

## **AMBIENTES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE ENRIQUECIDOS CON COMPUTADOR**

**Alvaro H. Galvis Panqueva**

---

### **RESUMEN**

En este artículo se analiza un uso particular del computador en la educación: como medio de enseñanza-aprendizaje (E-A). Se analizan los Materiales Educativos Computarizados (MECs) en sus diferentes dimensiones y se explora la posibilidad que cada una tiene de enriquecer el proceso de E-A. Así mismo, se estudian las condiciones y requerimientos asociados al uso de MEC dentro del currículo escolar. Por otra parte, se recorren las diferentes etapas de un proceso sistemático para desarrollo de MEC, destacando las distintas posibilidades que se presentan y los requerimientos técnicos y operativos para llevar a cabo cada una de ellas. El documento concluye señalando algunas implicaciones del uso de MEC y llamando la atención de administradores y docentes sobre las posibilidades y los requerimientos para hacerlas realidad.

### **EL COMPUTADOR COMO MEDIO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE**

Los computadores pueden jugar diversos roles en educación, pero sobre ninguno se ha hablado tanto y hecho tan poco como el de servir de medio de enseñanza-aprendizaje. En efecto, el computador como objeto de estudio está siendo ampliamente tratado en casi todos los niveles y modalidades educativas; a nivel social y personal hay una creciente demanda para aprender acerca del computador, por los beneficios personales y sociales que esto conlleva. Por otra parte, el computador como herramienta de trabajo ha transformado muchos ambientes laborales, entre ellos el educativo, simplificando los aspectos operativos y amplificando la labor intelectual de quienes tienen acceso a computadores y programas de propósito general (p.ej., procesadores de texto, hojas de cálculo, manejadores de bases de datos, graficadores). Sin embargo, el computador como medio de enseñanza-aprendizaje es en buena medida un sueño que sólo hacen realidad algunos grupos de investigación o de innovadores que producen o que utilizan estos apoyos en sus labores docentes, pero no es aún una posibilidad real para la gran masa de usuarios educativos de computadores.

Qué ha influido en esto? Qué repercusiones tiene? Qué debemos hacer? En qué medida podemos prepararnos para hacer efectivo el potencial cuando existan las condiciones apropiadas? Estas y otras preguntas nos interesará resolverlas a lo largo de este trabajo, diferenciando lo que un Material Educativo Computarizado (MEC) puede ser en sí

mismo y lo que se requiere del entorno educativo para que el MEC cumpla con el efecto esperado.

Comienzo mi presentación diciendo que no considero lamentable que este uso particular del computador en educación sea el de auge más limitado, al menos en países en desarrollo. Quizás ha sido provechoso en muchos de ellos no contar aún con condiciones apropiadas para un uso generalizado del computador como medio de enseñanza-aprendizaje. La falta de equipos de computación suficientes en los planteles educativos, la limitada disponibilidad de MECs que se adecuen a los currículos locales y a las características de los estudiantes, la incipiente preparación de los docentes en informática educativa, entre otras cosas, han hecho que predominen otros usos educativos del computador y tracen una pauta de desarrollo inicial en informática educativa (IE). Lo provechoso tiene que ver con el hecho de que, entre tanto, ha sido posible generar a nivel de la comunidad investigativa y de centros de excelencia en IE, experiencias y conocimientos que orientan un buen uso del computador como medio de enseñanza-aprendizaje. No siempre ha sido así, como lo demuestra un estudio hecho por la Universidad de Johns Hopkins [1] en 1985, donde se dice que cerca del 70% del MEC evaluado por ellos no tenía la calidad esperada : o carecía de valor educativo, o de calidad computacional o de los dos. Puede uno preguntarse ¿qué criterios se usan para afirmar esto? y ¿qué factores inciden en lograr tales resultados?

Respecto a lo primero, espero que de este artículo puedan los lectores obtener sus propios criterios. Lo segundo, es claro que el factor predominante ha sido la falta de uso de una tecnología educativa y computacional apropiada por parte de los desarrolladores. Expertos en informática que no son duchos en educación difícilmente pueden producir MEC con calidad educativa, y educadores que no dominan la tecnología computacional tampoco pueden producir MEC con calidad computacional. Se impone o bien trabajo en equipo interdisciplinario o poseer preparación que combine las dos áreas.

### **Los MECs en el concierto de los medios de enseñanza-aprendizaje**

Entrando al terreno de los MECs, es decir, del computador como medio de enseñanza-aprendizaje, diré que con ellos se trata, ante todo, de complementar lo que con otros medios y materiales de E-A no es posible o es difícil de lograr. A diferencia de lo que algunos educadores temen, no se trata de reemplazar con MEC la acción de otros medios educativos cuya calidad está bien demostrada. Esta aproximación racionalizante no es extraña, si se piensa que el computador es un bien escaso y también costoso, cuyo uso debe ofrecer máximos beneficios, en este caso educativos. Veamos esto qué implicaciones tiene en el rol que debiera asumir un MEC.

No tiene sentido usar un computador para que haga las veces de libro electrónico. Entre otras cosas, el libro de texto es portátil, no requiere de equipos para poder leerlo, se puede subrayar, es barato. No tiene sentido pretender reemplazar el libro de texto con un material que se limite a duplicar estas funciones a mayor costo y con mayores requerimientos de uso. Por el contrario, es importante complementarlo con materiales que superen algunas de sus limitaciones, como pueden ser su falta de interactividad (no se puede mantener un diálogo entre el lector y el libro) y su limitada capacidad para brindar información de retorno diferencial a las respuestas que dan los aprendices a los ejercicios dentro del material.

Los materiales audio-visuales, por su parte, no conviene emularlos en el computador, creando presentaciones audio-visuales computarizadas que despliegan imágenes con variados grados de movimiento, color y acompañadas de sonido. En el computador se pueden lograr estos efectos, mas no es la solución más rentable poner tales materiales a disposición de los usuarios usando computadores como medio de presentación. Resulta más rentable capturar en video-cinta tales imágenes y rodarlas en equipos apropiados, máxime si hay necesidad de proyectarlas. De hecho los efectos computarizados se constituyen en un magnífico insumo de los programas audio-visuales, mas no son un fin en sí mismos. Lo que tiene sentido es aprovechar el potencial audio-visual del computador y de los medios con que se puede interconectar (p.ej., video-cintas, video-discos) para crear ambientes interactivos en los que se vivencien situaciones que hagan posible el aprendizaje. Interactividad, una cualidad particular del computador, es una de las condiciones esenciales para que un audio-visual tenga ganancia al ser enriquecido con computador.

Los ambientes vivenciales, por su parte, altamente deseables cuando se requiere experiencia directa sobre el objeto de conocimiento, no siempre están disponibles para que los estudiantes los exploren. En unos casos se trata de fenómenos naturales que se presentan sólo de vez en cuando y en ciertos lugares (p.ej., es imposible que usted observe cualquier estrella o constelación desde cualquier parte del planeta o en cualquier momento, pero un simulador apropiado le permitiría hacerlo); en otros casos, puede ser arriesgado que el aprendiz participe directamente en el proceso (p.ej., nadie se deja operar por un aprendiz de cirujano, pero no daña a nadie que el aprendiz interactúe con un sistema que simule las condiciones del paciente y donde puede someter a prueba y mejorar su capacidad de tomar decisiones a lo largo de una operación); en otros casos, puede ser costoso que cada alumno lleve a cabo la experiencia, siendo lo usual que el profesor la realice a modo demostrativo (por el contrario, un laboratorio simulado puede permitir al aprendiz llevar a cabo experiencias que le den un sentido de lo que conlleva el fenómeno de interés). Con los medios audio-visuales convencionales se pueden capturar algunas imágenes de los ambientes vivenciales, (p.ej., con una video-cámara se captan detalles de un parto, de una explosión atómica o de algún otro fenómeno), pero esto no brinda al aprendiz la

oportunidad de participar en la experiencia. El computador, por su parte, permite crear o recrear situaciones que el usuario puede vivir, analizar, modificar, repetir a voluntad, dentro de una perspectiva conjetural (qué pasa si..) en la que es posible generar y someter a prueba sus propios patrones de pensamiento.

El trato humano que da un profesor, por lo demás, difícilmente puede reemplazarse con MEC. Los sistemas de comunicación hombre-máquina aún son bastante primitivos como para que haya una verdadera relación dialogal pensante entre usuario y máquina, a pesar de que los esfuerzos en el área de inteligencia artificial han dado logros significativos. El docente, apoyado con recursos pertinentes en las funciones que puede delegar en los medios y materiales de aprendizaje, se convierte así en un creador y administrador de ambientes de aprendizajes que sean significantes para sus alumnos, al tiempo que relevantes y pertinentes a lo que se desea que aprendan. El computador puede ser uno de estos medios, complementario a otros de que puede echar mano el profesor.

