logró comprenderla y alcanzar un nivel de abstracción sobre el material presentado. En el caso especial de las matemáticas, donde el material didáctico debe incluir ejemplos resueltos paso a paso, con frecuencia el alumno habrá de plantear una representación simbólica a partir de la información, apoyándose en ejemplos concretos, para así mostrar que ha alcanzado en su aprendizaje el nivel de análisis. En el esquema 2 se muestra una forma de instrumentar una secuencia del tipo anterior.

### Esquema 2

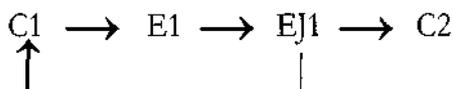
#### Ejemplo de una secuencia para promover el análisis



*Síntesis*

En tutoriales y multimedios, a fin de lograr un proceso de *síntesis*, se presenta al alumno la información necesaria para que, al operar sobre ella, llegue a la construcción de marcos referenciales de tipo general. En el caso de las matemáticas, se puede propiciar este proceso pidiéndole al aprendiz que resuelva un problema determinado, ya que para hacerlo con éxito, antes deberá haber efectuado procesos de memorización y análisis. El esquema 3 es un ejemplo de instrumentación de esta estrategia.

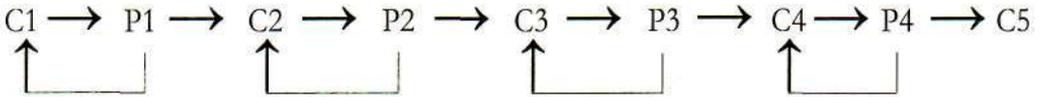
**Esquema 3**  
**Ejemplo de una secuencia para promover síntesis**

*Tiempo que se retiene un cierto conocimiento*

Con base en la teoría psicológica del constructivismo, en matemáticas se deben de ir construyendo los marcos referenciales generales a partir de marcos referenciales particulares. Una buena estrategia para validar que el alumno no adquiere el conocimiento solamente para aplicarlo en el momento inmediato, consiste en plantearle preguntas relacionadas con conocimientos adquiridos antes, preguntarle después de presentarle otra nueva información relacionada con la anterior o en cualquier momento avanzado de la sesión con el tutorial o multimedios, según se analiza en los siguientes incisos.

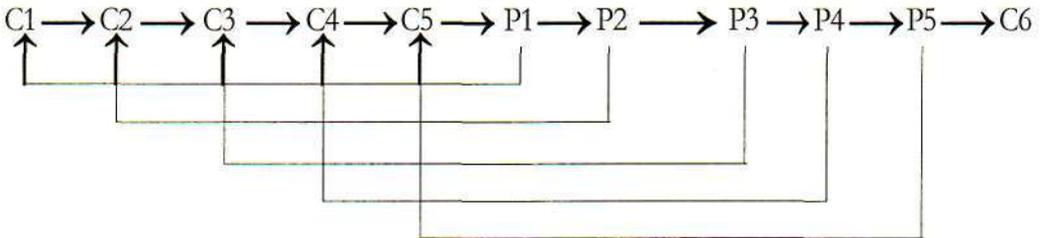
- a) La primera modalidad sirve para promover la memorización o comprensión del conocimiento y avanzar sólo si el aprendiz lo logra de una manera eficiente. Para ello se presenta un tipo de información y a continuación se plantea una pregunta relacionada, para así validar el proceso (esquema 4).

Esquema 4



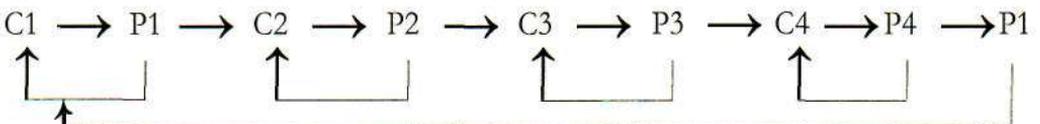
- b) La segunda modalidad se usa cuando además de la memorización de la información se busca que el alumno sea capaz de utilizar el conocimiento adquirido anteriormente, en cualquier momento posterior. Para ello, se le presenta al aprendiz una secuencia de comentarios, definiciones o fórmulas relacionadas por alguna causa (por ejemplo, sobre factorización) y al final se plantean preguntas relativas, como se ve en el esquema 5.

