Creación de software educativo multimedia e hipermedia para la enseñanza activa de la Química en Secundaria

Francisco Espínola lozano

Dpto. de Ingeniería Química, Ambiental y de Los Materiales
Escuela Universitaria Politécnica. Universidad de Jaén
Alfonso X El Sabio, 28 - 23700-Linares (Jaén)
Tel.: (953)649508- Fax: (953)649548
E-mail: fespino@ujaen.es
http://www.ujaen.es/~fespino/autores/paco.html

Los programas educativos existentes en el mercado son escasos, caros, complejos, cerrados y de difícil adaptación, mientras que los materiales que realmente funcionan en el aula son los desarrollados por el propio profesor. Por este motivo, surgió la idea de producir software educativo, considerando detenidamente los principios básicos que deben tenerse en cuenta: programas multimedia (tutoriales, ejercitadores, simulaciones, herramientas específicas, etc.) con posibilidades de navegación hipertexto e hipermedia, y sobre todo interactivos. Por otra parte, la escasa preparación de los docentes para elaborar sus propios programas, "barrera tecnológica", puede ir desapareciendo poco a poco debido a los nuevos Sistemas de Autor Multimedia.

Palabras claves

SOFTWARE EDUCATIVO, MULTIMEDIA, BASE DE DATOS HIPERMEDIA, QUÍMICA.

INTRODUCCIÓN

Desde el curso 95/96 está funcionando un Grupo de Trabajo de profesores de Secundaria adscrito al CEP de Jaén con el objetivo principal de integrar la informática en la enseñanza activa. El Grupo surge como consecuencia de la no utilización generalizada del ordenador en la enseñanza. Pero, antes de empezar con la descripción del proyecto que estamos llevando a cabo, me gustaría realizar algunas reflexiones sobre el estado actual del uso del ordenador en los centros, y del propio proceso de creación de software.

El uso del ordenador en el aula deja mucho que desear, hay informes que dicen que en un 80% de los centros hay ordenadores, pero realmente estoy seguro que una mínima parte de ellos se utilizan para otros fines que no sean la asignatura de informática o la gestión del centro. Los principios básicos para integrar la informática en la enseñanza se han planteado más desde la sofisticación de la tecnología y el desarrollo del mercado de los ordenadores que desde las investigaciones pedagógicas. Los discursos que hablan de las posibilidades de los ordenadores en la educación chocan con el sistema escolar tan rígido y difícil de cambiar.

La elaboración de software educativo, si bien está sujeta a la metodología del software común, debe ser guiado por un modelo del proceso enseñanza-aprendizaje. Los usuarios de los medios de

comunicación saben que la técnica obliga con frecuencia a elegir entre calidad y conveniencia, cuando la segunda se valora más que la primera, vamos a una enseñanza sin rumbo, este peligro se corre con los ordenadores, cuando el usuario trata de moldear la arcilla sin criterio, a lo que salga.

La presión actual ejercida por los intereses comerciales de las empresas es considerable. Entre tanto, los centros como entidades y los individuos que los integran, se mueven entre:

a) el rechazo a lo nuevo, por desconocido, amenazador, consumidor de tiempo y energías.

b) el optimismo de unos cuantos que creen encontrar en los nuevos artilugios respuestas a viejas cuestiones escolares: la desmotivación, la ineficacia de los procesos de enseñanza, ... o una nueva identidad y prestigio profesional derivados de la posesión de un saber que no está al alcance de todos.

c) el planteamiento de unos pocos que analizan la temática de la enseñanza y el aprendizaje en el contexto escolar e intentan tomar decisiones desde la complejidad (Sancho, 1996).

Tenemos que reconocer que aún no está establecida una taxonomía de estudios y aplicaciones de las tecnologías de la información al campo estricto de los aprendizajes formales. En el trabajo de Vázquez (1987) se identificaron hasta 16 "líneas de trabajo". La escasez de estudios empíricos y experimentales e investigaciones en general que aporten datos más o menos significativos sobre la integración del ordenador en los procesos instructivos, contrasta con el volumen de ensayos dirigidos a suscitar reflexiones en torno a las potencialidades de la informática educativa, la necesidad escolar de responder a la demanda social de utilización de nuevas tecnologías o las posibles funciones o usos del ordenador (Gallego, 1994).

