

INVESTIGACIONES Y EXPERIENCIAS

TECNOLOGÍA E INSTRUCCIÓN: PROMESA Y PROBLEMÁTICA

RAFAELA MARCO (*)

MARCIA C. LINN (**)

Bajo el nombre de «Tecnología y Educación del Profesorado» se celebró durante los días cinco y ocho de agosto del año pasado en Monterrey (California) una conferencia organizada por el Colegio de Educación de la Universidad de Berkeley y subvencionada por la compañía Apple Computer Inc.

La conferencia reunió a los decanos de los colegios de educación de diversos estados interesados en el tema de la tecnología y a aquellos miembros de sus respectivas universidades directamente relacionados con el mismo. Asistieron también personalidades del mundo de la educación y de la psicología cognitiva de la Universidad de Berkeley, expertos en tecnología y representantes del departamento de Universidades e Investigación de Apple Computer.

La conferencia siguió el modelo de los denominados *Think Tanks* utilizados en laboratorios y centros de investigación y cuyo principal objetivo consiste en reunir a un grupo de especialistas con el propósito de que desarrollen nuevas ideas en un área específica.

El doble objetivo de la conferencia era: a) el de explorar el potencial de la nueva tecnología de la información en la educación a nivel escolar y b) el de buscar formas de mejorar la enseñanza y el aprendizaje por medio de la tecnología de que hoy disponemos.

Las discusiones, llevadas a cabo a través de grupos de discusión y paneles comunitarios, tocaron múltiples aspectos de la introducción del ordenador en el aula, centrándose en tres temas fundamentales:

- a) La contribución de la tecnología a la educación escolar.
- b) Problemas que plantea su introducción en el aula.
- c) Soluciones y recomendaciones.

(*) Universidad de Valencia.

(**) Universidad de Stanford.

Organizamos el presente artículo en tres partes, correspondientes a estos tres temas. Haremos en primer lugar un recorrido por el abanico de posibilidades que ofrece la actual tecnología. A continuación, daremos un repaso a los problemas a los que este proceso de implantación se enfrenta. Finalmente presentaremos las conclusiones alcanzadas por los asistentes a la conferencia.

Una última aclaración. Pese a que el objetivo principal del artículo es informar al público español del contenido de la conferencia, hemos intentado, en todo momento, sintonizar las dificultades y recomendaciones expresadas por los asistentes a la conferencia con las necesidades y características específicas de la educación en España. Con este fin, hemos puesto mayor énfasis en determinados aspectos que consideramos más relevantes y omitido aquellos que carecen de realidad inmediata en el caso español.

EL ORDENADOR COMO INSTRUMENTO DE INSTRUCCION

Una primera aportación de la tecnología al proceso educativo es la de *facilitar los aspectos mecánicos del aprendizaje*. Existen hoy múltiples procesadores de textos en el mercado que simplifican el proceso mecánico de escribir y modificar un texto escrito. Pero además de los procesadores de texto y de los programas que corrigen errores ortográficos, están ya al alcance programas que identifican errores gramaticales y de estilo. Los mejores ejemplos de este tipo de programas, como CRITIQUE, desarrollado por el *Natural Language Processing Group* en IBM, están basados en un análisis sintáctico, originado en una teoría gramatical del lenguaje, que detecta errores estructurales, errores gramaticales y errores de estilo. En una línea distinta, el uso reciente de efectos sonoros en programas de ordenador para ayudar al proceso de redacción ha destacado el papel de la tecnología como amplificador del proceso de instrucción. La interacción con programas que «leen» en voz alta el texto escrito favorece un cambio en la representación mental del texto hacia un nivel cognitivo superior.

Estos esfuerzos tienen en común facilitar que los recursos mentales utilizados en realizar tales tareas mecánicas puedan emplearse para desempeñar habilidades complejas de análisis y diseño. Programas como los descritos facilitan las tareas de escribir, revisar y corregir un texto y permiten al estudiante concentrarse en habilidades más complejas, como la organización de ideas en el texto, la relación significado-significante, la claridad del mensaje y la lógica del argumento.

Idéntica función de facilitación cumple el «software» diseñado para enseñar conceptos complejos, como es el caso de las funciones algebraicas que requieren el acceso simultáneo a más de un tipo de representación. Así, por ejemplo, programas como ALGEBRA ARCADE (edita Wepco) transforman de forma inmediata ecuaciones en sus correspondientes representaciones gráficas, reduciendo así parte de las exigencias cognitivas de este tipo de aprendizaje. Algebra Arcade permite experimentar con funciones algebraicas, probando diferentes ecuaciones que el ordenador va convirtiendo en gráficas. De esta forma, el alumno ya no tiene

que dividir su atención entre distintas subtareas y puede concentrarse en la relación ecuación-gráfico como representación de la función algebraica.