Esquema 5



- c) La tercera modalidad permite validar, ya sea al final de la lección o en algún punto estratégico, que el aprendiz sea capaz de recordar algún tipo de información que se considere fundamental o resulte parte medular de esa lección. Para lograrlo, se presenta la secuencia de información, seguida en forma inmediata por una pregunta relativa. También se pregunta en cualquier otro punto de la revisión de dicha lección, según el criterio experto del docente (esquema 6).

Esquema 6



## Producción de sistemas tutoriales

Los Sistemas Tutoriales son una de las formas usadas en la enseñanza por computadora como auxiliares para lograr el proceso de enseñanza aprendizaje. Su función es presentar conocimiento al estudiante por medio de un programa de computadora que se asemeje a un instructor privado y paciente que trabaje con un solo estudiante. Los Tutoriales UAM-X permiten individualizar la exposición del material para cada estudiante, quien avanza a su propia velocidad, llevar un registro de su desempeño y proporcionarle retroalimentación inmediata. Además, permiten la realización de ejercicios repetitivos para lograr el aprendizaje, y como el material se encuentra fraccionado en lecciones los usuarios pueden reiniciarlo a partir de cualquier punto, tal vez hasta donde se haya llegado en alguna sesión previa.

Los Sistemas Tutoriales UAM-X cuentan con un SHELL que está programado en LISP, en donde se encuentra el administrador de lecciones que se encarga de elegir la base de conocimiento necesaria para la revisión de una lección específica. Se cuenta también con un TUTOR, que toma como referencia la estrategia de enseñanza aprendizaje plasmada de acuerdo con la experiencia del docente para permitir al alumno la adquisición de los conocimientos específicos del tema.

De acuerdo con las estrategias analizadas en la sección anterior, en los Sistemas Tutoriales UAM-X no sólo se presentan conceptos, definiciones y comentarios al estudiante, sino que se le plantean preguntas y ejercicios, dosificados de acuerdo con la experiencia del docente que desarrolló el tema, que debe responder en forma interactiva a fin de comprobar si ha asimilado el conocimiento. Dependiendo de su respuesta, el estudiante seguirá una secuencia diferente en el transcurso de la lección, ya que cuando el TUTOR detecta a través de una respuesta incorrecta que el alumno no ha logrado adquirir el conocimiento, le guía a través de una secuencia remedial en la que se plantean los puntos de la falla en forma diferente y desglosada.

El contenido del tutorial de Análisis combinatorio se comenta más adelante; como una idea del mismo se tendría:

*Ejemplo de un comentario:*

Definición: si un evento  $A$  puede suceder de  $n$  formas diferentes y otro evento  $B$  puede suceder de  $n$  formas diferentes, entonces el evento compuesto "sucede  $A$  o sucede  $B$ " puede ocurrir de  $(m+n)$  maneras.

*Ejemplo de una pregunta:*

¿De cuántas formas diferentes puede un estudiante elegir un taller de Matemáticas y un laboratorio de idiomas, si en Artes Plásticas hay pintura, modelado y fotografía, y en idiomas se ofrece inglés y francés?

[ ] A... De  $1 + 1 = 2$  formas diferentes.

• B... De  $3+2 = 5$  formas diferentes.

• C... De  $3 \times 2 = 6$  formas diferentes.

*Ejemplo de un ejercicio:*

¿De cuántas formas diferentes puede un estudiante elegir un taller de Artes Plásticas de entre pintura, modelado y fotografía?

***Etapas de construcción de un sistema tutorial***

- *Planificación.* Aquí se precisan las necesidades, el contenido, los objetivos, las características de la población objetivo, el cronograma y las previsiones presupuestales.
- *Concepción.* Es la etapa de la elaboración del diseño y organización pedagógica, que incluye la selección y articulación de los recursos y métodos, así como la puesta en escena de los diversos mensajes pedagógicos en función de las posibilidades que ofrece el medio tecnológico.
- *Desarrollo.* Se refiere al desarrollo progresivo del sistema a partir del diseño elaborado. Aquí se realizan muchas evaluaciones formativas, según se avance en las partes del diseño pedagógico.
- *Evaluación.* Una vez elaborados los instrumentos de evaluación y determinadas las condiciones y modalidades de evaluación, se prueban los materiales, se procesan y analizan los resultados, y se estipulan las correcciones y ajustes necesarios.
- *Corrección.* Se efectúan los ajustes y correcciones surgidos de la etapa anterior. En general, va seguida de otro ensayo para fines de verificación.

***Recursos humanos***

Para producir un sistema Tutorial UAM-X se debe contar con un técnico-pedagogo que realice la ingeniería del conocimiento proporcionado por un experto en el con-

tenido, un experto en formación y un experto en la evaluación. No es necesario un programador, porque ya se cuenta con dos SHELLS, listos para llenarse con los diversos contenidos.

