

# I N F O R M E S Y D O C U M E N T O S

## EN EL CAJON EN LA LINEA DE SALIDA: SOBRE LA INFORMATICA Y EL CURRICULO

ROBERT McCLINTOCK(\*)

(\*) Teachers College, Universidad de Columbia.

«Quien lo conoce a medias, habla mucho y siempre se equivoca; quien lo conoce enteramente, se inclina a actuar y habla tardía o raramente.»  
Goethe, *Los años de aprendizaje de Wilhelm Meister*.

2

*A pesar de los muchos esfuerzos realizados, los ordenadores todavía tienen que demostrar que son esencialmente útiles en la educación. Utilizar los ordenadores en la enseñanza del área en los ordenadores. Sólo con la consecución de este objetivo podría afirmarse la excelencia esencial de las aplicaciones basadas en el ordenador y esto, simplemente, todavía no es posible. Por tanto, la meta de excelencia en las aplicaciones en las distintas asignaturas se encuentra todavía lejana (1).*

Reflexionemos sobre la falta de aplicaciones adecuadas en asignaturas concretas, ya que tales reflexiones pueden indicarnos cuáles son las restricciones que deben ser superadas mediante un esfuerzo concertado en un futuro próximo si se pretende conseguir un uso excelente de la informática en la presentación de las materias principales.

En la enseñanza superior y en las escuelas se hacen numerosos esfuerzos destinados a hacer de la informática un instrumento completo y eficaz al servicio de todo el currículo, que ayude a hacer asequibles a los alumnos los diversos frutos de la cultura académica (2). Los promotores de tales proyectos aspiran a que el ordenador se convierta en un medio eficaz a través del cual los alumnos puedan estudiar el contenido de la asignatura en cuestión, la cual será algo completamente diferente de la informática y los ordenadores: por ejemplo, redacción, educación especial, la novela en el siglo XIX o un trabajo sobre la civilización occidental. Cualquier otro fin que no persiga la utilización del ordenador como un instrumento para el estudio de la asignatura correspondiente conduce inevitablemente a hacer de los ordenadores el objeto de estudio, no su medio

Hasta cierto punto, esta conversión del supuesto medio en el objeto de estudio se produce porque los requisitos previos para los cursos no han sido suficientemente estructurados. Se debería exigir a todos los participantes en los cursos un conocimiento adecuado del manejo de los ordenadores: cuando la mayoría no tiene ninguna experiencia con los pretendidos instrumentos de estudio, antes de construir la casa hay que enseñarles a usar las sierras, los martillos y las escuadras necesarias. Ahora bien, los ordenadores se convierten en los objetos de estudio, en lugar de ser los medios para éste, por falta de material disponible para ser estudiado a través de ellos. En su lugar, la información accesible a través de los ordenadores, en caso de que la haya, se refiere al modo de utilizar éstos característicamente como parte de la asignatura que se enseña: por ejemplo, el uso del procesador de textos en redacción, de las bases de datos en historia o de las hojas electrónicas en el control y la planificación de empresas. El hecho desolador es que, aunque cuando hay ordenadores disponibles en número suficiente y están bien configurados como instrumentos de estudio, no son realmente aprovechables como tales, ya que las diferentes asignaturas todavía no han sido configuradas para ser estudiadas a través de ellos. Así, nos encontramos ante una situación ampliamente lamentada: no se dispone de buen *software* educativo. Intentemos comprender por qué es tan escaso el *software* pedagógicamente excelente: se trata de una deficiencia estructural que puede corregirse mediante un esfuerzo serio.

Lo que expondré a continuación es al mismo tiempo limitado y fundamental, y voy a hacerlo más bien con un solo propósito, con el riesgo de que parezca que reduzco fascinantes complejidades a una única cosa necesaria. Para minimizar este riesgo me gustaría, en primer lugar, situar la exposición. La deficiencia de *software* educativo está relacionada, por así decirlo, con la importancia y dificultad de situarse en el punto de partida. Los ordenadores se convierten en los objetos de estudio, no en sus instrumentos, porque todavía no hay nada que esté preparado para servir las funciones educativas previstas para ellos. La deficiencia estructural consiste en que la educación basada en el ordenador todavía no está lista para comenzar. Esta observación no tiene que ver ni con lo que sucederá más allá del punto de partida, una vez que la educación basada en el ordenador haya comenzado, ni con la secuencia preparatoria que acerque a dicho punto, lo que nos pone en situación de preguntarnos por qué ésta todavía no ha empezado. Una metáfora más elaborada nos ayudará a comprender este punto.