## LOS MATERIALES EDUCATIVOS COMPUTARIZADOS

No todos los programas que corren (i.e., que se pueden ejecutar) en un computador entran en la categoría de Materiales Educativos Computarizados (MECs). Es importante por esto, hacer unas breves y claras distinciones entre los tipos de programas que los usuarios educativos pueden encontrar cuando utilizan un computador.

### **Tipos de software y los MECs**

En primera instancia, el término inglés *software*, que corresponde a soporte lógico o programa en español, es aplicable a toda colección de instrucciones que sirve para que el computador cumpla con una función o realice una tarea.

El nivel más básico de software lo constituye el sistema operacional y consta de un conjunto de programas que controlan la operación del computador.

Otro importante grupo de programas son los lenguajes y sistemas de programación. Tienen variados niveles de complejidad y sirven para que los usuarios den instrucciones a la máquina sobre cómo llevar a cabo ciertas operaciones que son relevantes. Un caso particular de esta categoría son los "lenguajes autores" y los "sistemas autores", orientados a autoría de algunos tipos de MECs.

Cuando un conjunto de instrucciones escrito en un lenguaje de programación se convierte en (es traducido a) código ejecutable directamente por la máquina y se almacena como tal, contamos con una aplicación.. El dominio o campo de utilización

de las aplicaciones puede tener variados grados de especificidad o generalidad. Por ejemplo, un sistema de nómina no puede manejar otro tipo de datos que los allí previstos, mientras que un procesador de texto puede servir para preparar cualquier tipo de material textual, en función de lo que el usuario desee hacer. Es decir, hay aplicaciones de uso general y de uso específico.

A nivel educativo suele denominarse software educativo a aquellos programas que permiten cumplir o apoyar funciones educativas. En esta categoría caen tanto los que apoyan la administración de procesos educacionales o de investigación (p.ej., un manejador de bancos de preguntas) como los que dan soporte al proceso de enseñanza-aprendizaje mismo (p.ej., un sistema para enseñar alguna clase de contenido o para descubrirlo a partir de experiencias sobre un micro-mundo). En aras de clarificar a qué nos estamos refiriendo por Material Educativo Computarizado (MEC), diremos que es a las aplicaciones que apoyan directamente el proceso de enseñanza-aprendizaje, a las que en Inglés se denomina courseware (i.e., software educativo para los cursos).

### **Clases de MECs**

Ahora podemos adentrarnos sin problemas de terminología en el terreno de los MECs. Los hay de varios tipos, dependiendo de la función que intentan apoyar y del enfoque educacional que da soporte a la misma.

Una gran clasificación de los MECs es la propuesta por Thomas Dwyer [2], ligada al enfoque educativo que predomina en ellos : algorítmico o heurístico. Un material de tipo algorítmico es aquel en que predomina el aprendizaje vía transmisión de conocimiento, desde quien sabe hacia quien lo desea aprender y donde el diseñador se encarga de encapsular secuencias bien diseñadas de actividades de aprendizaje que conducen al aprendiz desde donde está hasta donde desea llegar. El rol del alumno es asimilar el máximo de lo que se le transmite. Un material de tipo heurístico es aquel en el que predomina el aprendizaje experiencial y por descubrimiento, donde el diseñador crea ambientes ricos en situaciones que el alumno debe explorar conjeturalmente. El alumno debe llegar al conocimiento a partir de la experiencia, creando sus propios modelos de pensamiento, sus propias interpretaciones del mundo, las cuales puede someter a prueba con el MEC.

Otra forma de clasificarlos es por las funciones mismas que asumen, claro está, ubicables dentro de la taxonomía antes presentada. A nivel algorítmico podemos distinguir los sistemas tutoriales y los sistemas de ejercitación y práctica. Dentro de la categoría heurística se distinguen los simuladores, los juegos educativos, los lenguajes sintónicos y algunos sistemas expertos. En cualquiera de las dos grandes categorías pueden ubicarse los sistemas inteligentes de aprendizaje apoyado con computador, dependiendo del rol que esté asumiendo el material. Cada uno de ellos tiene cualidades

y limitaciones que bien vale la pena detallar, a efectos de favorecer una selección apropiada del tipo de MEC que mejor corresponde a una necesidad educativa.

### Sistemas tutoriales

Los Sistemas Tutoriales, como su nombre lo indica, asumen las funciones de un buen tutor, guiando al aprendiz a través de las distintas fases del aprendizaje, mediante una relación dialogal. Típicamente un tutorial incluye las cuatro grandes fases que según Gagné [3] deben formar parte de todo proceso de enseñanza-aprendizaje : la fase introductoria, en la que se genera la motivación, se centra la atención y se favorece la percepción selectiva de lo que se desea que el alumno aprenda; la fase de orientación inicial, en la que se da la codificación, almacenaje y retención de lo aprendido; la fase de aplicación, en la que hay evocación y transferencia de lo aprendido; y la fase de retro-alimentación en la que se demuestra lo aprendido y se ofrece retroinformación y refuerzo. Esto no significa que todos los tutoriales deben ser iguales, como se verá a continuación.

El sistema de motivación y de refuerzo que se emplee, depende en gran medida de la audiencia a la que se dirige el material y de lo que se desee enseñar. Con niños la motivación puede ir ligada a personajes animados o a juegos que se introducen como parte del material, mientras que con adultos la competencia, la fama o el dinero suelen utilizarse como sistemas de recompensa y ser buenos motivadores.

La secuencia que se sigue, por su parte, depende en buena medida de la estructura de los aprendizajes que subyacen al objetivo terminal y del mayor o menor control que desee dar el diseñador a los usuarios. Por ejemplo, en un tutorial con menú (se ofrecen opciones al usuario para que escoja lo que desea aprender o hacer) el aprendiz puede decidir qué secuencia de instrucción sigue, mientras que cuando se lleva historia del desempeño del aprendiz el diseñador puede conducir al usuario por rutas que ha prefijado en función del estado de la historia.

Las actividades y el entorno del aprendizaje también dependen de lo que se esté enseñando y de su nivel, así como de las personas a las que se dirige. En todos los casos es importante que el ambiente sea significativo para los aprendices (de aquí la necesidad de tomar en cuenta la audiencia). Pero dependiendo del tipo de aprendizaje de que se trate, las condiciones críticas que se deben cumplir son diferentes. Por ejemplo, según Gagné para aprender información verbal es crítico crear un contexto organizado y significativo, mientras que en las habilidades intelectuales la secuencia jerárquica y la cantidad y variedad de ejercicios son fundamentales.

Las oportunidades de práctica y la retro-información asociada están directamente ligadas con lo que se esté enseñando y son parte muy importante del

sistema tutorial. Dependiendo de lo que el alumno demuestre que ha aprendido al resolver las situaciones que se le presenten, el sistema deberá valorar lo hecho y tomar acciones que atiendan las deficiencias o los logros obtenidos. Por ejemplo, un grupo de aciertos puede hacer que el alumno pase a la siguiente unidad de instrucción, mientras que un grupo de fallas puede llevar a obtener instrucción remedial y complementaria con la ya obtenida. Lo que no tiene sentido es desperdiciar el potencial que tiene un MEC tutorial limitándose a decir al alumno "intente otra vez" cuando falla. La información de retorno debe reorientar al estudiante hasta donde sea posible; cuando esto no lo es más, debe desencadenar un nuevo ciclo de instrucción que favorezca un aprendizaje guiado.

Desde la perspectiva de los tipos de aprendizaje para los que puede ser útil un sistema tutorial, una estrategia de transmisión de conocimientos es aplicable sólo para los niveles de aprendizaje reproductivo. En la taxonomía de Bloom podrían lograrse aprendizajes cognoscitivos hasta el nivel de aplicación, el cual equivale en la taxonomía de Gagné al uso de reglas. Los niveles altos de pensamiento (según Bloom análisis, síntesis o evaluación, equivalentes a solución de problemas según Gagné), en los que el aprendizaje es eminentemente productivo antes que reproductivo, los sistemas tutoriales poco efecto pueden tener, si se considera que el aprendizaje productivo exige desarrollar modelos propios de pensamiento, asunto que está por definición en contravía con la idea de transmitir los modelos de pensamiento del autor del material.

La utilidad de los sistemas tutoriales, aún dentro de la perspectiva anterior, no es poca. Si bien en las categorías inferiores y media del dominio cognoscitivo muchos otros medios y materiales tienen un buen potencial de uso, el computador se vuelve particularmente útil cuando se requiere alta motivación, información de retorno diferencial e inmediata, ritmo propio, secuencia controlable por el usuario parcial o totalmente. No es que no se puedan enseñar reglas, Vg., ortografía, operaciones con fraccionarios ... recurriendo a los medios convencionales de enseñanza. Sin embargo, hay evidencia amplia de que estas destrezas no se desarrollan con el nivel deseado, a pesar de que se enseñan en la primaria, secundaria y aún en la universidad. En estos y en casos semejantes el computador está llamado a ofrecer un ambiente entretenido, amigable y excitante que permita a los alumnos superar el desgano que la temática les genera y embarcarse en una experiencia que les ayude a superar las limitaciones que tengan en el uso de tales destrezas.