### **Recursos computacionales**

Una de las ventajas de uso de los Sistemas Tutoriales UAM-X es que se puede construir la base de conocimiento desde cualquier editor de texto y el TUTOR se ejecuta en cualquier equipo compatible con IBM con procesador 286 en adelante, sin que se requiera disco duro.

### **Producción de multimedios educativos<sup>9</sup>**

En general, la mayoría de los proyectos multimedios deben realizarse en etapas, algunas de las cuales tienen que efectuarse en serie, otras pueden desarrollarse a la vez y algunas incluso omitirse, combinarse o cambiar en cuanto a orden de realización. Se puede decir que las cuatro etapas básicas de un proyecto de multimedios de desarrollo institucional y para fines educativos son:

- *Planeación, factibilidad, tiempos y costos.* Es cuando se determina la necesidad educativa que se piensa cubrir, la población a la que estará dirigido el multimedios, el contenido curricular que abarcará y los objetivos educacionales a los que habrá de responder. Es necesario identificar cómo se efectuará cada trabajo específico dentro del sistema en desarrollo, cuáles serán las instancias institucionales responsables, determinar tiempos para la realización de las diversas actividades, estimar costos y asegurar los apoyos presupuestales correspondientes. En lo que se refiere a tiempo y costo, un proyecto multimedios, por modesto que parezca en su inicio, presenta exigencias muy por encima de las habituales

<sup>9</sup> Este apartado se basa en M. L. Fournier, *et al.* "Uso de material educativo por computadora para la enseñanza de temas de matemáticas y computación en la UAM-X", en *Iztapalapa*, núm. 48, enero-junio de 2000.

en el desarrollo de material educativo convencional, así que es de primordial importancia asegurar la posibilidad de ampliar plazos cuando así se requiera y contar con los incrementos presupuestales correspondientes.

*Diseño y producción.* Antes de entrar a la fase de producción, es necesario cuidar una serie de factores. Por lo que se refiere al equipo humano involucrado, es recomendable saber cuáles son los contenidos y el experto que los va a desarrollar, las características de arte gráfico, música, vídeo y otras habilidades relacionadas con la producción de multimedios que se requerirán. En lo referente con integración de medios, hay que generar una interfaz gráfica creativa, así como una estructura y sistema de navegación que permitan al usuario descubrir los mensajes y contenido con fluidez y facilidad. A lo largo de la producción, también se necesitan cuidadosas revisiones pedagógicas para garantizar la calidad educativa del producto final.

Cada uno de los integrantes del equipo deberá conocer con claridad cuáles son sus áreas de responsabilidad, los elementos de apoyo con los que cuenta y los tiempos de que dispone para efectuar su trabajo. Es necesario hacer reuniones de trabajo con frecuencia, que sirvan para coordinar los avances y evitar la acumulación de errores o el avance en líneas equivocadas.

Cuando sea posible, al ir concluyendo partes del proyecto, éstas se someterán a presentaciones de prueba con expertos en diversas áreas relacionadas, para saber si es necesario efectuar correcciones y reorientar lo que no funcione en forma correcta o tenga un desempeño dudoso.

*Prueba.* Una vez concluida la primera versión completa, hay que probar los programas multimedios en condiciones que se acerquen lo más posible a las de su uso final, para tener una relativa seguridad de que cumplen con sus objetivos frente a la población para la que se diseñaron, que trabajen adecuadamente en las plataformas computacionales deseadas y satisfagan las necesidades del usuario final.

*Distribución.* Aunque en general no se trata de productos destinados a la venta masiva sino a cubrir necesidades específicas de una institución, es precisamente en el interior de la institución donde se requiere poner en marcha los mecanis-

mos necesarios para llegar de la manera más directa a los usuarios para los que se hizo el trabajo. Entre las formas de distribución más recomendables se encuentran los centros de cómputo para alumnos, los destinados a profesores e investigadores, las bibliotecas y, de ser posible, vía Intranet. En un inicio es muy necesario que el material se ponga a disposición de los profesores, para que estos lo conozcan y así puedan recomendarlo a sus alumnos.