4

Para cuestiones referentes al currículo, las metáforas relativas a la pista de carreras del hipódromo son muy apropiadas. El punto de partida al que me refiero es como el cajón en la línea de salida en el hipódromo y la dificultad que existe con el *software* educativo es como la que plantea meter un caballo reacio en el cajón. Para extender un poco la metáfora, la informática es como un joven pura sangre que con los años ha ido desarrollando su potencial físico gracias al trabajo de diseñadores de *hardware* y *software*, y que ha sido sometido a riguroso entrenamiento por la ciencia informática. Todo el mundo dice que el joven pura sangre supondrá un verdadero reto para el corcel que ha dominado durante mucho tiempo, la cultura basada en el texto impreso y el caballo maduro está preparado para enfrentarse al tímido desafiador. El problema consiste en conducir al desafiador el cajón en la línea de salida, ya que la informática es todavía fogosa e impulsiva y aún no sabemos cómo dominarla cuando está coceando, encabritándose, bufando, sacudiéndose vivamente las riendas. Esta imagen sitúa el tema que quiero desarrollar: un tema que no concierne a las causas de que la informática se haya convertido en un potencial desafiador a la cultura basada en el texto impreso, ni describe cómo galopará una vez que haya comenzado la carrera. En esta coyuntura, el *software* educativo es insuficiente para conducir a la informática al punto de partida de una carrera con la cultura impresa para la hegemonía en el currículo. La razón de esta insuficiencia se clarificará y se demostrará que es posible corregirla.

## EL ARBOL DE ESTUDIO

Para comprender por qué el *software* educativo es tan deficiente estructuralmente es necesario analizar los materiales utilizados para sustentar un curso, considerando como una estructura de conocimiento. Establezcamos para la exposición que sigue una definición que sirva de control: el objeto de cualquier curso es hacer que los alumnos comprendan una estructura de datos formada por una cierta cantidad de información y por la

destreza en su uso. Un curso es una estructura de datos formada por una cierta cantidad de información. Por supuesto, el carácter y calidad de esta información es esencial para determinar el valor y significado del curso, sus rasgos distintivos. No obstante, para nuestros propósitos los rasgos distintivos de los cursos no son significativos. Debemos ser mucho más abstractos, generales, descriptivos: un curso comprende una cierta *cantidad* de información.

Los alumnos adquieren una porción de esta información y de la destreza en su uso estudiando el curso, y los profesores procuran impartirles el dominio de la información enseñándoles en el curso. Cuando indiqué anteriormente que el ordenador se ha convertido en el objeto de la enseñanza, en lugar de ser su instrumento, podría haberme expresado de manera ligeramente diferente a la luz de nuestra definición de control: el ordenador sólo ha demostrado ser un medio predominantemente efectivo para el estudio de la información de un curso cuando la estructura de datos constitutiva de éste versa predominantemente sobre el ordenador y sus usos. E incluso en estos casos, gran parte del estudio *sobre el ordenador* se sigue realizando mediante libros, manuales y revistas... a través de medios distintos del ordenador... ¿Por qué?

Para ayudar a encontrar una respuesta desarrollaremos ciertos tipos de datos abstractos referentes a la estructura de datos de un curso académico. Para comenzar, un curso consta de un conjunto de *materiales necesarios*: un libro de texto o una serie de lecturas, clases, ejercicios, etc. En los cursos en que los ordenadores se han convertido de forma natural en instrumentos efectivos de estudio, la informática, de una manera u otra, constituye el material necesario, el tipo de datos primordiales del curso y, por esto, ciertos cursos conocidos que han sido bien planificados mediante ordenadores han llegado a gozar de una sólida posición, específicamente los que imparten información elemental y avanzada sobre cómo utilizar los ordenadores: introducción a los ordenadores y ciencia informática. Pero, en lo que respecta al problema general de la integración de la informática en el currículo, estos casos son anómalos. En la mayoría de los cursos, por el contrario, el tipo de datos fundamental, los materiales requeridos no son el ordenador, sino un cuerpo de información que no tiene que ver con el ordenador más de lo que tiene que ver en sustancia con el texto impreso, la fotografía o el habla, los otros medios básicos a través de los que podría impartirse.