### Sistemas de Ejercitación y Práctica

Como lo sugiere su denominación, se trata con ellos de reforzar las dos fases finales del proceso de instrucción : aplicación y retroinformación. Se parte de la base de que mediante el uso de algún otro medio de enseñanza, antes de interactuar con el MEC, el

aprendiz ya adquirió los conceptos y destrezas que va a practicar. Por ejemplo, antes de que sus alumnos usen el MEC respectivo, el profesor de matemáticas explica las reglas básicas para efectuar operaciones con números fraccionarios, da algunos ejemplos y asigna ejercicios del texto para trabajo individual. Dependiendo de la cantidad de ejercicios que traiga el texto y del mayor o menor detalle que posea la reorientación, el alumno podrá llevar a cabo suficiente aplicación de lo aprendido y obtener información de retorno. Sin embargo, la retro-información estática que provee un texto difícilmente puede ayudar al usuario a determinar en qué parte del proceso cometió el error que le impidió obtener el resultado correcto. Por esto, es conveniente complementar el trabajo del alumno usando un buen programa de ejercitación y práctica en el que pueda resolver variedad y cantidad de ejercicios y, según el proceso que siguió en su solución, obtener información de retorno diferencial.

En un sistema de ejercitación y práctica deben conjugarse tres condiciones : cantidad de ejercicios, variedad en los formatos con que se presentan y retro-información que reoriente con luz indirecta la acción del aprendiz. No hay discusión de que la transferencia y la generalización de la destreza depende en buena medida de las dos primeras condiciones. Respecto a la reorientación, no tiene sentido dejar al estudiante sin ayuda (intente otra vez) o simplemente darle la respuesta al segundo o tercer intento. Lo primero no da ganancia marginal al MEC sobre otro tipo de material y lo segundo refuerza malos hábitos de estudio, toda vez que inconscientemente se refuerza la pereza mental del usuario cuando cae en cuenta de que una forma fácil de obtener la solución correcta es no pensando, limitándose a contestar mal dos o tres veces seguidas. Se impone, por consiguiente, dar la oportunidad de reprocesar la respuesta, dando pistas o criterios aplicables a la misma; cuando esto ya no es posible, cabe una solución guiada, pero no una respuesta directa.

Otros factores importantes en los sistemas de ejercitación y práctica son los sistemas de motivación y de refuerzo. Como de lo que se trata es de que el aprendiz logre destreza en lo que está practicando, y esto no se logra sino con amplia y variada ejercitación, es importante crear un gancho dentro del programa que promueva que el usuario haga una cantidad significativa de ejercicios que estén resueltos bien y sin ayuda. La competencia puede ser un motivador efectivo (competencia contra otros estudiantes, contra el computador, contra uno mismo, o contra el reloj). La variedad de despliegues de pantalla también es motivante, así como la fijación de metas y el suministro de recompensas relacionados (p.ej., baila un muñeco si logra tantos puntos, entra en la galería de la fama si ...). También cabe administrar castigos (p.ej. pierde puntaje) asociados a comportamientos no deseados (ensayo y error, demora en responder ...).

Una clase particular de sistemas de ejercitación y práctica son los "tutoriales por defecto", en los que como desenlace de la etapa de retro-información, cuando el



desempeño es defectuoso, el usuario recibe instrucción supletoria de las deficiencias detectadas. También cabe en esta clase de sistema híbrido dar la oportunidad al usuario de elegir cuándo y qué instrucción supletoria recibir.

Otra variedad importante son los sistemas de "sobre-ejercitación por defecto", en los que el computador mantiene un perfil-diagnóstico de las habilidades que ha logrado el usuario y de las que no y, a partir de esto, le propone más ejercicios sobre las áreas en que muestra mayores dificultades y las reorienta con variados grados de apoyo.

Los sistemas de ejercitación y práctica comparten con los tutoriales la limitación ya planteada en cuanto al tipo de aprendizajes que apoyan. Sin embargo, juegan un papel muy importante en el logro de habilidades y destrezas, sean éstas intelectuales o motoras, en las que la ejercitación y reorientación son fundamentales.

### Simuladores y juegos educativos

Ambos poseen la cualidad de apoyar aprendizaje de tipo experiencial y conjetural, como base para lograr aprendizaje por descubrimiento. La interacción con un micro-mundo, en forma semejante a la que se tendría en una situación real, es la fuente de conocimiento.

En una simulación aunque el micro-mundo suele ser una simplificación del mundo real, el alumno resuelve problemas, aprende procedimientos, llega a entender las características de los fenómenos y cómo controlarlos, o aprende qué acciones tomar en diferentes circunstancias. Las simulaciones intentan apoyar el aprendizaje asemejando situaciones a la realidad; muchas de ellas son bastante entretenidas, pero el entretenimiento no es una de sus características principales. Por el contrario, los juegos pueden o no simular la realidad pero sí se caracterizan por proveer situaciones excitantes (retos) entretenidas. Los juegos educativos buscan que dicho entretenimiento sirva de contexto al aprendizaje de algo, dependiendo de la naturaleza del juego [4].

Las simulaciones y los juegos educativos pueden usarse en apoyo de cualquiera de las cuatro fases del aprendizaje: pueden ser sólo motivantes, o añadir a esto la oportunidad de descubrir el conocimiento, de afianzarlo practicando en variedad de situaciones y en cada una de ellas recibir información de retorno diferencial.

Lo esencial, en ambos casos, es que el alumno es un agente necesariamente activo, que además de participar en la situación debe continuamente procesar la información que el micro-mundo le proporciona en forma de situación problemática, condiciones de ejecución y resultados. En estos ambientes vivenciales de aprendizaje,

una vez que el aprendiz hace suyo el reto propuesto por el profesor o por el sistema, él es actor y fuente principal de aprendizaje, a partir de su propia experiencia.

El micro-mundo por sí solo no es suficiente. Hay necesidad de generar o proponer situaciones por resolver. Las situaciones excitantes, además de servir de motores para la acción, dan sentido y orientación a lo que el aprendiz hace. En ocasiones el usuario trabaja por ensayo y error, probando cosas a ver qué resulta y, a partir de esto, intentar resolver el reto. Pero también es usual que el aprendiz se trace hipótesis basado en su experiencia y conocimientos acumulados, a modo de síntesis de lo que ya sabe. En ambos casos, al poner en práctica sus ideas, al ver en el computador el efecto que ellas tienen, el aprendiz obtiene información de retorno implícita, inherente a un nuevo estado del sistema, la cual él debe descifrar para saber qué pasa en el interior del simulador o del juego y determinar cuál es la norma o principio que guía su comportamiento. Este proceso inquisitivo, experiencial y analítico es el que ayuda a que el aprendiz desarrolle sus propias estrategias de pensamiento.

La acción del profesor u orientador no puede suprimirse al usar estos dispositivos de computación. Si no hay quién induzca al alumno al mundo del simulador o del juego educativo, que le ayude a entender el escenario y las herramientas con que se va a apoyar en él, difícilmente va a saltar dentro del micro-mundo a resolver situaciones. En la medida en que una sección tutorial del material puede suplir esta fase, el orientador puede dejarla al material. La exploración del micro-mundo en modo "a ver qué pasa si ..." es buena en tanto el aprendiz se familiariza con el escenario y con sus herramientas; de esta forma va descubriendo aquellos detalles que, aunque se los digan, en tanto no los vive no los incorpora. Pero una vez que se está ducho en el manejo del simulador o del juego, es importante que el orientador proponga problemas al estudiante, con complejidad creciente si es posible, de manera que la exploración y la conjetura contribuyan a su solución. Cuando el alumno haya logrado su meta, es imprescindible que el orientador interpele al usuario sobre lo aprendido, de manera que promueva la explicitación de los principios derivados. Hay evidencia [5] de que el aprendizaje procedimental sobre solución de problemas es en buena medida tácito para alumnos y profesores, por lo que se requiere hacerlo explícito, en este caso reflexionando sobre la experiencia vivida, para que se convierta en una heurística (principio general) útil para otras situaciones.

Es obvio que la situación que se vive en un simulador o en un juego es de por sí motivante. Su solución requiere una combinación de destreza, conocimiento, intuición y, por qué no, de suerte. Sin embargo, para que la motivación se mantenga o se incremente, es importante que haya asociadas a un buen desempeño ciertas recompensas que sean relevantes al usuario, lo mismo que cierta clase de castigos ligados al error repetido, de modo que controlen el mero ensayo y error. Los puntajes y el dinero suelen ser buenos elementos para crear sistemas de motivación y de refuerzo.