Cuando existan posibilidades de poner a la venta un multimedios, hay que cuidar el respeto de todos los derechos de autor involucrados. No hay que olvidar *que el uso de imágenes, música y sobre todo paquetería en productos que produzcan beneficios económicos a individuos o instituciones requiere licencias de uso y comercialización.*

### ***Equipo humano***

El equipo humano para un proyecto multimedios debe incluir, además del experto en el tema, la participación de un grupo de especialistas en las áreas de pedagogía, diseño gráfico, comunicación y, desde luego, computación (con capacidad para el diseño global de multimedios, de interfaces de usuario e integración de medios lo cual implica, entre otras cosas, el hábil manejo de audio y vídeo).

En los aspectos pedagógicos, se debe cuidar la secuencia del contenido; uso adecuado de elementos de motivación; que el contenido sea asequible y accesible para el usuario al que se destina; que se exploten de manera adecuada las posibilidades de interacción y secuencias en tiempo real; se incluyan opciones que permitan al estudiante controlar los tiempos de presentación y aprendizaje, así como variación en las formas de presentación del material (retrocesos, apoyos, sugerencias de material complementario, ayudas en línea); en general, es importante que se exploten de la manera más adecuada para el tema las posibilidades didácticas de este nuevo medio de enseñanza.

### ***Equipo de cómputo***

En general, hay que considerar que las dos plataformas más comunes para producir y distribuir proyectos de multimedios son la computadora Macintosh de Apple y cualquier computadora IBM-PC con microprocesador Intel o computadora PC clon

*que ejecute Windows de Microsoft. Estas computadoras, con sus interfaces gráficas de usuario e inmensas bases de muchos millones de usuarios en todo el mundo, son las de empleo más común hoy en día para el desarrollo y presentación de multimedia.*

Para la producción y presentación de multimedia, se necesita que la computadora posea buena capacidad de almacenamiento en disco duro (de preferencia entre 1 y 1.6 Gb), con velocidad de 75 a 100 Mhz, equipada con unidad CD-ROM mínimo de doble velocidad y sistema de sonido (tarjeta de sonido a 16 bits y bocinas estéreo). Además, debe tener tarjeta de vídeo con 1 Mb de VRAM.

Sin embargo, muchas de las etapas preliminares, como la escritura de las diferentes secciones del guión, se pueden efectuar con equipo convencional más modesto. Parte del manejo de imágenes fijas también se puede realizar en equipo con capacidades limitadas en cuanto a velocidad y almacenamiento, aunque el proceso puede resultar muy lento.

### ***Paquetería***

Con base en lo anotado en la sección anterior, es claro que en el inicio de un proyecto un procesador de palabras y un paquete de diseño son de utilidad. Aplicaciones de presentación como Power Point son una buena ayuda para visualizar aspectos relacionados con el guion de navegación.

Para la integración de medios resulta indispensable paquetería especializada como ToolBook, HyperCard, SuperCard, Authorware Professional o Director, que sólo corren en máquinas multimedia. También puede emplearse con ventaja la programación directa en lenguajes como C++ o Visual BASIC, lo que proporciona mucha mayor libertad en el desarrollo del material, aunque puede tomar más tiempo y, si no hay buena comunicación entre los integrantes del equipo de producción, llevar a resultados inesperados y comportamientos impredecibles de secuencias complicadas, como pueden ser juegos y enlaces múltiples.

### **Fase de prueba del material educativo innovador**

Dadas las características de los materiales hasta aquí propuestos, puede considerarse casi natural el interés del equipo por tratar de determinar su efectividad en el uso, de

ahí que se hayan efectuado en diferentes momentos serios esfuerzos para lograr su validación.

La primera validación la dio, de manera informal, el éxito del uso de los primeros sistemas tutoriales como complemento del trabajo efectuado en sesiones convencionales en el aula y posteriormente en las salas de cómputo, sobre todo para el Taller de Matemáticas de Tronco Divisional de Sociales.

Como parte del trabajo de tesis de maestría en Desarrollo y Planeación de la Educación, en 1995 se efectuó una serie de pruebas de sistemas tutoriales en que participaron 204 estudiantes de segundo y tercer trimestre de Ciencias Sociales de la UAM-X, en condiciones cuasi experimentales, considerando dos variables principales: el nivel de interactividad de los sistemas (no interactivos e interactivos) y el tipo de conocimiento presentado (declarativo y procedimental). Para medir el aprendizaje a corto plazo se aplicó un pretest con una sección de preguntas sobre el tema, que además incluía un perfil del participante, y al concluir la sesión de trabajo de dos horas se aplicó un post-test de conocimiento. En los sistemas interactivos preparados para estudio se incorporó por primera vez una característica de programación LISP que es la base del laboratorio virtual, por medio de una función que registra el tipo individual de recorrido que cada estudiante realiza para lograr adquirir el conocimiento que se le está presentando.