Un curso, entendido como una estructura de datos, comprende, en primer lugar, un conjunto de materiales necesarios. A nivel literal, una cantidad finita de información codificará dichos materiales, unos 2,5 megabytes (bit más, bit menos, dependiendo del carácter y rigor del curso). Estos 2,5 megabytes de información se dividirán en unidades, secciones y capítulos en los textos, así como en tareas y ejercicios en la serie de clases. Esta articulación de los materiales necesarios da lugar realmente a dos árboles de datos asociados: el árbol de enseñanza y el árbol de estudio. El primero comprende el complejo de materiales de los que se surte el profesor para guiar y supervisar eficazmente el trabajo de los alumnos con los materiales necesarios. El segundo contiene el conjunto de materiales recomendados y auxiliares a los que los alumnos, aunando sus actividades individuales, recurren en sus esfuerzos por cumplir con los requisitos del curso.

Ambos árboles pueden conceptuarse como árboles ampliamente ramificados que descienden varios niveles hasta su raíz, constituida por los materiales necesarios del curso. Estos árboles de datos se ramificarán un número variable de niveles descendentes según el grado de especialización que comprenda el curso y la calidad académica de la enseñanza y del estudio asociado con ella. El árbol de enseñanza utilizado por un profesor de una clase sobrecargada de alumnos que nunca tiene realmente tiempo más que para leer los textos de éstos con cuidado de adulto, puede descender sólo un nivel y hasta muy pocos nudos en éste. A pesar de todo, la cantidad de información contenida en esta ramificación *superficial, estrecha*, sigue siendo considerable.

Nótese cómo, aquí, la teoría de información cuantitativa da una sólida precisión a estas palabras peyorativas, que antedatan a la teoría en milenios. La persona cuyo árbol de enseñanza es «superficial», descendiendo sólo a uno o dos niveles subsidiarios de referencia, se encontrará exactamente con eso, al igual que la persona cuyo árbol de enseñanza define un modo de ramificación «estrecho» impresionará a su auditorio precisamente como alguien de mentalidad tremendamente estrecha. Del mismo modo, los venerables términos de aclamación académica, *profundo* y *amplio*, adoptan un sentido riguroso con referencia al árbol de enseñanza: el profesor profundo puede descender a través de muchos niveles en respuesta a una pregunta, mientras que el profesor amplio puede recorrer muchos caminos posibles de reflexión a partir de cualquier punto de partida.

Para la elaboración de *software* de cursos, esto es, para llegar al punto de partida, el árbol de estudio es incluso más importante que el de enseñanza, ya que define el ámbito y la estructura de la información que se necesita hacer accesible mediante los ordenadores si queremos convertir en realidad sus posibilidades como instrumentos eficaces desde el punto de vista educativo. Se ha prestado muy poca atención a los rasgos elementales del árbol de estudio como un tipo de datos abstractos. Su característica intrínseca es el tamaño. Después de los primeros años escolares, el árbol de estudio de cualquier curso abarca una gran cantidad de información. Un árbol de estudio estará enraizado en los materiales necesarios, de los cuales partirá un primer nivel de ramificación, con una rama independiente para cada alumno de una clase o curso, que conducirá a la información que cada uno de ellos moviliza al asimilar los materiales requeridos, y que se bifurcará después una o más veces al pedírsele a cada alumno que vaya más allá de los materiales necesarios, para abordar temas recomendados y tareas especiales. Si los contenidos de este árbol se van a basar en el ordenador, es decir, van a ser accesibles a través del ordenador, éste tiene que contener mucha información almacenada.

Calculemos aproximadamente la vasta cantidad de información que comprenden dichos árboles de estudio (3). Por ejemplo, la mayoría de las personas que estén leyendo estas observaciones habrá estudiado en centros universitarios y recordará la lucha con la estructura de datos en un duro curso de humanidades: un libro a la semana, es decir, uno o dos megabytes o un total de cerca de 20 megabytes de lectura necesaria, más un ensayo en profundidad cada período académico que supondría el estudio profundo de otros 5 megabytes, dos o tres libros más, conjuntamente con una lectura superficial de una considerable cantidad de más datos, todos diferentes para cada alumno. Supongamos que hubiera veinte alumnos en el curso: la capacidad de información del árbol de estudio sería la siguiente:

20 megabytes: materiales necesarios con los que trabaja cada uno de los 20 alumnos.