La utilidad de los simuladores y juegos depende en buena medida de la necesidad educativa que se va a atender con ellos y de la forma como se utilicen. Como motivantes, son estupendos. Para favorecer aprendizaje experiencial, conjetural y por descubrimiento, su potencial es tan o más grande que el de las mismas situaciones reales (en ellas no se pueden hacer todas las cosas que se hacen en un micro-mundo, al menos durante el mismo rango de tiempo). Para practicar y afinar lo aprendido, cumplen con los requerimientos de los sistemas de ejercitación y práctica, sólo que de tipo vivencial. En cualquier caso, para que un simulador o juego educativo sea un dispositivo para aprendizaje heurístico, el manejo por parte del orientador debe ser coherente con esta filosofía, evitando ser directivo, creando retos, iluminando con luz indirecta y, sobre todo, teniendo confianza en que sus alumnos serán capaces de lograr lo propuesto [2]. Profesores que piensan que ellos y sólo ellos pueden dar en el clavo, que no dan a sus estudiantes la oportunidad de pensar, de equivocarse y de corregir, difícilmente podrán sacar provecho real a dispositivos educativos como estos.

### Lenguajes sintónicos

Una forma particular de interactuar con micro-mundos es haciéndolo con la ayuda de un lenguaje de computación, en particular si es de tipo sintónico. Como dice Papert [6] un lenguaje sintónico es aquel que no hay que aprender, que uno está sintonizado con sus instrucciones y que se puede usar naturalmente para interactuar con un micro-mundo en el que los comandos sean aplicables. Este es el caso de LOGO, el lenguaje que entiende la tortuga geométrica y cuyas instrucciones permiten que la tortuga se mueva, deje trazo, aprenda instrucciones... El alumno se puede valer de él para hacer que la tortuga cumpla tareas (resuelva problemas) que son de interés para él o que han sido propuestos por el profesor. Otro ejemplo de lenguaje sintónico lo constituye el que entiende Karel, un robot creado por Richard Pattis [7], el cual puede entender un conjunto de instrucciones relacionadas con objetos y situaciones que suceden en un mundo bidimensional.

En el uso de lenguajes de computación que permiten interactuar con micro-mundos es clave no sólo la naturalidad con que se pueda usar el lenguaje; también lo es la posibilidad de practicar la estrategia de "refinamiento a pasos" (refinamientos sucesivos) en la solución de problemas, la cual es base de la programación estructurada. El trabajo del profesor, quien al disponer de un lenguaje sintónico poco tiene que preocuparse por hacer entender las instrucciones o su sintaxis al aprendiz, es promover que éste resuelva los problemas descomponiéndolos en sus partes y a su vez cada una de ellas en nuevas partes, hasta que llegue a enunciados que tienen solución directa por medio del uso de una instrucción que entiende el computador.

Esta forma de abordar la solución de problemas, en la que se refleja la heurística de "divide y vencerás", es impuesta por el programa interpretador del lenguaje y debe ser promovida por el profesor. No basta con que el alumno halle situaciones intermedias que permitan pasar de la situación inicial a la final (esto podría manifestarse en el uso de una colección larga de instrucciones lineales), sino que es importante que lo haga con base en un refinamiento sucesivo de tales situaciones (lo cual arroja como resultado una estructura arbórea de sub-problemas y procedimientos para resolverlos).

Lo anterior es quizás la más destacada diferencia entre los simuladores, juegos educativos y los lenguajes sintónicos. Sólo en los últimos se exige dar solución estructurada al problema en cuestión, es decir, una que conlleve división del problema en subproblemas. El programa interpretador o el programa compilador del lenguaje sintónico verifica que los procedimientos con que se especifica la solución y sus componentes mantienen una estructura arbórea que sea reflejo de la solución estructurada.

A pesar de que el uso de un lenguaje disminuye la interactividad entre el usuario y el micro-mundo (la respuesta a lo que se define con el lenguaje está diferida en el tiempo), esto no sacrifica la significancia en lo que se hace (el micro-mundo y las situaciones también son excitantes) ni suprime los requerimientos de crear sistemas de motivación y refuerzo apropiados, como tampoco de hacer un manejo de la situación por parte del profesor que esté en consonancia con el modelo horizontal de educación (en contraposición al vertical, de transmisión de conocimientos).

La principal utilidad de los lenguajes sintónicos, al menos de los dos que hemos mencionado, es servir para el desarrollo de estrategias de pensamiento basadas en el uso de heurísticas de solución de problemas. Esto, de por sí, es una gran ganancia.

### Sistemas expertos

Una clase muy particular de sistemas para aprendizaje heurístico son los llamados sistemas expertos. Estos son sistemas de computación capaces de representar y razonar acerca de algún dominio rico en conocimientos, con el ánimo de resolver problemas y dar consejo a quienes no son expertos en la materia [8].

Desde el punto de vista del usuario-aprendiz, el experto es un sistema que además de demostrar gran capacidad de desempeño en términos de velocidad, precisión y exactitud, tiene como contenido un dominio de conocimientos que requiere gran cantidad de experiencia humana, no sólo principios o reglas de alto nivel, y que es capaz de hallar o juzgar la solución a algo, explicando o justificando lo que halla o lo

que juzga, de modo que es capaz de convencer al usuario de que su razonamiento es correcto [Ibíd.].

Esta capacidad de razonar como un experto es lo que hace a estos sistemas particularmente útiles en el desarrollo de la experiencia de los aprendices en dominios en que es necesario obtenerla. Por ejemplo, un médico anestesiólogo no puede darse el lujo de equivocarse con pacientes en la vida real, pero los casos que se le presentan en la universidad y en su práctica supervisada no necesaria

mente agotan todas las posibilidades. En un caso como este, es importante que el futuro profesional tenga la oportunidad de ganar bastante y relevante experiencia razonada. Para esto sirve un sistema experto.

Debe haber una forma de crear la base de conocimientos que permitirá al sistema experto comportarse como tal. Para esto hay que recurrir a un verdadero especialista en la materia, a quien se le pide colaboración para tratar de formalizar lo que conoce sobre el tópico de interés y las estrategias que utiliza para razonar acerca de lo que sabe. Se denomina Ingeniería del Conocimiento al proceso de construir un sistema experto y se lo considera Inteligencia Artificial aplicada, a pesar de que se lo que se trata es de capturar la inteligencia natural que subyace al comportamiento del experto humano.

Por otra parte, es necesario crear o conseguir un sistema de computación capaz de contener la representación del conocimiento específico que suministra el experto, a la que se llama "base de conocimientos" y de llevar a cabo el razonamiento que se deriva al contrastar los hechos que se suministren al sistema con la base de conocimientos; a esto se lo llama "motor de inferencia" y es una entidad completamente separada de la base de conocimientos. Esto implica que uno puede perfeccionar por separado la base de conocimientos y el motor de inferencia.

Así mismo, es indispensable crear un sistema de intercomunicación con el usuario no experto (interfaz con el usuario-aprendiz), aquel que requiere de la experiencia del sistema para recibir orientación sobre lo que debe hacer (uso del experto en modo consulta) o para recibir retro-información sobre lo que hace en ese dominio de conocimientos (uso del experto en modo supervisión). Esta interfaz es la que permite suministrar los hechos que alimentan la operación del sistema experto.

A diferencia de un simulador, en un sistema experto es posible recomponer el raciocinio que se siguió para llegar a las conclusiones o a la solución, pidiendo explicación sobre el razonamiento seguido. Esto usualmente implica hacer seguimiento a los módulos del conocimiento que se activaron durante el raciocinio, en qué orden y a partir de qué datos. Esta posibilidad de ver hacia atrás o de volver atrás es natural en

los sistemas expertos y por esto se los considera particularmente útiles como dispositivos educativos.

Otras razones que dan utilidad educativa a un experto son las siguientes [9] : en la etapa de su diseño el esfuerzo intelectual que exige formalizar las reglas que se van a incluir puede llevar al diseñador a un mayor o más detallado conocimiento del universo de que se trata. Por otra parte, la estructura misma de un sistema experto permite visualizar el conocimiento y el proceso de aprendizaje desde una perspectiva sistémica como una unión de información o conocimiento y control o reglas de estructuración y manipulación de este conocimiento. En tercer lugar, dado que un sistema experto encierra lo que sabe un experto acerca de un dominio específico, resulta razonable pensar en él como base de un sistema individualizado de aprendizaje apoyado con computador en ese dominio.

### Sistemas Inteligentes para Aprendizaje Apoyado con Computador

Una aplicación de los esfuerzos en Inteligencia Artificial, en particular derivada del uso de sistemas expertos, es la creación de Sistemas Inteligentes para Aprendizaje Apoyado con Computador (SIAAC). Estos, sin embargo, no se pueden ubicar en una sola de las dos grandes categorías de MECs, toda vez que un SIAAC se caracteriza por ajustar la estrategia de apoyo al aprendizaje a las necesidades del usuario y a su desempeño y conocimientos previos. De esta forma, puede ofrecer oportunidades de aprendizaje memorístico, a partir de ejemplos, a partir de reglas, por analogía, por descubrimiento o por combinación de estrategias [10].