De manera condensada, entre los resultados más importantes de 1995 se obtuvo que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las variables que tipifican el perfil de alumno y su desempeño en el uso de los sistemas tutoriales. Por medio de la prueba no paramétrica de intervalos con signos para observaciones apareadas de Wilcoxon se determinó que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el desempeño antes y después del uso de los dos tipos de sistemas tutoriales (los valores absolutos de  $Z$  siempre resultaron mayores de 1.96 para la región de rechazo de la hipótesis nula, con un valor alfa de 0.05), base con la que se puede afirmar que sí hubo aprendizaje observable.

En cuanto a la variable tipo de conocimiento, por medio de un análisis de varianza se encontró que sí existe diferencia estadísticamente significativa entre esta variable (7.19, mayor que la  $F$  en tablas igual a 3.041, para una alfa de 0.05) y el desempeño del estudiante al usar los materiales computarizados. Al afinar aún más el análisis estadístico, por medio de la distribución Chi cuadrada y la prueba  $U$  de Mann-Whitney pudo determinarse que, para los grupos participantes en el estudio, mientras

más bajo es el nivel de interactividad que propicia el material utilizado por el alumno es más baja la eficiencia en su aprendizaje. De todos los materiales utilizados en esta primera fase de experimentación, la mayor eficiencia estadísticamente medida para el aprendizaje fue con el tutofial interactivo de análisis combinatorio, en el que se presentan al aprendiz amplias y ricas secuencias remediales cuando comete errores (secuencias en las cuales se desglosa el conocimiento para hacer que el usuario refuerce los conocimientos que son básicos antes de continuar avanzando) para obtener una construcción paulatina y completa del conocimiento.

Con la incorporación al repertorio de materiales educativos multimedios, a fines de 1998 se decidió iniciar una nueva etapa de prueba de materiales, sólo que con un enfoque ampliado para obtener información tanto cuantitativa como cualitativa y ahora como parte de un trabajo de tesis doctoral.

Por medio de un diseño de investigación de múltiples casos, en el cual cada caso tiene un diseño interno cuasi experimental, se probaron en el receso intertrimestral de invierno 98/99 y en los trimestres 99I y 99P tanto materiales educativos innovadores (tutoriales y multimedios) como formas convencionales de enseñanza, además de combinaciones de los mismos. Del diseño experimental anterior se conservó la variable tipo de conocimiento, que con base en la psicología cognitiva se tipifica como declarativo y procedimental (el primero se refiere a hechos y conceptos y por lo general se adquiere a través de exposiciones, lecturas y reflexión, mientras que el segundo implica poseer destrezas dirigidas a la acción que se pueden adquirir gradualmente por la práctica), con dos nuevas variables "tipo de enseñanza" (convencional, nuevos materiales y combinación), "contenido" (historia de las computadoras y análisis combinatorio) y "presión" (actividad fuera de evaluación o con efectos para calificación del trimestre). Otra variable, fuera del control del experimento, fue el grado de utilidad que los estudiantes asignaron a cada tema, siendo muy bajo para la historia de las computadoras y elevado para análisis combinatorio, ya que en opinión de los participantes (y de acuerdo con la estructura de la disciplina) es muy difícil entender el resto del programa de probabilidad de sexto trimestre de administración si no se poseen operativamente las bases de la combinatoria. Esta última variable, que en este experimento sólo se pudo apreciar cualitativamente, forma parte de lo que para efectos de este trabajo se podría llamar simplistamente la "motivación de alumno", la cual creemos se relaciona también con la antes mencionada "presión".

Tal vez otro elemento presente en esta prueba sea el grado de madurez de los participantes, ya que en esta ocasión se incluyeron estudiantes de Tronco Divisional de Sociales (segundo y tercer trimestres de estancia en la universidad) y de la carrera de administración (sexto trimestre), integrantes de algunos de los grupos a nuestro cargo pero también gracias al apoyo de varios colegas. El diseño se hizo de esta forma porque los dos temas elegidos corresponden a contenidos opcionales de los programas de esos trimestres, que por falta de tiempo es común no se cubran en clase.