En cuanto al grado de motivación y la actitud de los alumnos ante el ordenador las conclusiones del Grupo Elvira (Espínola *et al.*, 1987) parecen indicar que puede influir en los patrones de motivación, ya que un 83% de los alumnos sometidos a una experiencia de Enseñanza Asistida por Ordenador manifestaron que "es el mejor método que se puede seguir" y un 78% de los alumnos encuestados dijeron que "el aprendizaje es más divertido".

PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SOFTWARE EDUCATIVO

Podemos distinguir tres etapas principales a la hora de desarrollar software educativo multimedia: Pre-producción o diseño, producción y post-producción o evaluación y perfeccionamiento.

En la etapa de pre-producción se distingue el enfoque pedagógico del enfoque técnico. El enfoque pedagógico nos dará el tipo de software a elaborar, que siguiendo la clasificación de Gros (1987), según el modelo de transmisión, tenemos:

1.- Tutoriales. Los programas nos presenta una información, nos pregunta, evalúa nuestras respuestas y toma pequeñas decisiones sobre los pasos a seguir. La ventaja principal radica en que permite una individualización, aunque no una personalización, además, el carácter interactivo corrige inmediatamente nuestros errores, "feedback", por lo que no nos permite seguir adelante sin rectificar. El principal inconveniente radica en que orienta más a un entrenamiento concreto que a una educación en el sentido amplio de la palabra, no fomenta el dialogo, no permite preguntas concretas del alumno, ni favorece la discusión de matices o soluciones alternativas.

2.- Programas para la realización de ejercicios o problemas. Los más utilizados en este momento son de tipo test o heurísticos.

3.- Sistemas de simulación. Si hablamos de simulación por ordenador, nos estamos refiriendo a un programa donde el ordenador "simula" el comportamiento de un sistema real permitiendo la interacción dinámica con el micromundo simulado. A través de la simulación el usuario descubre los efectos de sus decisiones sobre la representación que obtiene del entorno simulado y puede inducir sus reglas (se adapta muy bien a las metodologías de aprendizaje por descubrimiento. El contenido de texto puede ser escaso pues lo que se pretende conseguir es presentar los fenómenos de modo fácil y adaptarlos a los intereses y evolución del usuario. En realidad podemos considerar varios niveles o posibilidades de un programa de simulación (Virgos, 1989):

a) *Sistemas cerrados.* Tal sería el caso de un programa de entrenamiento en la manipulación

de un determinado panel (simulador de vuelo o control de una central nuclear).

b) *Sistemas de problema definible,* donde el modelo es de tipo general y nosotros debemos facilitarle el detalle del caso a simular (simulación de circuitos de corriente, donde el alumno define el circuito deseado).

c) *Sistemas de comportamiento definible,* en este caso, lo que se facilita es una herramienta que permita definir el comportamiento del sistema.

4.- Sistemas de adiestramiento o juego. En muchos casos, el aprendizaje a desarrollar es casi totalmente instructivo con escaso contenido conceptual, sólo en estos casos se podría pensar en un software basado en juegos para el desarrollo de ciertas destrezas.

5.- Sistemas informativos, expositivos o de exploración (libros electrónicos). Los contenidos (no siempre conceptuales) no deben estar disgregados en forma de ítems de corta longitud (adaptables a test); es preferible la visión general de los conceptos. El receptor deberá marcar no sólo su ritmo sino incluso su nivel de acceso y la vía elegida. El texto irá siempre acompañado de ilustraciones, esquemas, sonidos, animaciones o fragmentos de vídeo para mejorar las posibilidades explicativas. El camino no debe ser lineal para permitir estrategias individuales, las posibilidades de *hipertexto* garantizan estas características. Necesitamos software de producción multimedia, único capaz de superar las características exigidas a los programas terminados.