Utilizar la tecnología para *simular fenómenos y procesos en diversas áreas de las ciencias* es otro uso particularmente prometedor de la tecnología. Por ejemplo, el ordenador permite observar y experimentar fenómenos físicos, como la colisión de objetos en superficies sin fricción o la estructura de redes neuronales, que no serían reproducibles de otra forma. Del mismo argumento participan programas de ordenador que demuestran fenómenos predichos por la física newtoniana (como el comportamiento de objetos en ausencia de gravedad) de forma gráfica y asequible al estudiante que «ve», por así decirlo, lo que la teoría predice. Pero el material disponible no se limita ya a programas que simulan fenómenos específicos en áreas concretas. Instrumentos como STELLA (Structural Thinking, Experimental Learning Laboratory with Animation), desarrollado por Barry Richmond para *High-Performance Systems Inc.*, permiten diseñar y manipular simulaciones dinámicas que ayudan al alumno a entender el funcionamiento de sistemas y fenómenos naturales complejos. Al contrario que los laboratorios de ciencias de corte tradicional, centrados en la recogida de datos, la simulación de fenómenos por ordenador pone el acento en la formulación de modelos científicos, tratando la recogida de datos y el análisis como medios para llegar a la construcción del modelo.

Otro ejemplo muy interesante en esta línea es el *Virtual Visual System*, proyecto en desarrollo en estos momentos entre el *Instructional Technology Program* y el Departamento de Psicología de la Universidad de Berkeley. El proyecto tiene como objeto desarrollar un programa que simule un modelo de células ópticas formulado por De Valois. El uso de este programa permitiría a los alumnos experimentar con distintas características de las células y su comportamiento.

Otro avance es el que permite la metodología de la información con el desarrollo de *lenguajes de autor*. Tanto si se trata de programas que no requieren experiencia previa con lenguajes de programación (p. ej. *Course of Action*, editado por *Authorware Inc.*), como si se trata de contextos de programación como el CMU tutor desarrollado por la Universidad de Carnegie-Mellon, el profesorado tiene ya a su alcance la posibilidad de crear sus propios materiales de instrucción. Esto permitiría al profesor diseñar y ajustar el currículum al ritmo de su clase y traspasar las fronteras limitadas del libro de texto.

Los llamados *laboratorios de sistemas informáticos* permiten experimentar y analizar una cantidad de datos que resultaría poco práctica en el laboratorio tradicional. La idea, desarrollada por Robert Tinker de los *Technical Education Research Centres*, consiste básicamente en introducir el ordenador como una herramienta más en el laboratorio, conectado a sensores de sonido, temperatura, movimiento o luz. Un sistema de gráficos representa inmediatamente en la pantalla cambios térmicos o de cualquier otro tipo. De esta forma, los estudiantes pueden dedicar su atención a las relaciones entre variables y cambios en los parámetros del estudio, o en otras palabras, experimentar. Lo inmediato de la representación provee un medio para poner a prueba distintas hipótesis en un contexto interactivo de gran efectividad.

Los ordenadores pueden también *facilitar una primera aproximación al concepto y las herramientas del método científico*. Programas como *Science Toolkit* (edita Broderbund) o *Discovery Lab* (edita MELL) tienen como objeto desarrollar en el estudiante los rudimentos de un método científico y permitirle experimentar con procesos como la observación, el diseño de experimentos y la prueba de hipótesis. Al interactuar con estos programas, el estudiante tiene que diseñar experimentos en un amplio rango de áreas o descubrir las características de organismos imaginarios mediante la manipulación y el control de variables y parámetros.

La utilización de software educativo permite *desarrollar habilidades de resolución de problemas* a través de ejemplos de aplicaciones en distintas disciplinas. Un buen ejemplo de esto lo constituye el grupo de programas desarrollados por el Bank Street College de Nueva York bajo el nombre de *Voyage of the Mimi*. Los programas demuestran usos aplicados de principios matemáticos y físicos tomando como contexto la navegación náutica. De esta forma, los estudiantes aprenden en una situación muy motivadora a utilizar y desarrollar estrategias de planificación que pueden transferirse luego a otras materias. De hecho, el que existan programas diseñados para fomentar habilidades de planificación y análisis en contextos tan diversos como la astronomía, matemática, genética mendeliana o vulcanología, por nombrar sólo unos pocos, favorece la generalización de las habilidades aprendidas a áreas distintas. Roy Pea, del *Educational Communication and Technology* de la Universidad de Nueva York, señalaba recientemente (comunicación personal), como condición *sine qua non* para que se produzca generalización, el uso de múltiples contextos para la aplicación del conocimiento en distintos tipos de problemas y áreas diferentes.