En total se generaron trece casos, cinco para enseñanza convencional (clase frente a grupo, lectura, uso de notas con ejercicios resueltos y conferencia con diapositivas), cuatro para nuevos materiales (tutoriales, multimedios y conferencia apoyada en multimedios) y cuatro para combinaciones de medios (clase frente a grupo con lectura o uso de notas con ejercicios además de uso de un multimedios o tutor). Es importante anotar que la prueba experimental de combinaciones de medios surge de la propia investigación, a partir del inicio del trabajo cualitativo, ya que fue durante la segunda sesión de grupo de enfoque cuando uno de los asistentes, con el consenso de los demás, señaló: "Hay que usar todo, libros, explicación en clase y nuevos materiales." Participaron en el experimento 282 estudiantes, 148 para conocimiento declarativo y 134 para el procedimental.

El contenido desarrollado en los materiales para conocimiento declarativo, Historia de las Computadoras, fue: Formas primitivas de calcular; Los logaritmos y huesos de Napier; Primeras máquinas para calcular; Antecedentes directos de las computadoras; Ahora las cosas suceden en América; La primera generación de computadoras; La segunda generación de computadoras; La tercera generación de computadoras; Los microprocesadores; El futuro. Para el conocimiento procedimental, Introducción al Análisis Combinatorio, fue: Introducción; Principios básicos de conteo; Problemas y definición del principio fundamental; Permutaciones de  $n$  elementos tomados todos a la vez; Problemas de permutaciones; Permutaciones de  $n$  elementos tomando  $r$  de ellos; Combinaciones; Problemas de combinaciones.

Entre los resultados más importantes que se empiezan a perfilar en este momento se tiene que la variable "presión" resulta determinante, ya que fueron precisamente los dos casos en los que la puntuación del post-test tendría efecto en la evaluación trimestral de los estudiantes donde se presentó la mayor diferencia entre ambas pruebas, en una escala de cero a diez, siendo 6.1 para las notas con ejercicios de análisis combinatorio y 4.7 para la combinación de lectura, exposición del profesor, uso de

multimedios y nueva lectura sobre historia de las computadoras. Este primer resultado apunta en el sentido de que un conjunto de notas en las que sólo se presupongan conocimientos verdaderamente básicos en el estudiante, con una cuidadosa construcción gradual del vocabulario y acervo de expresiones matemáticas (notación y fórmulas), con ejemplos resueltos paso a paso y ejercicios manejados de la misma forma, sí pueden apoyar la enseñanza de temas matemáticos; creemos que parte de las características ventajosas de estas notas es que no se desarrollaron desde cero como tales, sino que son una presentación convencional de la base de conocimiento que se maneja en el tutorial y multimedios sobre el mismo tema, que ya se había probado y mejorado en su uso durante varios años.

Los niveles más bajos de aprendizaje, medido de nuevo como la diferencia media entre las puntuaciones de pretest y post-test, expresada en una escala de cero a diez, fue para la clase convencional de análisis combinatorio con 4.82 y la conferencia apoyada con multimedios para historia de las computadoras con 2.5. El hecho de que durante una clase normal de matemáticas los alumnos hayan alcanzado un incremento bajo en sus conocimientos resulta muy preocupante, ya que ésta es la modalidad más utilizada para enseñar estos temas. Glaeser ya anotaba que en la enseñanza de las matemáticas existe un "dogmatismo pedagógico",<sup>10</sup> que no toma en cuenta el desarrollo real del niño (Glaeser, al igual que Piaget, realizó múltiples experimentos con niños), basado entre otras cosas en lo que llama, con humor galo, "exposición milagrosa", cuyo postulado dice: "Para que el alumno pueda entender, es suficiente presentarle una exposición clara y correcta. Cada capítulo de las matemáticas tiene una o varias presentaciones ortodoxas que asegurarían el éxito pedagógico."<sup>11</sup> De esta forma, basta confeccionar lecciones modelo para lograr el éxito en el aprendizaje, de manera casi independiente del nivel de conocimientos previos, maduración y motivación de los alumnos, lo cual Glaeser considera incorrecto, ya que lo más conveniente es presentar las cosas repetidas veces, ser redundantes y buscar la motivación sin intentar de inicio una precisión que impida la visión de conjunto. La exposición milagrosa, se contrapone al hecho de que "la adquisición de las nociones de mate-

<sup>10</sup> G. Glaeser. *ha Conception Génétique*, libro 2, cap. 1: Université Louis Pasteur, Strasbourg, Francia, mimeo, 1978, p. 7.