La idea básica en un SIAAC es la de ajustar la estrategia de instrucción y el contenido de ésta a las particularidades o características y expectativas del aprendiz. Para hacer esto posible, es necesario que el SIAAC, además de los componentes típicos de un sistema experto -base de conocimientos experta, motor de inferencia, interfaz con usuario y hechos- cuente con un "modelo del estudiante", en el cual se modela la base de conocimientos que el aprendiz demuestra tener ("base de conocimientos aprendiz") y sirve como piedra angular para que otro componente, un "módulo tutor" decida sobre las estrategias de instrucción que son deseables de aplicar para el logro de una base de conocimientos en el aprendiz que sea como la base de conocimientos experta.

En el aprendiz hay una estructura de procesamiento de información que maneja las interrelaciones con el ambiente y maximiza el uso de sus experiencias y conocimientos previos hacia el logro de las expectativas u objetivos de aprendizaje, al tiempo que permite la demostración del logro de estos mediante respuestas o propuestas generadas por él. En forma semejante, en el SIAAC hay estructuras equivalentes que manejan las interrelaciones entre él y el aprendiz. Estas son las

llamadas "funciones de aprendizaje" y las "funciones de respuesta", las cuales son generadas por el módulo tutor.

Respecto a las funciones de aprendizaje, el módulo tutor debe contar con un conjunto de estrategias de enseñanza, cuya escogencia depende del tipo de estrategias de aprendizaje que son aplicables para promover el logro de un determinado tipo de "conocimiento experto" deseado y al estado del conocimiento ya logrado por el aprendiz. Esto le permite escoger como "funciones de aprendizaje" estrategias que tengan una alta probabilidad de acercar el estado de la base de "conocimiento aprendiz" al de la base de "conocimiento experto". Para lograr esto, es evidente que se necesita un conocimiento del estado inicial de la base de "conocimiento aprendiz", a menos que uno asuma que no sabe nada, lo cual no es realístico en muchos casos.

Respecto a las funciones de respuesta, el módulo tutor debe contar con un generador de situaciones por resolver, aplicables a la evaluación del estado de "conocimiento aprendiz" respecto a la base de "conocimiento experto" deseado.

Las dos funciones anteriores permiten actualizar la base de "conocimiento aprendiz" con base en las respuestas dadas por el estudiante a las situaciones que se presentan mediante la función de respuesta y con base en las acciones de enseñanza que se toman mediante la función de aprendizaje.

La anterior descripción de un SIAAC revela la necesidad de una Ingeniería de Conocimiento muy minuciosa y bien fundamentada, toda vez que no se trata sólo de formalizar lo que un experto en el área de contenido sabe y las estrategias que utiliza para razonar acerca de lo que sabe, sino que también es necesario formalizar conocimiento respecto a cómo promover diferentes tipos de resultados de aprendizaje que sean relevantes en la base de conocimiento del experto, a partir de diferentes estrategias que sean aplicables (aprendizaje memorístico, a partir de ejemplos, a partir de reglas, por analogía, por descubrimiento o por combinación de estrategias). Así mismo, destaca la necesidad de formalizar situaciones de evaluación apropiadas a cada componente de la base de conocimientos experta, como fundamento para el diagnóstico del estado de conocimiento del aprendiz.

Los SIAAC son por ahora más un campo de investigación que de práctica, toda vez que tanto en las ciencias cognitivas como en las de la computación está por perfeccionarse el conocimiento que haga eficiente este tipo de MECs. El análisis profundo que es necesario respecto a cada una de las estrategias de enseñanza y de la forma de llevarlas a la práctica con apoyo del computador es de por sí una gran contribución. Su importancia radica en la posibilidad de crear y someter a prueba ideas educativas valederas con las que se enriquezcan las ciencias de la educación y de la computación.

### **Enriquecimiento del proceso de E-A con MECs**

La discusión sobre las clases de MECs nos sirve de base para analizar si los MECs están en capacidad de enriquecer la educación. Esto puede entenderse de dos maneras : ¿se tratará simplemente de hacer lo mismo que se puede hacer ahora en educación, pero quizás con más eficiencia o eficacia? o ¿se tratará de lograr resultados que hoy en día, con los medios convencionales, difícilmente se pueden lograr?

Yo pienso que ambas posibilidades tienen cabida.

Habrán situaciones en que los medios usuales de enseñanza-aprendizaje tienen bastante potencial, pero resulta difícil al profesor hacerlo efectivo bajo las condiciones de masificación, tiempo o recursos que pueden estar ligadas al trabajo diario. Tal puede ser el caso de las habilidades y destrezas básicas de pensamiento, muchas de las cuales se pueden desarrollar con medios como tiza y tablero, material impreso..., pero que, en ciertos casos resultan insuficientes; en tales ocasiones un material de tipo algorítmico puede brindar oportunidades de individualizar ritmo, secuencia y aún contenido de enseñanza, al tiempo que es motivante para el estudiante.

También hay situaciones en que con los medios usuales poco se puede hacer para alcanzar lo deseado, como cuando se trata de enseñar a resolver problemas, de desarrollar el juicio crítico, la creatividad, o cuando es necesario vivir la experiencia como base para llegar al conocimiento. Los sistemas de tipo heurístico tienen el gran potencial de poder apoyar el logro de estas habilidades, siempre y cuando el profesor u orientador del proceso de E-A haga un adecuado manejo, i.e., que esté también dentro de los principios del aprendizaje heurístico.

Lo esencial en cuanto a ganancia marginal en eficiencia y eficacia en procesos de aprendizaje, por parte de un MEC, es no perder de vista el criterio básico de selección (utilizar MEC siempre y cuando no haya un mejor medio de enseñanza-aprendizaje para lograr lo mismo) y las condiciones asociadas a cada tipo de MEC y a su manejo. Estos tres ingredientes son la clave de un buen uso de MECs en la actividad escolar.

### Incorporación apropiada de MEC en el currículo

Si la ganancia potencial de un MEC depende de su cuidadosa selección frente a necesidades educativas, de su calidad como tipo de MEC y del manejo del ambiente de aprendizaje apoyado con computador que haga el educador, ¿qué otros cuidados debe tomar un docente cuando decide complementar su trabajo con MEC?



Es fundamental asegurar las condiciones necesarias para uso del MEC : suficientes equipos con disponibilidad de uso para que los alumnos puedan aprovechar el material, MEC que sea compatible con el equipo y de la calidad necesaria para subsanar las necesidades educativas detectadas y priorizadas, alfabetización en uso de computador previa y exitosa para los grupos de alumnos y de profesores que van a usar el material, y colegas que ojalá compartan el entusiasmo por el uso del MEC o que al menos estén dispuestos a vivir la experiencia.

Los colegas que usen el material deben sentirse cómodos con él, dominarlo, de modo que no haya temores de reemplazo o de desplazamiento por parte del MEC. Muy posiblemente la incorporación del MEC al currículo va a conllevar cambios que exceden el simple uso del material. Si, como ya se ha discutido, se decide usar un material de tipo heurístico, es trascendental que se haga conciencia sobre la necesidad de un cambio de enfoque para el manejo de los ambientes de aprendizaje y, si es del caso, que se efectúen entrenamientos al respecto.

También es importante analizar con el grupo de profesores del área de contenidos en qué forma y momento conviene usar el material. La necesidad que dio origen al mismo señala el para qué, mientras que el material que se seleccione o que se prepare circunscribe el cómo, pero no lo limita. La actividad del alumno en el material debe planearse. Hoy en día muchos MECs ofrecen al profesor la posibilidad de afectar el contenido, por ejemplo editando ejercicios o ejemplos, definiendo cada cuántos ejercicios correctos se da refuerzo a cada alumno, definiendo para cada individuo el punto de partida, las metas o la cantidad de ejercicios correctos que debe alcanzar por módulo; en fin, dan la posibilidad de administrar parte del proceso. Aun si el material no ofrece posibilidades de manejo como las descritas, cabe decidir qué material impreso va a acompañar al MEC, qué actividades conviene desarrollar con qué grupos de alumnos, en fin, cómo conviene hacer uso del material.

Los alumnos, por su parte, deben superar la excitación que conlleva el uso de un medio novedoso, mediante alfabetización en uso de computadores que les permita entender la máquina y su forma de utilización. De esta manera, cuando se ligue el MEC al currículo, podrá darse un uso no mágico del mismo y podrá centrarse la atención y el esfuerzo en el desempeño de las tareas propuestas.

### **CICLO DE DESARROLLO DE MEC**

Ahora que conocemos con mayor detalle lo que se puede y lo que conviene o no hacer con MECs, es clave dedicar una sección a la discusión de cómo llegar a disponer del material, sea mediante su desarrollo o mediante su selección y validación.

El modelo que presentaré es fruto de mi experiencia en desarrollo de software educativo y está detallado e instrumentado en los materiales de un curso de Ingeniería de Software Educativo que dirijo [11]. Existen otros modelos para desarrollo de software educativo, la mayoría también de corte sistemático, cuya revisión puede ayudar al lector interesado [ 4, 12, 13 ].