El concepto de *hipertexto* implica una manera no lineal de organizar cualquier tipo de información, sobre todo textos; el primero en acuñar este término fue Ted Nelson en 1965. Los sistemas hipermedias se parecen a los de tipo hipertexto en su forma de unir la información, aunque pueden encontrarse una gran variedad de medios: textos, gráficos, animaciones, vídeo y sonido. A estos conceptos deben ir unida la técnica de programación orientada a objetos, para crear núcleos multimedia reutilizables. La información se organiza, pues, es núcleos, interrelacionados los unos con los otros, cada núcleo puede contener, además de la información propiamente dicha, enlaces que son puntos de partida para relacionar los núcleos entre si. Al conjunto de piezas y enlaces que forman la red de información se le llama *hiperespacio* y al proceso de moverse por él *navegación* (Ruiz et al., 1996).

La etapa de producción es una etapa fundamentalmente técnica donde se puede destacar dos fases: a) La fase de acopio de recursos: Textos, imágenes, gráficos, animaciones y sonidos, que vamos a incluir; y b) La fase de uso del sistema de autor multimedia que nos va a permitir la integración y coordinación del los recursos, acortando el proceso de producción (Valdés *et al.*, 1996). En el mercado existe una gran variedad de productos de tecnología orientada a objetos para el desarrollo de aplicaciones multimedia e interactivas, desde los modernos lenguajes de programación (Visual Basic, Visual C++, Delphi ...), hasta los sistemas de autor propiamente dichos: Hypercard para plataforma Mac (un pionero); para el entorno Windows: Director, Toolbook, Authorware, Superlink, Smartbook, Multius, Microtutor; para MS-DOS: Linkway, Neobook; y por último, destacar los lenguajes y sistemas TenCORE.

Finalmente tenemos la etapa de post-producción o evaluación y perfeccionamiento: Normalmente esta etapa se centra en la evaluación pedagógica y en la distribución de la aplicación, podemos distinguir en ella las siguientes etapas:

- Verificación de la consistencia de la aplicación
- Pruebas con usuarios reales
- Efectuar correcciones
- Hacer la comprobación final
- Transferir al medio de distribución (disquete o CD)
- Reproducir múltiples copias

Hay muchos criterios para evaluar software educativo. No obstante, Lauterbach y Frey (1987) nos presentan un modelo de evaluación elaborado por un grupo de trabajo del I.P.N (instituto Nacional de Investigación para la Enseñanza de las Ciencias) de la extinta República Federal de Alemania. Su esquema para determinar la calidad de una programa consta de tres elementos básicos:

a) Calidad técnica y operativa.
b) Calidad didáctica; y
c) Grado de interactividad.

APLICACIONES INFORMÁTICAS DESARROLLADAS

Es un error pretender aplicar los ordenadores a la enseñanza sin basarnos en un modelo del proceso de enseñanza-aprendizaje. Rockart (1975) nos indica que no vale decir que todos tenemos un modelo implícito, hay que explicarlo si queremos integrar la herramienta en un todo homogéneo.

a) Modelos de aprendizaje y orientaciones pedagógicas

Hasta hace poco existían dos grandes concepciones sobre el aprendizaje: la orientación evolutiva y la orientación behaviorista. La tradición evolutiva que ha estado presidida por el trabajo de Piaget y colaboradores, postula la existencia de estructuras cognoscitivas en el celebro que procesan la información e influencian las interacciones del individuo con el medio. La segunda concepción que ha ejercido un influencia notable, la behaviorística, adopta una visión optimista del aprendizaje, postulando que se puede construir series de comportamientos, habilidades o conceptos de complejidad creciente, a través de programas de instrucción cuidadosamente elaborados (Driver, 1982).

Recientemente ha comenzado a emerger tras largos años de experimentación un consenso acerca de lo que significa aprender y cómo se realiza ese aprendizaje, lo cual ha conducido a un nuevo paradigma que se conoce con el nombre de constructivismo (Novak, 1988). Aprender es un proceso interno propio de cada individuo y es éste quien construye activamente significados en su estructura cognitiva relacionándolos con los que ya poseía (Driver y Oldham, 1986). Las principales características de la visión constructivista son:

a) Lo que hay en el cerebro del que va a aprender tiene importancia.
b) Encontrar sentido supone establecer relaciones.
c) Quien aprende construye activamente significados.
d) Los estudiantes son responsables de su propio aprendizaje.