<sup>11</sup> *ídem*.

maricas no se logra sino al término de una psicogénesis sumamente larga. Las fases de maduración progresivas se ven interrumpidas por las aportaciones bruscas y el cruce de umbrales. [...] El postulado de la exposición milagrosa se opone así al principio genético del aprendizaje en espiral (lanzado a la fama por Jérôme Brunér) donde cada tema se revisa gran número de veces en niveles cada vez más elevados".<sup>12</sup> Para cerrar este párrafo, las bajas puntuaciones para la clase de análisis combinatorio parecen ser precisamente una muestra del fracaso de una bien cuidada exposición de clase, frente a la cual los estudiantes no lograron que ocurriera *el milagro*, cosa que tal vez se encuentre en el fondo de la desesperación de la mayoría de los profesores de matemáticas frente a la aparente incapacidad de éxito de sus estudiantes en esta disciplina.

La baja puntuación de 2.5 para la conferencia con apoyo multimedios no es muy preocupante, ya que el mejor empleo de estos materiales es a través de su uso individual, como bien lo indicaron los participantes de la sesión en sus comentarios. Lo que sí merece atención especial es el hecho de que la penúltima puntuación más baja en este tema fue para la lectura, con 2.6, hecho que nos dice mucho como docentes de matemáticas y computación, ya que existen ocasiones en que recurrimos al uso de materiales complementarios en forma de lecturas como la utilizada, sin ilustraciones y con términos técnicos que el alumno debería consultar en el diccionario o glosario. Las notas del experimento incluían un glosario que consultó el 84% de los lectores, aunque la mitad de ellos indicaron que les habían cansado esos textos, les había parecido una pérdida de tiempo, les había cansado o no les había ayudado, mientras que dos alumnos "nunca usan diccionarios al leer". Parece ser que los estudiantes de la UAM-X comparten algunas características negativas con el resto de los estudiantes del país, entre ellas las relacionadas con dificultades en la lectura. De acuerdo con Argudín y Luna: "[...] en la educación media-superior y superior un significativo porcentaje de alumnos no comprende el sentido de lo que lee, no capta las ideas y sentimientos que el autor expresa y esto lo incapacita para ejercer la crítica de un texto escrito, y más aún para interpretarlo correctamente."<sup>13</sup> Estas

<sup>12</sup> *Ibidem*, pp. 2, 9.

<sup>13</sup> Yolanda Argudín y María Luna, *has habilidades de lectura en la docencia universitaria: una propuesta de enseñanza aprendizaje*. Reflexiones educativas 2: Universidad Iberoamericana, México, 1996, p. 7.

mismas autoras rían elaborado una taxonomía para clasificar los niveles de lectura del alumno universitario, en la que el mayor nivel es el A y "pronostica un rendimiento escolar eficiente"; el nivel B "pronostica un rendimiento regular", el C "pronostica un bajo rendimiento" y el D "pronostica incapacidad para rendir académicamente en la universidad".<sup>14</sup> Además presentan resultados preliminares sobre un muestreo en 44 instituciones universitarias de todo el país, que "expresan la magnitud de la problemática [ya que] un 68% de los estudiantes preparatorianos y universitarios se encuentran en los Niveles de Comprensión Lectora C y D. Menos del 5% de los alumnos alcanzan el Nivel A, propio del alumno universitario".<sup>15</sup>

Acerca del resto de los casos, para el *conocimiento procedimental*, es decir, análisis combinatorio, después del máximo de las notas acompañadas por la presión de la calificación trimestral, de mayor a menor el siguiente valor medio para la diferencia entre pre y post-test correspondió a la combinación de clase más tutor, con 4.5, seguida por el uso solamente del tutor, con 4.4, el multimedios, 4.13; en penúltimo lugar quedó la combinación de clase, notas y tutorial, con 3.8. Para historia de las computadoras, *conocimiento declarativo*, la distribución del mismo indicador es diferente, con la combinación de clase, notas y el uso del multimedios en segundo lugar, con un valor de 3.3. Después se encuentra la clase, con 3.2, seguida por el uso del multimedios solo, con 3.1. Como se anotó arriba, en penúltimo y último puesto se encuentran la lectura y la conferencia apoyada en multimedios, respectivamente.

Sobre los materiales de aprendizaje por computadora, puede observarse que en su utilización en forma aislada se presentan indicadores con valores intermedios para ambos tipos de conocimiento, mientras que por lo general al usarlos en combinación con otros métodos se ubican por arriba del valor central o mediana, lo cual coincide con los planteamientos permanentes de nuestro grupo de trabajo en el sentido de que son más útiles como complemento de la enseñanza en el aula, de las lecturas y de los demás formatos tradicionales.

<sup>14</sup> *Ibidem*, pp. 14-16.

<sup>15</sup> *Ibidem*, p. 15.