El ordenador permite dar realidad a una de las recomendaciones más frecuentemente expresadas desde la Psicología cognitiva del aprendizaje, i. e., el uso de *múltiples representaciones*. Bajo la analogía del ordenador como modelo de sistema cognitivo, la mente humana es un sistema manipulador de símbolos en el que los símbolos son precisamente representaciones mentales. De ahí que el proporcionar al organismo acceso a un mayor número de representaciones se traduzca en un mejor funcionamiento cognitivo. Múltiples estudios han demostrado la importancia del acceso a una gran variedad de representaciones en la resolución de problemas. El uso del ordenador en el aula cumple esta función o, expresado de otra forma, la función de reforzar el aprendizaje de múltiples modalidades o tipos de inteligencia. Los laboratorios de sistemas informáticos a que aludíamos anteriormente o el concepto de laboratorio *hypermedia*, defendido por el grupo del Bank Street College (i. e., laboratorios que se basan en el uso conjunto de múltiples medios para presentar la información), son ya inseparables de la tecnología de la información y de la nueva concepción del aprendizaje y de los procesos cognitivos superiores.

Una última y muy prometedora aplicación de la tecnología de la información al aula son los llamados *sistemas de tutoría*. Algunos de éstos, como el LIPS TUTOR desarrollado por Anderson, son sistemas tutores de instrucción muy individualizados que llevan incorporado un modelo de aprendizaje ideal y un catálogo de errores posibles. El tutor contrasta lo que el alumno hace con el modelo ideal que lle-

va incorporado el programa e interviene siempre que hay una desviación significativa entre los dos parámetros. El tutor diseñado por Anderson lleva además un editor que es parte del sistema y que se encarga de los aspectos sintácticos de la lengua, reduciendo de esta forma la saturación de información en la memoria operativa que se produce en el aprendizaje de habilidades complejas como la programación.

Lo expuesto hasta el momento no agota las posibilidades que la introducción del ordenador en el aula abre para la educación; y sin embargo, la tan deseada revolución aún no es una realidad. La introducción del ordenador no está exenta de problemas; en los siguientes apartados exponemos algunos de dichos problemas y señalamos posibles soluciones. Nos ha parecido conveniente dividir la presentación en problemas atribuibles al profesorado, problemas atribuibles a la propia tecnología y problemas atribuibles a la institución. Esta división no pretende reflejar una realidad, sino facilitar la exposición. Es obvio decir que todos estos problemas están íntimamente relacionados entre sí y que resulta difícil tratar uno de ellos sin hacer mención de los otros.

PROBLEMAS DEL PROFESORADO

En primer lugar, el profesorado desconoce las herramientas que la tecnología pone a su disposición. En el peor de los casos, el ordenador se considera un instrumento de muy limitada utilidad en el aula; en la mayoría, poco más que un sofisticado procesador de textos, o en lenguaje más directo, la versión moderna de la máquina de escribir. En el mejor de los casos, la información que llega a oídos del profesorado es incompleta, carente de fundamentación teórica e incluso condicionada y filtrada por intereses comerciales. En el caso español, la situación se agrava, como consecuencia de nuestra situación de país que importa esta tecnología en mucha mayor proporción de la que produce. Se empieza a traducir demasiado software educativo en lugar de desarrollar material adecuado a las necesidades y prioridades de la sociedad y el sistema educativo españoles.

En segundo lugar, existe *una fuerte resistencia al cambio por parte del profesorado*. La tendencia actual en nuestras escuelas consiste en enseñar habilidades concretas, muchas veces modulares, de aplicación limitada dentro de áreas específicas más que habilidades de tipo superior como el diseño, la planificación o la revisión. El panorama es menos alentador aún si se considera que son precisamente este último tipo de habilidades las que la investigación cognitiva ha identificado como características de un desarrollo cognitivo superior. Como señalábamos anteriormente, el uso del ordenador favorece precisamente el desarrollo de este tipo de habilidades al enfatizar estrategias de planificación y control en áreas distintas. Ello requiere el abandono de estructuras didácticas tradicionales por otras nuevas y la modificación sustancial del currículum.