### Análisis de necesidades educativas: punto de partida

Todo MEC, como se deriva de la discusión anterior, debe cumplir un papel relevante, en función de necesidades educativas que sean difíciles de satisfacer con otros medios educativos. Esto implica que, previo a que se desarrolle o se consiga un MEC, es necesario determinar : (1) cuáles necesidades educativas existen, (2) cuáles se pueden satisfacer con medidas administrativas y cuáles con medidas académicas, (3) cuáles de las soluciones académicas se pueden llevar a la práctica usando medios diferentes al computador y finalmente (4) cuáles conviene apoyar con computador. Con esta información es posible definir qué requerimientos debe cumplir el MEC y, con base en esto, establecer qué tipo de MEC es más conveniente para atender las necesidades priorizadas.

Y ¿cómo identificar las necesidades? ¿qué criterios usar para llegar a decidir si se amerita una solución computarizada ? ¿Con base en qué decidir sobre el tipo de MEC que más conviene para satisfacer una necesidad dada?

Interesa identificar y consultar fuentes apropiadas para la cuali-cuantificación de necesidades educativas. Por una parte, se puede recurrir a los currículos existentes e identificar en ellos qué requiere que sea enseñado con apoyo de computador, necesariamente. Por ejemplo, si se contempla un curso de "diseño y evaluación de MECs", es claro que en tal caso se deben usar MEC para lograr lo previsto. Sin embargo, no todos los cursos pre-definen los medios necesarios. Por otra parte, se puede recurrir a fuentes mediatas e inmediatas para establecer deficiencias en la ejecución de los currículos. El análisis de los índices de promoción y retención por curso, por ejemplo, permite establecer cuáles son las asignaturas problemáticas en un plan de estudio. Esto, sin embargo, no indica dónde está el problema, ni a qué se debe. Para identificar exactamente dónde está fallando el proceso de enseñanza-aprendizaje es necesario revisar las notas de los alumnos en cada una de las unidades de instrucción de los cursos donde hay problemas. Para saber por qué se está fallando en una unidad de instrucción, se impone recurrir a métodos exploratorios y analíticos. Por ejemplo, se puede indagar con alumnos y profesores acerca de las razones o causas del fracaso en las unidades problemáticas. También se puede hacer análisis de los materiales de instrucción, de los instrumentos de evaluación, de la dosificación y secuencia de las unidades, así como de los requisitos aplicables.

Una vez que se han identificado los problemas y posibles causas, dependiendo de estas se buscan posibles soluciones. Si el problema es originado por razones administrativas (p.ej., no hubo docente o materiales durante el período lectivo), la solución debe ser también administrativa. Pero si se trata de que los estudiantes no traen los conocimientos de base, la solución puede ser académica (p.ej., dar instrucción remedial) o administrativa (p.ej., impedir el avance). Cuando la solución tiene que ver con la enseñanza misma del tema, es importante ver las alternativas que hay, considerando lo que se puede hacer con los distintos medios : un material impreso? una práctica de campo? más horas de clase o de tutoría? Si ninguna de las alternativas consideradas satisface la necesidad detectada, entonces sí es conveniente pensar en una solución apoyada con computador.

La escogencia del tipo de MEC obedece a varios criterios. Por una parte, la necesidad educativa pre-define en buena medida la selección. Si se detecta que hace falta mayor ejercitación y retro-información en la solución de problemas, esto ya implica que un sistema de ejercitación y práctica puede ser de utilidad. Pero si lo que se necesita es ofrecer vivencias en las que se puedan tomar decisiones, probablemente se buscará una forma productiva (no reproductiva) de enseñar a resolver problemas, por ejemplo usando un dispositivo para aprendizaje heurístico, como un simulador, un juego, un experto o un sistema inteligente. Cuál de estos usar, depende mucho de la naturaleza del conocimiento que se esté promoviendo y de su clasificación como tipo de aprendizaje. Como se vio en la discusión sobre clases de MECs, cada uno es aplicable preferiblemente a lograr ciertos tipos de resultados y de fases del aprendizaje.

Cuando uno ha logrado hallar respuesta a las inquietudes anteriores, ha avanzado bastante en el análisis de necesidades, pero no ha terminado. Le falta aún saber si existe un MEC que satisfaga la necesidad detectada (en cuyo caso está resuelta) o si es necesario desarrollar un MEC para esto.

Cuando se identifica un paquete que parece satisfacer las necesidades, es imprescindible que expertos en contenido, metodología e informática lo revisen. Los primeros, para garantizar que efectivamente corresponde al contenido y objetivos de interés. Los expertos en metodología para verificar que el tratamiento didáctico es consistente con las estrategias de enseñanza-aprendizaje que son aplicables a la población objeto y al logro de tales objetivos. Los expertos en informática para verificar que dicho MEC se puede correr en la clase de equipos de que dispondrán los alumnos y que hace uso eficiente de los recursos computacionales disponibles. Si todo esto se cumple, conviene adquirir el MEC y proceder a su evaluación formativa con alumnos, como requisito para su posterior implementación y evaluación sumativa.

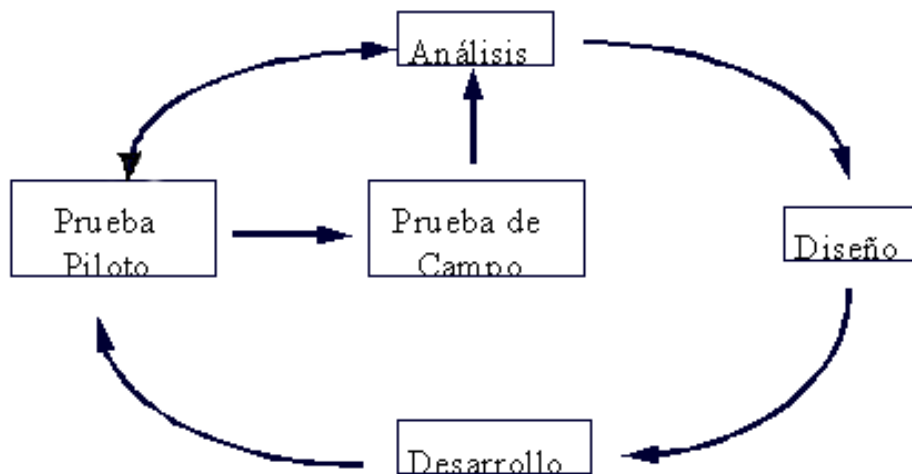
Cuando no se identifica un MEC con el cual satisfacer la necesidad, la fase de análisis demanda la formulación de un plan con el cual sea viable llevar a cabo el

desarrollo del MEC requerido. Esto implica consultar los recursos disponibles y las alternativas de usarlos para cada una de las etapas siguientes : diseño, desarrollo, evaluación formativa , implementación y evaluación sumativa. Se debe prever tanto lo referente a personal y tiempo que se dedicará a cada fase, así como los recursos computacionales que se requieren para cada etapa posterior, en particular las de desarrollo, prueba y puesta en marcha.

### Procesos cíclicos para el desarrollo de MECs

La explicación anterior permite entender la razón de ser del ciclo de desarrollo de MECs que he propuesto como metodología básica de trabajo y que se ilustra en la figura 1.

Siendo un modelo sistemático, se parte de identificar las necesidades reales y posibles alternativas de solución.



**Figura 1.**  
**Modelo Sistemático para Desarrollo de MECs, propuesto por Alvaro Galvis [11]**

Cuando no se detectan MECs que satisfagan las necesidades, se procede etapa por etapa siguiendo el modelo en el sentido de las manecillas del reloj. Este primer ciclo incluye todos los elementos del modelo, en el orden en que lo sugieren las flechas :

ANALISIS ==> DISEÑO ==> DESARROLLO ==> PRUEBA PILOTO ==>  
PRUEBA DE CAMPO ==> ANALISIS

Cuando se detectan MECs que parecen satisfacer las necesidades (al menos los expertos consideran que es probable que así sea), se recorre el modelo en el sentido contrario a las manecillas del reloj, llevando a cabo las etapas en el orden en que lo sugieren las flechas :

ANALISIS ==> PRUEBA PILOTO ==> PRUEBA DE CAMPO ==> ANALISIS

En cualquiera de los dos ciclos, una vez que se dispone de un MEC, se requiere evaluarlo con un grupo piloto de alumnos que pertenece a la población objeto, bajo las condiciones para las cuales está diseñado su uso. Esta es la base para decidir si el MEC debe llevarse a la práctica en gran escala, o para echar pié atrás, rediseñarlo, ajustarlo o desecharlo. Durante su implementación es importante que se evalúe el MEC, de modo que se pueda establecer la efectividad real del material. Por esto en el ciclo se plantea con flecha de doble sentido las relación que existe entre implementación y evaluación sumativa, fruto de lo cual puede reiniciarse el ciclo si es necesario.

### Diseño de MEC

Cuando se decide diseñar un MEC, hay cinco datos que se deben conocer perfectamente, como resultado de la fase de análisis : la necesidad educativa, el objetivo terminal que se deriva de ella, la población a la que se dirige el material, lo que se presupone que ya sabe el aprendiz sobre el tema y el tipo de software que es deseable preparar para satisfacer la necesidad. En caso de que haga falta alguno de estos elementos, es conveniente refinar el análisis y especificar lo que falta.