## Conclusiones y recomendaciones

De entre todos los resultados obtenidos, acerca de los materiales innovadores, se puede afirmar que lo obtenido al utilizar este laboratorio virtual muestra que el alumno necesita estar de alguna manera motivado para lograr un aprendizaje significativo, recibir los contenidos de manera repetitiva, con el apoyo de ejemplos, ejercicios y explicaciones complementarias sobre todo para el conocimiento procedimental. Para el conocimiento declarativo, resulta fundamental la motivación, dada por la obligatoriedad de un tema o la convicción de que es útil para el alumno, ya que de otro modo no ocurre aprendizaje o resulta muy bajo. Como parte de los elementos que pueden contribuir a incrementar la motivación del aprendiz, resultan muy importantes los aspectos lúdicos (como pantallas a color, animaciones, vídeos y simulaciones), según se obtuvo al efectuar el análisis cualitativo de los comentarios de los participantes en la segunda prueba experimental (no presentados en este artículo).

Tal vez la mejor aplicación educativa de los multimedios tipo enciclopedia (como el de la historia de las computadoras) sea como material de consulta, a través de la búsqueda de lo relacionado con una temática específica. Por ejemplo, utilizar este multimedios para que el alumno investigue y pueda presentar en clase todo lo relativo a microprocesadores o a mujeres en la ciencia podría propiciar una búsqueda dirigida y una lectura que aunque parcial pudiera resultar más provechosa para el aprendizaje.

Otro elemento importante es que el alumno debe interactuar con el material educativo para lograr el conocimiento si se quiere que reconstruya sus marcos referenciales, para de ese modo lograr que realmente aprenda y esto tal vez se logre en mayor medida con la cuidadosa combinación de medios: una buena clase más notas claras, concisas, ordenadas, con muchos ejemplos y ejercicios resueltos, presentados gradualmente, más el uso autónomo de materiales por computadoras parecen apuntar hacia una posible solución. También resulta claro que el trabajo autónomo solo, ya sea con materiales innovadores o notas del tipo antes descrito, no es adecuado para nuestro tipo de estudiante, ya que el análisis de opiniones en los casos experimentales para estos medios indica una sensación de aislamiento que estaría relacionada con la pérdida de interés. La clase por sí misma puede tener el mencionado efecto de "exposición milagrosa", pero puede complementarse con provecho a través de la realización de ejercicios en clase, tal vez por equipos de trabajo, donde se da una

construcción grupal de conocimiento, cosa que conocemos y aprovechamos la mayoría de los docentes en las sesiones en los laboratorios de cómputo, donde son los estudiantes más adelantados quienes una vez terminada alguna tarea se ocupan de ayudar a los demás, enseñando y al mismo tiempo reafirmando su conocimiento. Si este trabajo grupal ocurre después de haber leído sobre el tema y teniendo a la vista notas con las fórmulas, ejemplos y ejercicios necesarios, dando tiempos suficientes para la conclusión de tareas específicas, es más probable que los estudiantes logren el manejo eficiente del conocimiento procedimental matemático.

Se observa además que una buena base de conocimiento, a partir de material de apoyo para clase, probado con el tipo específico de aprendiz al que se destina, se puede transformar en notas con ejemplos y ejercicios resueltos, un sistema tutorial o en un multimedios para construir cada día mejores herramientas que ayuden en la labor docente.

Es importante reconocer que cada tipo de presentación de contenidos educativos tiene ventajas propias: facilidad de producción, lectura y reproducción en el caso del material impreso; costo relativamente bajo de producción y reproducción de los sistemas tutoriales, aunque para su lectura se requiere equipo sencillo de cómputo, pero la presentación es pobre y las posibilidades de uso de elementos gráficos y animaciones más bien limitadas; los elevados costos de producción y lectura de los materiales educativos multimedios van junto con posibilidades casi ilimitadas de empleo de hipervínculos y de material gráfico de todo tipo, como son fotos fijas, vídeos, animaciones y simulaciones. Serán consideraciones de tipo práctico, como pueden ser las limitaciones de tiempo y presupuestales para la producción, o la escasez de equipos para uso de los alumnos, las que es un momento dado habrán de tomarse como guía para decidir qué forma de presentación puede ser la más adecuada para determinado contenido.

Como docentes de matemáticas, a partir de una amplia experiencia donde se han detectado los problemas en diferentes niveles educativos, considerando el tipo de estudiante y el tipo de conocimiento, se recomienda que es necesario promover que los alumnos aprendan a aprender, para que sean ellos promotores de su propio conocimiento y que exploten los diferentes medios que están a su alcance.