De estas concepciones se derivan dos puntos: primero, la compresión implica no ser un receptor pasivo de información, y segundo, el aprendizaje debe ser significativo, es decir, debe haber acuerdo entre nuestras experiencias y nuestras concepciones. Cierta combinación fructífera de percepción y acción constituyen la clave del aprendizaje. Incluso en las modalidades más abstractas y formales del aprendizaje por estudio, por investigación científica y técnica, sigue rigiendo el precepto de: "Si quieres comprender una cosa, haz algo con ella y trata de cambiarla".

En una visión constructivista del aprendizaje existen dos orientaciones pedagógicas básicas:

a) El aprendizaje por instrucción directa. Centrada en las formas de mejorar los resultados obtenidos por los alumnos en la resolución de los ejercicios de los libros de texto. Comparando las actuaciones de "expertos" y "novicios" en resolver problemas. Los expertos, por ejemplo, tienden a realizar un análisis cualitativo inicial del problema, dibujan diagramas que no representan únicamente la situación física, sino que incluye relaciones entre magnitudes físicas que pueden no ser mencionadas explícitamente en el problema.... Estas orientaciones no toman en consideración los conocimientos y representaciones que el alumno posee, sino que intentan construir esquemas alternativos a través de programas cuidadosamente estructurados

b) El aprendizaje por cambio conceptual. Consiste en tomar en consideración explícitamente las concepciones iniciales de los estudiantes y diseñar las formas de cambiarlas. Destacan las siguientes fases en este método:

Varios estudios han sugerido la importancia de dar a los estudiantes oportunidad para usar las nuevas ideas de varias formas y hacer que adquieran confianza en ellas. Una forma interesante y efectiva es la *simulación* con ordenadores. La situación presentada en la pantalla esta gobernada por reglas claras, mientras que los fenómenos físicos reales son más confusos, además los estudiantes pueden obtener retroalimentación inmediata sobre la efectividad de sus hipótesis (Driver, 1986).

Por otra parte, cabe pensar en la conveniencia de introducir modificaciones en los problemas tradicionales, dando ocasión para analizar y resolver

problemas en los que se de exceso de información o en los que los mismos estudiantes hayan de decidir cuales son las magnitudes que se precisan (Gil y Martinez, 1987), con lo que se impulsa a los estudiantes a considerar la situación física superando la habitual manipulación abstracta de las relaciones algebraicas. La hipótesis de partida es que los problemas no son presentados, en general, como tales, es decir, como investigaciones que supongan la ocasión de aplicar la metodología científica, sino como simples ejercicios de aplicación de la teoría.

Una vez presentado el modelo explícito del proceso de aprendizaje y las orientaciones pedagógicas podemos iniciar el proceso para elegir el tipo de programa educativo donde garantizar el éxito potencial de la informática. Hasta hace poco en los sistemas de enseñanza asistida por ordenador, EAO, se usaban métodos docente expositivos y sólo en algunas ocasiones se acudía a un método de elaboración a través de los interrogativos. Inicialmente se aplicó la informática a lo más común, fácil y rápido, sin buscar las nuevas posibilidades de la herramienta que nos puede llevar al óptimo.

b)Descripción generalizada de las aplicaciones

Hasta la fecha en el Grupo de Trabajo hemos elaborado dos aplicaciones relacionadas con la Química: TABLA (Tabla Periódica de los elementos) y ETQ (Estequiometría de las Transformaciones Químicas), aunque hemos utilizado otras aplicaciones elaboradas por personas ajenas al Grupo.

TABLA es una aplicación multimedia e hipermedia que la podríamos clasificar como perteneciente al grupo de *sistemas informativos, expositivos o de exploración*, el único objetivo fue construir la Tabla Periódica de los Elementos, principalmente para ser utilizada en otras aplicaciones (programación orientada a objetos). Contiene enlaces hipertexto para extraer la información de forma no secuencial. También se podría utilizar para estudiar el Sistema Periódico de los Elementos, aunque de forma totalmente informativa o expositiva, porque no se pregunta nada, y el grado de interactividad se reduce a que el alumno puede consultar las partes que más le interese, siempre se forma no secuencial.