Un tercer problema se refiere a la *integración de la nueva tecnología en las actividades escolares*. La experiencia estadounidense señala que el software existente en el mercado se introduce en el aula con demasiada frecuencia como un cuerpo ex-

traño que no guarda relación con el resto del currículum. Aquellos centros escolares pioneros en introducir la tecnología han añadido el aprendizaje de sistemas informáticos como una asignatura adicional al currículum, sin intentar una integración real con el resto de las materias. Además, existe una marcada tendencia a utilizar el ordenador para presentar el *mismo* material de una forma distinta. La tecnología se emplea de forma poco creativa en el aula, utilizándose muchas veces los ordenadores para ejercicios clásicos de repetición, a imagen de los que se encuentran en los libros de texto al uso.

En cuarto lugar, no se han desarrollado aún *nuevos métodos de evaluación* apropiados a las modificaciones que el ordenador introduce en el proceso de aprendizaje. Hasta el momento, la aplicación de la tecnología al proceso de evaluación se ha limitado a programas estándar, disponibles en el mercado o, a lo sumo, escritos por el mismo profesor, que faciliten un registro continuo de evaluaciones y calificaciones. En otras palabras, la tarea de evaluar a los alumnos sigue recayendo en el profesor, siendo la única contribución de la tecnología a esta tarea la de automatizar y facilitar el proceso. Hasta ahora el ordenador sólo se utiliza para corregir exámenes, mantener registros actualizados de calificaciones o, a lo sumo, calcular simples estadísticos descriptivos para trazar curvas de distribución como criterio de calificación o similares.

Pero el potencial de la informática para la evaluación va mucho más allá de estos usos. Los ordenadores ponen a nuestro alcance posibilidades que serían excesivamente costosas por otros medios. Por ejemplo, el ordenador permite al profesor disponer de un banco de items en continuo desarrollo que le facilitaría llevar a cabo análisis de los mismos y construir nuevos tests sobre la base de éstos de forma rápida y eficaz. Dichos bancos de items podrían tener un acceso limitado para uso de una materia específica por un profesor en particular, o a escala más general, como bancos de acceso abierto a los que podrían acudir diversos centros escolares de ámbito autonómico o nacional. El uso de ordenadores personales permite además la administración de tests por medio de ordenadores. Las ventajas de esto último son múltiples. En primer lugar, brinda la posibilidad de que los alumnos se administren a sí mismos pruebas adecuadas a su ritmo de aprendizaje. Les permite, además, administrarse retroalimentación de forma inmediatamente contingente a sus respuestas. De hecho, existen ya programas a disposición del profesor en el mercado que le permiten construir exámenes con distintas opciones de presentación y respuesta y que facilitan la corrección. En *The Learning System* (edita *Microlab*), por ejemplo, el alumno puede autoadministrarse una prueba y el programa transfiere sus respuestas y la calificación correspondiente a otro disco que contiene los registros del profesor sobre el alumno.

En cuanto a los criterios, el contenido de la evaluación sigue refiriéndose a la adquisición de un cuerpo de conocimientos y no a aquellas habilidades que los ordenadores fomentan. No existe referencia alguna a la *forma* de aprendizaje en los criterios de evaluación. James Greeno señaló acertadamente en Monterrey que la propia naturaleza del aprendizaje cambia conforme desarrollamos nuevas herramientas de aprendizaje. El nuevo concepto de aprendizaje que va tomando cuerpo incluye como notas definitorias la representación mental del problema, conductas

de organización, búsqueda y uso de información, valoración de respuestas alternativas, experimentación, control del propio aprendizaje, autodiagnóstico y elección de modelos mentales apropiados. Este cambio debe reflejarse también en nuevas formas de incorporar ese nuevo concepto del aprendizaje en el proceso de evaluación.

Un problema de particular importancia es la *falta de adiestramiento* o carencia de profesores capacitados en el uso de la nueva tecnología; problema que viene agravado en muchos casos por la falta de interés en aprender. Por una parte, la falta de información ha tenido como consecuencia el que la tecnología sea contemplada como una amenaza por parte del profesorado. Por otra parte, el manejo de los sistemas informáticos requiere tiempo y esfuerzo, exige un proceso completo de actualización que resulta costoso en más de un sentido. Plantearse la posibilidad de este reciclaje es plantearse el problema del *cómo* y el *cuándo* implantarlo. Necesitamos decidir cómo queremos que los responsables de nuestras escuelas se preparen para la llamada «era de la información». Necesitamos reformular el proceso de instrucción en su contenido y en su forma. Necesitamos pronunciarnos sobre *qué* hemos de cambiar en el proceso de instrucción, *quién* va a enseñarlo, *quién* va a poner los medios, *cuál* será el mejor momento de intervención y *cómo* va a afectar todo este proceso a la estructura docente actual.