Cuando se cuenta con los datos anteriores, es posible afrontar el problema de diseño resolviendo en su orden el diseño educativo, el de control y comunicación, y el diseño computacional.

El diseño educativo es independiente de que el medio escogido sea computarizado; de lo que se trata es de establecer (1) cómo se llena el vacío entre lo que se presupone que el alumno sabe y lo que debiera saber, (2) con qué metodología, (3) situaciones y criterios para poder valorar los aprendizajes a lo largo y al final del proceso de instrucción y (4) un sistema de motivación y de refuerzo que favorezca que el estudiante se interese y se mantenga motivado para participar en el proceso de aprendizaje.

El diseño de comunicación y control busca establecer las características con que debe contar el MEC que se prepara, desde estos dos puntos de vista. En primer lugar, es importante analizar, con base en la necesidad detectada, qué funciones de apoyo para el profesor y los estudiantes debe cumplir el MEC, además de apoyar el proceso de aprendizaje; al alumno un MEC puede brindarle o no la posibilidad de

controlar la secuencia, el ritmo, la cantidad de ejercicios cuando aprende y cuando desea demostrar lo aprendido, etc; al profesor, puede ofrecerle o no la posibilidad de editar los ejercicios o las explicaciones, de llevar registro de los estudiantes que utilizan el material y del rendimiento que demuestran, de hacer análisis estadísticos sobre variables de interés, etc. El segundo componente de esta fase del diseño es la estructura lógica que comandará la interacción entre usuario y programa; su definición depende de lo que se requiere enseñar y de las funciones de apoyo que son deseables que el MEC cumpla. La estructura lógica se expresa en términos de un diagrama (de flujo o de estados de transición) que muestra la macro-estructura que rige el control del programa y maneja la interacción entre sus módulos, dependiendo de lo que haga el usuario. Esto, sin embargo, sólo resuelve el problema de control, quedando por solucionar el de inter-comunicación entre usuario y programa. Al sistema que se encarga de tal interacción se le denomina interfaz usuario-programa. Para especificarla, es importante determinar cómo se comunicará el usuario con el programa (definir la interfaz de entrada) y cómo el programa se comunicará con el usuario (definir la interfaz de salida). La puesta en marcha del sistema de control y comunicación se evidencia en el cuarto elemento de este diseño, los pantallazos de que constará el MEC. Cada uno de ellos muestra exactamente cómo será cada pantallazo (o tipo de ellos) y los eventos que están asociados (p.ej., animaciones, sonido, respuestas esperadas) y el control que se sigue de ellas.

El diseño computacional se basa en los resultados de las dos fases de diseño precedentes. Por una parte, a partir de la estructura lógica que denota el flujo de control principal, es necesario especificar los macro-algoritmos que detallan cada uno de los módulos considerados. Por otra parte, para que los algoritmos definidos funcionen, es necesario determinar cuáles estructuras de datos es necesario disponer en memoria principal y cuáles en memoria secundaria (p.ej., archivos en disco), de modo que el programa principal y los procedimientos de que se compone puedan cumplir con las funciones definidas.

El siguiente cuadro sinóptico muestra las preguntas o problemas que se deben resolver en cada una de las fases del diseño de un MEC.

#### Diseño educativo

- Qué enseñar ?
- Con qué metodología ?
- Cómo saber que el aprendizaje se está logrando ?
- Cómo motivar y mantener motivados a los alumnos ?

#### Diseño de control y comunicación

- Qué funciones de apoyo debe cumplir el MEC ?
- Cuál es una estructura de control deseable para este MEC ?
- Qué componentes debe tener la interfaz usuario-programa ?
- De qué constan y cómo están ligados los pantallazos con que se implementa el programa ?

#### Diseño computacional

- Cómo se define cada uno de los módulos de que consta el MEC, para poner en práctica la estructura lógica ?
- Qué estructuras de datos en memoria principal y en memoria secundaria se necesitan para que funcione el MEC?

Es lógico que para que un diseño sea utilizable debe documentarse en todas y cada una de sus partes. Esto permite que el desarrollo, y posteriormente la evaluación, tenga un referente concreto al cual recurrir cada vez que convenga.

#### Desarrollo de MEC

Desde la fase de análisis, cuando se formuló un plan para efectuar el desarrollo, se debieron haber asignado los recursos humanos, temporales y computacionales necesarios para todas las demás fases. Tomando en cuenta esto, una vez que se dispone de un diseño debidamente documentado, es posible llevar a cabo su implementación (desarrollarlo) en el tipo de computador seleccionado, usando herramientas de trabajo que permitan a los recursos humanos asignados cumplir con las metas en términos de tiempo y de calidad del MEC.

Dependiendo de los recursos humanos y computacionales con que se cuenta para el desarrollo, éste se puede llevar a cabo siguiendo una de estas estrategias :

1. Si se cuenta con un grupo interdisciplinario, el desarrollo recaerá sobre el especialista en informática, pero contará con los demás miembros del grupo para consultar sobre la calidad de lo que se va haciendo y sobre detalles que surjan a lo largo de la programación. En estas circunstancias lo más deseable es usar un lenguaje de programación de alto nivel y propósito general (p.ej., Pascal o C), con el cual se puedan llevar a cabo las funciones previstas. A

medida que el especialista en informática elabora los módulos, los demás miembros del equipo los van revisando, como base para ajustar lo que se requiera.

2. Cuando no hay un especialista que sepa programar en un lenguaje de propósito general, cabe considerar dos alternativas : (1) contratar la programación del diseño que se ha elaborado con un especialista en informática externo (que no pertenece al grupo); (2) intentar que los miembros del equipo de diseño que se animen, aprendan a usar un lenguaje o un sistema autor, de modo que ellos mismos elaboren el programa requerido.

Si se contrata a un especialista en informática externo, es importante crear instancias de revisión de los productos parciales que va obteniendo, de modo que haya control sobre el MEC a medida que se desarrolla. Si hay propuestas de cambio, deben discutirse con el grupo de diseño.

Si se decide que miembros del equipo de diseño asuman por ellos mismos la producción del MEC, caben dos posibilidades : utilizar un lenguaje autor (p.ej., Superpilot, Supersoftcrates, Natal...) o un sistema autor (p.ej., Scenari, Wise, Plato...). Ambos tipos de apoyos permiten desarrollar MEC sin que el productor sea experto en informática. Con el lenguaje autor es necesario dar instrucciones verbales al computador, usando el lenguaje seleccionado; con el sistema autor las instrucciones se dan en forma interactiva, valiéndose de interfaces gráficas en las que el computador pone a disposición del autor las funciones disponibles. Es prudente señalar que hay investigaciones que muestran que si bien educadores (autores de MEC) con interés y algún entrenamiento en lenguajes autores pueden desarrollar MEC de calidad, esto no implica que logren hacerlo fácilmente y con el debido nivel de eficiencia desde el punto de vista computacional [14]. La experiencia en usar un lenguaje autor o un sistema autor no se improvisa, ni tampoco la destreza en resolver problemas en el computador; hay que ganarlas mediante buena cantidad de horas trabajando con dichas herramientas de trabajo. Por este motivo, cuando la solución se va a elaborar con estos medios, es prudente programar un período de tiempo razonable para que los desarrolladores se familiaricen y ganen experiencia en el uso de la herramienta escogida.

Independientemente de la estrategia que se siga para producir el material, es fundamental que al desarrollador se le exija documentar su trabajo, como parte de sus obligaciones, haciendo manuales tanto para los usuarios finales (aprendices y profesores) como para los ingenieros o las personas que le darán mantenimiento al programa cuando se necesite.



El desarrollo no termina con la preparación de los programas. Es importante verificar, con base en el diseño, si lo previsto se ha llevado a la práctica. Para esto se recurre a dos clases de fuentes: especialistas que den su opinión frente al diseño, desde las perspectivas del contenido, de la metodología y de la informática; también se recurre a aprendices representativos, que den su opinión sobre la calidad de la interfaz.

La revisión por expertos conviene hacerla recurriendo a especialistas diferentes a los miembros del equipo de diseño y desarrollo, en aras de ganar objetividad. El experto en contenidos determinará si objetivos y contenidos corresponden a lo que la necesidad detectó como prioritario; el experto en metodología, si el tratamiento es consistente con la didáctica aplicable a los objetivos, contenidos y población objeto; el experto en informática, si el trabajo demuestra un uso eficiente de los recursos computacionales escogidos y la documentación es apropiada a cada tipo de audiencia.

La revisión por parte de alumnos representativos, también llamada prueba uno a uno, intenta determinar si el programa es amigable y si el sistema de intercomunicación usuario-programa (interfaz) facilita (al menos no obstaculiza) el proceso de aprendizaje.

Si como fruto de estas revisiones "dentro del desarrollo" se detectan deficiencias, estas deben subsanarse, y verificar su solución, antes de pasar a la etapa siguiente.