ETQ es una aplicación multimedia e hipermedia más parecida a un Tutorial, presenta una información y posteriormente pregunta y evalúa las respuestas. El principal inconveniente radica en que el programa no orienta sobre los pasos a seguir según las respuestas de los alumnos, no obstante, dado que se explicitan los objetivos que cubren los problemas, el propio alumno puede realizar el proceso de retroalimentación en el tutorial u otras fuentes, para poder realizar y comprender los problemas.

ETQ está dirigida al estudio de la Estequiometría de las transformaciones químicas a un nivel de 3º de BUP o Primero de los bachilleratos de Ciencias de la Naturaleza y Tecnológico, LOGSE. Los objetivos específicos perseguidos son:

a) Interpretar las transformaciones químicas.
b) Ajustar reacciones químicas.
c) Aplicar las leyes ponderales.
d) Aplicar la ley de los volúmenes de combinación entre gases.
e) Reconocer la evidencia del rendimiento en una transformación química.
f) Reconocer que los productos no se encuentran puros en la naturaleza.
g) Resolver problemas con balances de energía.
h) Aplicar la ley de Hess a casos sencillos.

El programa no está diseñado para que el alumno de enfrente a estos conceptos tan importantes de la Química por primera vez, sino para que verifique sus conocimientos, dándole la oportunidad para usar las nuevas ideas y hacer que adquiera confianza en ellas. Siempre con arreglo al modelo de aprendizaje explicitado anteriormente.

Este programa en realidad se engloba en la programación completa del nivel fijado, que incluye otros:

a) Conceptos Fundamentales de Química: CFQ
b) Estequiometría de las Transformaciones Químicas: ETQ
c) Equilibrio Químico: EQ
d) Ácidos y Bases. pH: ABPH
e) Procesos de Oxidación-Reducción. Pilas: PORP
f) Estructura Atómica. Tabla Periódica de los Elementos: EATPE
g) Enlace Químico: EQU
h) Química Orgánica: QO
i) Nomenclatura Inorgánica: NI
j) Nomenclatura Orgánica: NO

c) Aspectos técnicos de las aplicaciones

Las aplicaciones se encuentran en fase de desarrollo, para su realización se están utilizado el Sistema de Autor Multimedia: Neobook™ profesional v. 2.1 de NeoSoft y el lenguaje de programación: QBASIC para aumentar la interactividad. Además, se utilizan otros programas complementarios de edición de textos, diseño gráfico, animación y sonido.

La razón por la cual utilizamos actualmente las herramientas descritas reside en su simplicidad y mejor conocimiento, y porque nos planteamos elaborar programas que realmente se utilicen en los centros, los cuales disponen en la mayoría de los casos de equipo poco actualizados o muy heterogéneos.

Las aplicaciones se encuentran en disquetes de 3½ con formato de 1,44 Mb. que no se puede ejecutar directamente desde la unidad A por tener ficheros comprimidos. Para instalarlas en el disco duro se acompañan de otra aplicación de instalación. Los requerimiento técnicos son: IBM PC, XT, 286, 386, 486, Pentium o compatibles (se recomienda 286 o superior); tarjeta VGA 256 colores (aunque se puede utilizar otras tarjetas, perdiendo sus colores originales); menos de 2Mb de disco duro libre, por aplicación, y ratón.

d) Descripción detallada de ETQ

Pulsando el botón "comenzar" de la pantalla de presentación se pasa a la pantalla de la Figura 1, que consta de tres partes: Título, Barra de botones para la nevegación y Área de visualización. La Barra de botones contiene botones para la navegación interna, dentro del programa ETQ y botones para la navegación externa, hiperenlaces que lo conectan con otros programas o herramientas específicas. El Área de visualización está dividida en dos partes, una con el índice que no cambia y otra con los contenidos propiamente dichos; en ambas partes encontramos enlaces del tipo hipertexto fundamentalmente.