La introducción de la tecnología conlleva el desafío de un intercambio de papeles absolutamente inédito en el campo de la educación, a saber, el que los alumnos sean frecuentemente más expertos que sus profesores. Una gran parte —probablemente la mayor parte del cuerpo docente actual— no está familiarizada con el manejo de sistemas informáticos, que ocupan desde hace algún tiempo un lugar en la vida del niño. Esta inversión de papeles despierta suspicacias que se traducen en reticencias a la integración del ordenador en la clase. Se hace necesario un cambio en nuestra concepción de la relación profesor-alumno.

El énfasis se pone ahora en el papel del alumno como un agente activo de su propio aprendizaje, que construye sus propias interpretaciones, formula hipótesis de acuerdo con estas interpretaciones y busca la confirmación de esas interpretaciones en un proceso continuo de indagación. El profesor ya no es el que da la respuesta, sino un guía y compañero en esa búsqueda. Ejemplo de la idoneidad de la nueva tecnología para dar cuerpo a esta nueva concepción son los programas como el *Geometric Supposer*, desarrollado por Judah Schwartz del *Massachusetts Institute of Technology* y la Universidad de Harvard, que favorece el aprendizaje de relaciones geométricas al permitir al estudiante hacer sus propias hipótesis y experimentar con representaciones gráficas.

PROBLEMAS DE LA TECNOLOGIA

Un primer problema es el *ritmo de evolución y cambio de la tecnología de la información*. Como consecuencia de la popularidad del ordenador personal, se han multiplicado las empresas dedicadas a la producción de software. El interés de la educación por este nuevo medio no ha hecho sino abrir un nuevo mercado con la

introducción de programas educativos para cubrir las necesidades en este campo. La oferta se multiplica, pero desgraciadamente no siempre en la dirección de una mayor calidad. Por un lado, la incompatibilidad de sistemas, producto de intereses comerciales, limita el campo de elección. Por otro, la separación entre criterios educativos e industriales y la falta de colaboración entre profesionales de estas áreas, son, en gran parte, responsables de esta falta de calidad en el material de que disponemos hoy.

La abundancia de oferta tiende a confundir todavía más al profesorado, que debe elegir entre programas muy similares y que carece de un servicio de asesoramiento acreditado por profesionales de la educación. A esto hay que añadir *el escaso conocimiento tecnológico* de nuestros profesores, que no disponen de criterios adecuados para ayudarles en su elección. No es de sorprender, pues, que incluso en Estados Unidos, inversiones considerables de dinero para poner al día las aulas escolares hayan resultado, en muchos casos, rotundos fracasos.

La tecnología *no es específica a la manera de un libro de texto*. Esto, que constituye uno de sus mayores atributos, es, sin embargo, una limitación a los ojos del profesional encargado de un área concreta en un sistema educativo como el nuestro, destinado principalmente a impartir conocimientos más que a desarrollar habilidades. El objetivo instructivo del software es inseparable de la interacción con el ordenador. Programas escritos con un objetivo concreto (enseñar los principios del álgebra o la composición de los minerales) van siempre más allá del contenido para el que originariamente fueron diseñados. En otras palabras, los programas escritos para ordenador resultan difíciles de catalogar sólo como *contenidos*. Al aprendizaje de éstos hay que añadir la serie de aprendizajes propios del manejo de estos programas: el aprendizaje de un nuevo medio de trabajo, la adquisición de modelos mentales (del ordenador y del programa específico) y de nuevos lenguajes (lenguaje informático, lenguaje de editores, etc.). El dominio de todos estos nuevos conceptos requiere un cierto tiempo de rodaje y está expuesto, como todo aprendizaje, a la adquisición de modelos mentales erróneos. Las consecuencias de esto para el profesor son obvias: además de los errores conceptuales sobre el contenido, tendrá que enfrentarse a los errores creados por la aparición de nuevas variables en el proceso de aprendizaje.

Una crítica frecuente concierne a la pregunta de *si hemos de perder algo a cambio de la introducción del ordenador en la clase*. El argumento esgrimido es que el nivel de facilitación de algunas actividades queda contrarrestado por el hecho de que el ordenador no requiere una meticulosa comprensión del problema. Ejemplo de éstos son algunos programas para la enseñanza de conceptos estadísticos, cuyo uso se dirige al «cómo» del procedimiento más que al «porqué» de los conceptos que subyacen al procedimiento, o a programas que hacen uso de contextos lúdicos para presentar conceptos difíciles de aprehender. Tales programas presentan el peligro de limitar el aprendizaje al dominio de la propia mecánica del software, sin propiciar una comprensión real del concepto. Es precisamente por esto por lo que defendemos el uso del software educativo como parte de un currículum que incluya la enseñanza explícita de los aspectos conceptuales; en otras palabras, si el softwa-

re se convierte en una herramienta que el profesor maneja dentro de un proyecto instructivo global.