### Evaluación formativa de un MEC

A diferencia de la prueba con alumnos durante el desarrollo, en la que sólo se requiere que sean representativos de la población objeto, en esta hay que asegurar que, además, cumplan con todos los requisitos deseables para el uso del MEC bajo condiciones normales.

Para lograr esto, se debe llevar a cabo una prueba piloto del MEC, bajo condiciones lo más cercanas posibles a las de uso normal del material, pero no con toda la población de destinatarios, sino con un grupo de ellos. Preferiblemente éste debe escogerse al azar, a efectos de evitar sesgos.

Con el grupo escogido se adelanta el programa de la asignatura para la que se elaboró el material. Cuando se llega a la unidad de instrucción para la que se preparó el MEC, se utiliza éste bajo las condiciones para las que se diseñó.

Si es un tutorial que va a suplir la instrucción, debe dejarse al aprendiz usarlo a su gusto, hasta que él crea que ha logrado lo previsto o que ya no puede lograr más del MEC.

Si es un sistema de ejercitación y práctica, debe usarse luego de que el profesor (u otro medio) dio la teoría y ejemplos correspondientes, como preparación al material.

Los simuladores, los juegos y los sistemas expertos, si son para aprendizaje por descubrimiento, deben usarse al inicio de la instrucción, una vez que se ha generado la motivación interna y se han propuesto los retos a ser resueltos. Si se los usa para brindar oportunidades de sobre-aprendizaje, el uso debe acogerse al de los sistemas de ejercitación y práctica.

Los sistemas inteligentes de apoyo al aprendizaje, dependiendo del rol que vayan a asumir, se deben usar en concordancia.

Es conveniente determinar el nivel de logro que tienen los aprendices sobre los objetivos a ser apoyados, antes de que utilicen el MEC. Se aplica una prueba previa en la que se midan tanto las conductas de entrada como los objetivos que el material apoya. Esto permitirá luego establecer los efectos de utilización del mismo. Al final se aplica una prueba equivalente, llamada prueba posterior. Del análisis de los resultados de estas dos pruebas y del contraste entre ellos, es posible determinar si el MEC produjo el efecto esperado, desde el punto de vista de efectividad.

A medida que se utiliza el material, se pide al alumno que tome nota de ciertas variables de interés acerca de la experiencia (p.ej., tiempo de interacción, dificultades en el uso del material, etc). Al final de la misma, se le pide que dé su opinión sobre cada uno de los elementos que conforman el MEC. Esto permite saber qué pasó durante la experiencia y qué opinión merece el MEC al usuario, como base para identificar razones que influyen en los resultados.

La prueba piloto es decisiva para apoyar o no el uso de un MEC por parte de todos los usuarios potenciales. Si es exitosa, una vez se documenten los asuntos que se hayan modificado en el MEC y en los manuales originales, se libera el material, es decir, se lo pone a disposición de los usuarios finales. Pero si saltan a la vista problemas, se deben valorar estos y decidir si cabe un ajuste parcial o total, o si se debe desechar el MEC.

### Implementación de un MEC

Cuando hablamos anteriormente de las condiciones que deben cuidarse para incorporar un MEC al currículo, de hecho nos estábamos anticipando a lo que hay que hacer cuando se decide utilizar con toda la población objeto un material. La programación horaria de las máquinas en el momento en que se requiere el MEC, la preparación de los profesores y de los alumnos en cuanto a uso del computador y de la aplicación, el manejo que se haga del MEC y de la instrucción en la unidad correspondiente, son

asuntos insoslayables que deben cuidarse.

La primera vez que se utiliza el MEC con toda la población, conviene recoger el mismo tipo de datos que cuando se hizo la prueba piloto. Esto permite ratificar la calidad del MEC, o detectar errores o problemas que no habían aparecido.

### Evaluación sumativa

Los datos recogidos sobre el uso del MEC con toda la población (prueba de campo), deben analizarse en forma semejante a como se hace con los de una prueba piloto. Los datos de rendimiento permiten establecer la efectividad, mientras que los de opinión durante y después del uso, sirven de base para determinar la eficiencia del paquete.

Los resultados obtenidos alimentan la toma de decisiones sobre el MEC, pudiendo decidirse que como está vale la pena y se sigue usando, que requiere ajustes, o que se desecha. La decisión que se tome conduce a una fase distinta del ciclo de desarrollo de MEC.

También en esta fase se debe verificar la pertinencia de los objetivos frente a las necesidades cambiantes del currículo, de manera que cuando pierda vigencia la necesidad que dio origen al MEC, se proceda a iniciar un nuevo ciclo de desarrollo.

## **ENRIQUECIMIENTO DE AMBIENTES EDUCATIVOS Y EL POSIBLE ROL DE LOS MECS**

El enriquecimiento de ambientes educativos no depende de que haya MEC, aunque la disponibilidad de estos puede ayudar. Lo fundamental en un proceso de mejoramiento es que haya un clima educacional apropiado, en el que la identificación de problemas y de posibles soluciones no sea sólo una actividad de fin de año, para llenar con un requisito. En la medida en que haya mente abierta, observación continua de la situación, recursos humanos capaces de innovar, los medios no constituyan un impedimento. Por supuesto que hay medios más poderosos que otros, al menos potencialmente. Pero en su ausencia no puede uno asumir que no hay otras alternativas.

Muchos profesores sólo usan una metodología tradicional, porque así fue como ellos aprendieron. En la medida en que entran en contacto con otras formas aplicables al cumplimiento de su labor y en que se sienten cómodos con ellas, es posible que se decidan a intentar un cambio, en procura de superar las limitaciones que tienen en su actual forma de operar.

Dentro de esta perspectiva, la pretensión de incorporar MEC en un currículo no debe limitarse a conseguir computadores y programas que corran en ellos, así satisfagan necesidades valederas. El entrenamiento de profesores es piedra angular de un clima en el que, innovando en los medios educativos (MEC y computación) no se limite esto a maximizar los defectos que conllevan algunas prácticas corrientes, sino que debe contribuir a superarlos, innovando también en los fines y en las estrategias educativas de la institución.

Si la incorporación de MECs genera una reflexión que conlleve la superación de algunos de los problemas críticos relativos al proceso de enseñanza-aprendizaje en las instituciones educativas, esto será ya una gran contribución al mejoramiento de la educación. Bajo esta perspectiva, el reto de enriquecer los ambientes de aprendizaje con MEC debe ser asumido por la comunidad educativa y no sólo por quienes alimentan y apoyan los trabajos de informática educativa.

¿Podremos en nuestros países enfrentar con éxito este reto? La respuesta depende de todos los que nos interesamos por mejorar la educación. Los MEC son una posibilidad que no se debe desaprovechar

**REFERENCIAS**

- 1 The Johns Hopkins University (1985). *Instructional Uses of School Computers*. Reports from the 1985 National Survey. Baltimore, MD: autor, Center for Social Organization of Schools.
- 2 DWYER, T. (1974). Heuristic Strategies for Using Computers to Enrich Education. *International Journal of Man-machine Studies*, 6.
- 3 GAGNÉ R. M. (1974). Principios de Aprendizaje para Selección y Uso de Medios de Instrucción. En A.H. Galvis (1987). *Ingeniería de Software Educativo* - parte 2. Bogotá: Universidad de Los Andes (77-119).
- 4 ALESSI, S.M. y TROLLIP, S.R. (1985). *Computer-based Instruction - Methods and Development*. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-hall Inc.
- 5 POLYANI, M. (1967). *The Tacit Dimension*. Garden City, N.Y.: Anchor Books.
- 6 PAPERT, S. (1981). *Mindstorms: Children Computers and Powerful Ideas*. Brighton: Harvester Press.
- 7 PATTIS, R.E. (1981). *Karel the Robot - A Gentle Introduction to the Art of Programming*. New York, NY : John Wiley & Sons, Inc.
- 8 JACKSON, P. (1986). *Introduction to Expert Systems*. Bogotá: Addison-Wesley Publishing Co.
- 9 MARIÑO, O. (1988). Informática Educativa : Tendencias y Visión Prospectiva. *Boletín de Informática Educativa*, 1 (1), 11-32
- 10 BECKER, L.A. (1987). A Framework for Intelligent Instructional Systems: an Artificial Intelligence Machine Learning Approach. *Programmed Learning and Educational Technology*, 24 (2), 128-136
- 11 GALVIS, A.H. (1986). *Ingeniería de Software Educativo*. Bogotá : Universidad de Los Andes, Departamento de Sistemas y Computación.
- 12 WALKER, D.F. y HESS, R.D. (1984). *Instructional Software - Principles and Perspectives for Design and Use*. Belmont, Ca: Wadsworth Publishing Co.
- 13 BARKER, P. y YEATES, H. (1985). *Introducing Computer Assisted Learning*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall International.
- 14 Instituto SER (1986). Informe final de investigación sobre uso del Lenguaje Autor NATAL. Bogotá : autor (informe presentado a Colciencias, *mimeografiado*)).