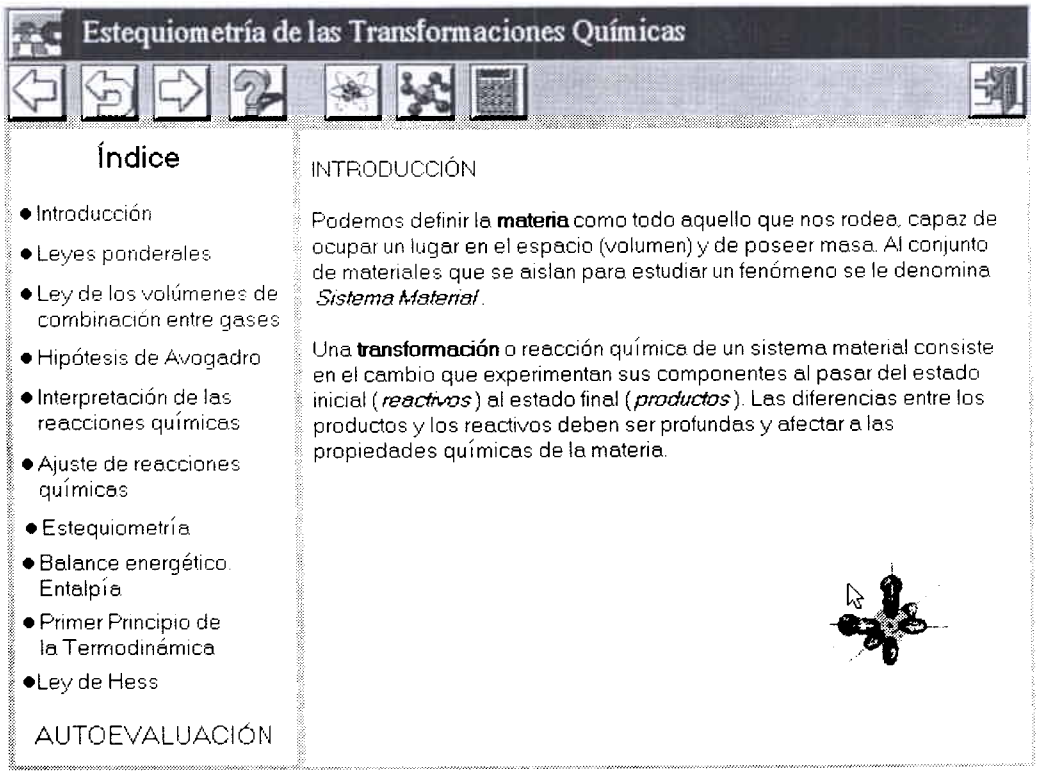

Fig. 1: *Programa ETQ.*

Una parte fundamental del programa ETQ es la AUTOEVALUACIÓN, Figura 2, donde el alumno puede comprobar sus conocimientos y donde podemos encontrar el mayor grado de interactividad. Al alumno se le plantean problemas del tipo investigativo evitando los datos en el enunciado y utilizando dibujos para ayudar a comprender el enunciado. En la barra inferior de botones, Figura 2,

se encuentran los datos y herramientas (Tabla Periódica y calculadora) que el alumno puede necesitar. Las soluciones las puede comprobar en el botón "respuesta" y la correcta realización del problema en el botón "solución".