Otro problema de mención es que *el diseño del software educativo se está desarrollando dentro de una estructura ya establecida, la del diseño de libros de texto*. Los que hoy diseñan programas de ordenador con fines educativos son fabricantes de libros de texto. Consecuencia de esto es que con demasiada frecuencia el programa copia la estructura de un texto clásico, i. e., con su organización en forma de preguntas-respuestas y su énfasis en la adquisición de una base de conocimientos más que en el dominio del cómo utilizar tales conocimientos.

Estrechamente ligado al anterior está el problema de que los responsables de escribir software educativo *no siguen los principios del diseño de instrucción*. El resultado es que disponemos de una gran cantidad de programas de los llamados «educativos» que difícilmente merecen tal nombre. Se observa una lamentable *falta de comunicación entre distintas culturas*. Como acertadamente señalaba Di Sessa en Monterrey, profesores, educadores y fabricantes de tecnología actúan por separado en comunidades que saben poco o nada de sus mutuas necesidades y posibilidades.

PROBLEMAS INSTITUCIONALES

Dentro del capítulo institucional, resulta obvio que uno de los problemas de la implantación de la tecnología es su costo. El objetivo de *un ordenador por cada niño* está aún muy lejos de hacerse realidad incluso en países que nos llevan ventaja en la informatización de la enseñanza. Ya sea la institución pública, ya las asociaciones de padres —modelo americano— aquellas sobre quienes recaiga la tarea de financiar la transformación del aula, el considerable desembolso requerido explica el retraso que estamos sufriendo. Cabe preguntarse, sin embargo, a qué precio estamos demorando dicha transformación ante la presencia cada día más acusada del ordenador en la vida profesional de nuestro país. La implantación de la nueva tecnología en la sociedad está creando una serie de demandas a las que la educación debe dar respuesta sin más tardar. No podemos permitirnos el lujo de retrasar más la revolución tecnológica; pero para comprometer a las instituciones en esta tarea debemos, en primer lugar, hacer patentes los beneficios educativos y de desarrollo cognitivo a que el manejo de ordenadores da lugar, y en segundo lugar, comprometer a la industria en la tarea de financiación. El mundo industrial debe responsabilizarse también de la formación de aquellos que constituirán su base laboral en el futuro.

Un segundo problema afecta al *uso que se está haciendo de los sistemas informáticos en la escuela*. En aquellos casos en que se ha incorporado el ordenador a la enseñanza, ésta ha sido limitada. Si bien es cierto que estamos en camino de ir hacia un mejor aprovechamiento del potencial que la tecnología pone a nuestro alcance, también lo es que aún queda un largo camino por recorrer. Hasta el momento, la introducción del ordenador se ha producido a tres niveles: alfabetización informática, procesamiento de textos y lenguajes de programación. Necesarios

como son estos tres aspectos, todavía hace falta integrar el ordenador en el resto de las actividades escolares.

El énfasis puesto en las clases de programación como una asignatura adicional del currículum, e incluso la propia configuración física en la forma de «aula informática», contribuyen a crear la idea de que el ordenador es una materia más, peor aún, una materia que es, en muchos casos, optativa. Muy al contrario, el ordenador no es una opción. Es una presencia ineludible en todas las esferas de la vida social y económica del país y lo será cada día más. La escuela debe responsabilizarse de que los alumnos que en el futuro ocuparán esos puestos se familiaricen con la nueva tecnología como un instrumento más a su servicio y no sólo como un área independiente de conocimientos.

Un punto muy importante se refiere a los argumentos cognitivos esgrimidos en favor de la incorporación del ordenador a la enseñanza. El núcleo de estos argumentos es que *el uso de sistemas informáticos facilita la adquisición y el desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior*, o habilidades libres de contenido, como se les ha venido llamando. Como tales, este tipo de habilidades requieren para su desarrollo *contextos que faciliten la aplicación y la generalización de habilidades funcionales en distintos contenidos*. Por el contrario, en nuestro modelo actual de educación las distintas áreas de contenidos o materias son entidades separadas e independientes. Haría falta redefinir la estructura del programa educativo poniendo el énfasis en colaboraciones interdisciplinarias más que en la adquisición de conocimientos en compartimientos estancos.

La introducción de la tecnología en nuestros colegios plantea la pregunta de si hemos de *romper con la organización actual* para introducir el ordenador, y si es así, cuáles son las implicaciones y el alcance del cambio. Por ejemplo, una de las ventajas atribuidas al ordenador es su gran flexibilidad para adaptarse al ritmo del aprendizaje individual de cada estudiante. Sin embargo, esta característica es de difícil integración en el tipo de enseñanza institucionalizada de que disponemos actualmente. Por tanto, la introducción del ordenador ha de producir forzosamente un cambio. Quizá sea hora ya de plantearse a qué nivel se van a producir dichos cambios. ¿Hace falta una política institucional nacional? ¿o debemos enfocar la tarea tomando como escala el colegio? Preguntas, todas, de gran importancia, para el futuro de nuestro sistema educativo, a las que debemos dar pronta respuesta.

CAMINOS HACIA UNA SOLUCION

Después de examinar los problemas a los que se enfrenta el mundo de la educación en este momento con referencia a la tecnología, los reunidos en Monterrey apuntamos las siguientes soluciones:

1. En primer lugar y de forma unánime se consideró necesario que la *implantación y el uso de la tecnología en el aula siga de cerca los resultados de la investigación cognitiva*. Esto abre a su vez una serie de preguntas a las que deberemos dar respuesta. Entre ellas, cuál es el papel que la Universidad debe jugar, qué nuevos conocimientos deben convertirse en objetivos prioritarios de instrucción, especialmente

en el área de la educación, qué nueva formación necesitan los que en el futuro educarán a los profesores y cómo mantener a los profesionales del mundo académico al día de los cambios tecnológicos.

El primer paso debe darlo la Universidad, sobre quien recae la responsabilidad de formar al profesorado de todo el sistema educativo. En consecuencia, debemos formar al cuerpo docente universitario en:

- a) aprender nuevas prácticas de instrucción;
- b) aprender nueva tecnología;
- c) reconsiderar objetivos educativos;
- d) reconceptualizar el currículum.

2. Poco a poco se perfilan las *características de un profesor en la era de la información*. El profesor en la era de la información tendrá que dominar el mundo de la tecnología y de sus aplicaciones. Deberá diseñar el material de instrucción para responder a nuevos objetivos educativos. Deberá aprender y desarrollar nuevos métodos de evaluación y control del rendimiento. Deberá tomar decisiones sobre la configuración de sistemas dentro de su propia clase. Deberá compaginar sus esfuerzos con los de otros profesionales de la educación, de la industria y del mundo de la informática. Deberá, por fin, cambiar su concepción del aprendizaje para adquirir una nueva visión del educando más acorde con los resultados recientes de la investigación sobre procesos de aprendizaje. Para ello, debemos:

- a) formar al profesorado en los conceptos y posibilidades del aprendizaje cooperativo, proveyéndole de ocasiones para observar distintos modos de aprendizaje;
- b) redefinir los objetivos y programas de educación de las escuelas de magisterio para que puedan dar respuesta a las necesidades de la enseñanza en la era informática, incorporando la tecnología a la preparación del profesorado; y
- c) reciclar al cuerpo docente actual mediante cursos y talleres a cargo de las propias instituciones, de organismos autónomos de alcance medio y de la propia industria.

El mundo universitario jugaría un papel importante en esta tarea pedagógica, dirigiendo y filtrando los esfuerzos. Esta colaboración podría tener lugar a distintos niveles. El personal académico capacitado se encargaría de demostrar el empleo de material informático educativo para usos instructivos en forma directa o indirecta mediante proyectos conjuntos de investigación Universidad-Escuela. La Universidad o la Administración podría asimismo establecer equipos de asesoramiento que proporcionasen ayuda en la elección de la configuración de sistemas y en la elección del software.

RECOMENDACIONES OFRECIDAS POR LA CONFERENCIA

Los profesionales que asistieron al congreso de Monterrey propusieron una serie de recomendaciones, algunas de las cuales hemos discutido ya en este artículo.

Sin embargo, antes de acabar, nos gustaría destacar por su particular importancia y novedad dos en concreto.