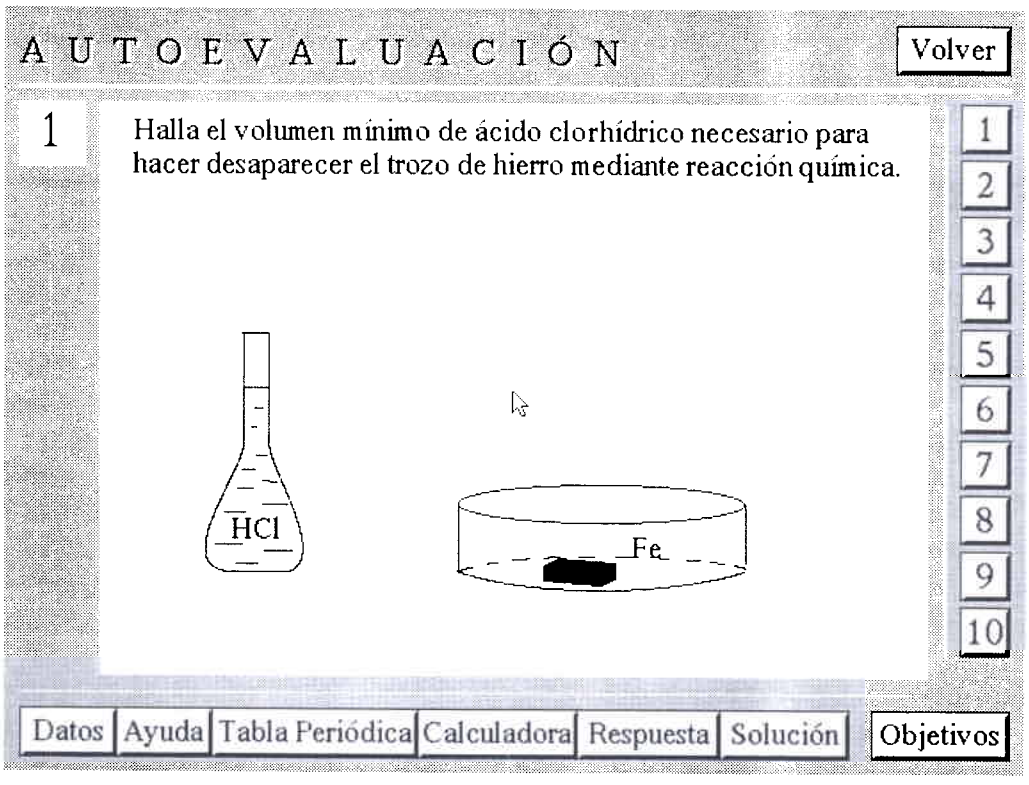

Fig. 2: *AUTOEVALUACIÓN del programa ETQ.*

BASE DE DATOS HIPERMEDIA

La posibilidad de aprovechar otros programas de química existentes y los que vayan apareciendo, nos ha llevado a pensar en un proyecto de creación de una base de datos hipermedia, "biblioteca interactiva".

Las reglas de funcionamiento de dicha base de datos tendríamos que buscarlas en la Web de *Internet*, ya que en un futuro más o menos próximo llegaría a formar parte de la "biblioteca universal" de la red. El sistema de información basado en hipertexto y los programas diseñados para navegar por ella (browsers) son las características más importantes de la Web, los ficheros HTML (HyperText Markup Languaje), que no tienen nada que ver con un lenguaje de programación sino que quizás se parezcan más al uso de un procesador de textos que incluye los conceptos de hipertexto e hiperenlaces, así como una eficaz combinación de texto, figuras, datos, sonido o vídeo. Este sistema nos puede permitir, no solamente presentar un texto desde el cual se pueden ejecutar *simulaciones*, sino también el desarrollar las aplicaciones de manera que puedan interactuar en ambas direcciones: desde el texto para modificar la *simulación* y desde la *simulación* para presentar estados de las variables o gráficos de los resultados (Haertel, 1994) (Esquembre *et al.*, 1996).

Estamos hablando de construir un *hiperespacio* dedicado a la Química, que inicialmente residiría en los discos duros de los ordenadores y que posteriormente en la red. Este *hiperespacio* se organizaría con programas recopilatorios del tipo: índice de autores, índice de materias, niveles..., en resumen, las normas se irán fijando a medida que vaya creciendo la "biblioteca", los mismo que en Internet..., nadie fijó las normas, pero entre todos las estamos haciendo.

CONCLUSIONES

El futuro se presenta como un continuo aprendizaje en un mundo cambiante. La utilización de todo lo que se llama nuevas tecnologías en la enseñanza debe jugar un papel fundamental, aunque

la realidad es que no está jugando todavía ese papel tan fundamental que los expertos habían previsto. "Se habla mucho y se hace poco", nuestro objetivo es que verdaderamente el gran potencial de la informática se convierta en realidad en nuestro país.

Las grandes casas comerciales disponen de grandes recursos para la aventura del software educativo, pero nos encontramos en la mayoría de los casos que va orientado a "deslumbrar", y no cumplen con la misión de ser materiales útiles para el trabajo diario del alumno. Las necesidades de los usuarios no se satisfacen con los programas educativos existentes en el mercado, porque los materiales que realmente funcionan son los desarrollados por el propio profesor y los programas comerciales son cerrados y de difícil adaptación.

Existe una gran demanda de software de calidad, no disponible por el escaso interés de la industria del software por la enseñanza (¿poco rentable?) y la escasa preparación de los docentes para diseñar sus propios programas.

En nuestro país la utilización de los *Sistemas de Autor* es aún incipiente, a pesar de que con ellos cualquier profesor puede convertirse en creador. Es importante el esfuerzo que se destine a la consolidación de los medios disponibles en los centros de enseñanza y la formación específica del profesorado. Una correcta política de incentivos y evaluación del software producido para su posterior distribución pueden resultar de gran eficacia .

REFERENCIAS

DRIVER, R. (1982) Children's Learning in Science, *Educational Analysis* **4** (2) 69-79.

DRIVER, R. (1986) Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos, *Enseñanza de las Ciencias*, **4** (1) 3-15.

DRIVER, R., OLDHAM, V. (1986) A Constructivist Approach to Curruculum Development in Science, *Studies in Science Education* **13**, 105-122

ESPINOLA L., F., MARTIN D., J. A., PIEDRA G., M. A., ESPINOLA L., J. B. (1987) Evaluación investigativa de una experiencia de EAO, III Jornadas de Evaluación en las Enseñanzas Medias, Granada.

ESQUEMBRE, F., HAERTEL, H. MARTIN, E., ZAMARRO, J.M. (1996) Integration of Simulation and Hypertext. Propuesta para CALISCE´96, San Sebastián.

GALLEGO, M. J. (1994) El ordenador, el curriculum y la evaluación de software educativo, Proyecto Sur de Ediciones S.A.L., Granada.

GIL PEREZ, D., MARTINEZ TORRERGROSA, J. (1987) La resolución de problemas de Física. Una didáctica alternativa. Ministerio de Educación y Ciencia y Ediciones Vicens-Vives S.A., Madrid - Barcelona.

GROS, B. (1987). Aprender mediante el ordenador. Posibilidades pedagógicas de la informática en la escuela, Barcelona: PPU.

HAERTEL H. (1994) "CoLoS: Conceptual Learning of Science". En "Design and production of Multimedia and Simulation-based Learning Material" de Jong T. Sartil (ed), Kluwer Academic Publishers, pp. 189-217.

LAUTERBACH, R., FREY, K. (1987). Los programas de informática para la enseñanza: balance y perspectivas. *Perspectivas* **17** (3) 419-428.

NOVAK, J.D. (1988) Constructivismo Humano: un Consenso Emergente. *Enseñanza de las Ciencias* **6,** 213-223.

ROCKART, J. F. (1975) Computers and the learning process, Sloan School. CISR WP 15.

RUIZ, F., ORTEGA, M., BRAVO, J., PRIETO, M. (1996) Nuevas herramientas tecnológicas para la realización de cursos por computador, *Revista de Enseñanza y Tecnología*, ADIE, **5**, 21-32.

SANCHO, J. Mª. (1996) Software educativo en el contexto escolar: los límites duros de una tecnología blanda, IV Jornadas de Software Educativo, Granada.

TESLER, L.G. (1991) *Investigación y Ciencia* **128**, 28.

VALDES, M.A., MENENDEZ, L.M., VALDES, V.G., VALDES, M.D. (1996) Caracterización de los sistemas autorales en la enseñanza asistida por ordenador, *Revista de Enseñanza y Tecnología*, ADIE, **6**, 30-35.

VÁZQUEZ, G. (1987) Conceptos y criterios pedagógicos ante la informática educativa. En IDEM (Ed). Educar para el siglo XXI. Criterios de evaluación para el uso de la informática educativa, pp. 13-35, Madrid: FUNDESCO.

VIRGÓS B., F. (1989) Los ordenadores en el entorno educativo. En: Informática y Escuela, Ed. Marcombo, pp. 9-22, Barcelona.