1. Los expertos coincidieron en señalar la *necesidad de crear centros de colaboración interprofesionales sobre tecnología y educación*. Tales centros aunarían los esfuerzos de educadores, profesores, especialistas en informática y profesionales de la industria para:

- a) desarrollar nuevos usos de la tecnología que aprovecharan al máximo su potencial;
- b) ofrecer al mercado software educativo de alta calidad que se ajustara a criterios didácticos reconocidos por la investigación;
- c) proveer al profesorado de un sistema dinámico de reciclaje que le mantuviese al día de los últimos avances en investigación y tecnología;
- d) proporcionar un foro común de discusión a nivel de diseño que facilitase la toma de decisiones adecuadas en las distintas fases del proceso de creación de nueva tecnología; y
- e) aprovechar al máximo los recursos económicos destinados a la investigación.

2. Asimismo, los reunidos coincidieron en la necesidad de *crear «aulas modelo» o colegios piloto* para que equipos de colaboración interdisciplinar puedan explorar las posibilidades de la tecnología en situaciones reales. Esto nos permitiría la posibilidad de:

- a) poner a prueba los últimos descubrimientos de la industria informática y estudiar nuevas aplicaciones al mundo de la educación;
- b) determinar el alcance y la viabilidad de la promesa tecnológica en poblaciones escolares distintas;
- c) explorar nuevas formas de integrar la tecnología en el currículum escolar actualmente en vigor para sacar el máximo partido de ambos; y
- d) proveer al profesorado de una experiencia directa de las posibilidades del ordenador como herramienta de instrucción en el aula.

La tecnología de ordenadores no es la panacea a todos los problemas que el mundo de la educación tiene hoy planteados, pero es una herramienta de múltiples posibilidades que el avance tecnológico ha puesto a nuestro alcance. La revolución de la información está cambiando ya la sociedad en que vivimos. Con o sin retraso, también a nuestro país le ha llegado la hora. *El no haber sido los primeros en introducir la tecnología en los colegios se ha vuelto una ventaja a nuestro favor en este caso*. Podemos aprender de los errores ajenos y aprovechar las experiencias de países pioneros en el uso de la tecnología. Podemos establecer un fundamento sólido y basado en la investigación sobre el que desarrollar la estructura tecnológica. Pero sobre todo, nadie, excepto nosotros, puede hacerlo. Como Bernard Gifford, decano del Colegio de Educación de la Universidad de Berkeley, advertía en la conferencia inaugural:

«Si en algún momento pensamos que la revolución del ordenador se instauraría por sí sola..., ahora sabemos que no podemos cruzarnos de brazos y esperar que eso ocurra. (...) Necesitamos discusiones sistemáticas y el liderazgo de los educadores y de las empresas comprometidas con la tecnología. (...) Tendremos que cambiar la forma de organizar nuestras escuelas, de evaluar nuestro currículum escolar y de preparar a nuestros profesores.»

Un proceso al que estamos llamados todos aquellos comprometidos en el tema de la educación: profesorado universitario, profesores en general, responsables de las políticas de educación nacionales y autonómicas, departamentos de investigación educativa y desarrollo de tecnología e industria informática. Nada más ni nada menos.

* * *

SOFTWARE

- Algebra Arcade (1983). Mick, D.; Konnemann, M.; O'Farrel, R. e Isaacs, J. Wadsworth Electronic Publishing Co. (WEPCO). Apple II.
- CMU tutor (1986). Sherwood, B. A. y Sherwood, J. N. Desarrollado en la Universidad de Carnegie-Mellon. IBM RT, Sun 350, Micro Vax, Macintosh.
- Course of Action (1986). Mike Allen. Authorware Inc. Minnesota, Macintosh.
- Critique. Richardson, S. D. Natural Language Processing Group, IBM. IBM Trames.
- Discovery Lab. Distribuido por MECC, 3490 Lexington Av. North, St. Paul, Minnesota. Apple II.
- Geometric Supposer (1985). Schwartz, J. L. y Yerushalmy, M. Sunburst Communications Inc. Pleasantville, Nueva York. Apple II.
- Lisp intelligent tutoring system. Desarrollado en la Universidad de Carnegie-Mellon. Distribuye Advanced Computer Tutoring Inc. Pittsburgh, Pennsylvania. Sistemas centrales con VMS o UNIX.
- Pea, R. (1987). «Designing Education for Transfer of Learning». SESAME Colloquium. Universidad de California, Berkeley.
- Science Toolkit. Publicado por Broderbund. Apple II.
- STELLA (1985). High-Performance Systems Inc. Hanover, New Hampshire. Macintosh.
- Virtual Visual System. Currently under development at the University of California, Berkeley.
- The Learning System. Microlab. Apple II.
- The Voyage of the Mimi (1984). The Bank Street College Project in Science and Mathematics. Nueva York. Holt, Rinehart y Winston. Apple, IBM.