100 megabytes: materiales principales utilizados para la redacción de ensayos, a razón de 5 megabytes por alumno.

500 megabytes: materiales de consulta para la preparación de ensayos y de las tareas de clase, a razón de 25 megabytes por alumno.

620 megabytes: total.

En realidad, el curso concreto que se recuerde acaso contuviera una estructura de datos mucho mayor, ya que es posible que no se consiga escribir un ensayo basándose únicamente en dos o tres libros, ¡escogidos únicamente entre diez o quince posibilidades! El profesor fulano de tal exigía mucho más...

Sea como fuere, no se trata aquí de averiguar la cantidad exacta de información que incluye el árbol de enseñanza o el de estudio de un curso típico, ya sea en una escuela de secundaria, en un centro universitario o en una institución para posgraduados. En todos los casos, la estructura contiene una cantidad grande, muy vasta de información, especialmente relativa a las capacidades de almacenamiento de los sistemas informáticos académicos disponibles. Podría imaginarse un curso no excesivamente exigente de una escuela de secundaria que generase un árbol de estudio que comprendiera las siguientes cantidades de información:

2 megabytes: materiales necesarios con los que trabaja cada uno de los 30 alumnos.

45 megabytes: materiales principales utilizados para la redacción de ensayos, a razón de 1,5 megabytes por alumno.

90 megabytes: materiales de consulta para la preparación de ensayos y tareas de clase, a razón de 3 megabytes por alumno.

138 megabytes: total.

Es una cantidad de información considerablemente menor que la del curso que imaginamos antes, pero en ningún caso trivial.

Naturalmente, admitir el extenso contenido de información de los cursos no equivale a sostener que cuanto mayor sea éste mejor, que el tamaño del contenido de información de un curso indique su calidad. Mayor no significa necesariamente mejor y muy posiblemente en el *software* de cursos menos es más, pero en mi opinión tan sólo a partir de un cierto umbral. Si el programa de *software* de cursos no alcanzase un cierto nivel, dicho contenido sería limitado, insustancial, demasiado fácil de agotar y, aun siendo pedagógicamente relevante, pronto demostraría ser de mínima utilidad, porque los alumnos no aprenderían de él lo bastante como para considerar justificado su esfuerzo. ¿Cuál es el umbral? No podemos estar totalmente seguros, pero obtendríamos un buen orden de magnitud si nos fijamos en los programas actuales no basados en el ordenador. Resulta un árbol de estudio grande.

Si acudimos a textos reales del mercado para estimar el tamaño del árbol de estudio, las aproximaciones precedentes resultan escasas. Mi hija, que estudia el último curso de secundaria, está siguiendo un curso optativo inglés sobre relatos cortos. El texto que utiliza, *Story to Anti-Story*, dirigido por Mary Rohrberger (4), contiene relatos de cerca de 55 autores, con breves notas biográficas sobre cada uno y una cita de sus obras principales, a razón de unos 5 libros por autor. No cita literatura crítica, aunque el manual del profesor sugiere varias referencias, que pueden utilizarse para que los alumnos se introduzcan en el árbol de estudio de la crítica, si así lo desean. Haciendo un recuento aproximado, el texto contiene 2,8 megabytes de información y se remite directamente a cerca de 275 megabytes de información posterior (contando 1 megabyte por libro citado) e indirectamente a una literatura crítica mucho más abundante referenciada en el manual, lo que no es una pequeña cantidad para una asignatura optativa de secundaria.

Los árboles de estudio descritos por los textos universitarios abarcan cuerpos de información todavía mayores. *History of Art* (Historia del arte) (5), de H. W. Janson, como introducción a la historia del arte, contiene 2,4 megabytes de información en forma de texto y remite a más de 600 megabytes de información en su bibliografía. Además, incluye 912 grabados de medio tono y 143 láminas en color. Sus equivalentes del ordenador, utilizando un IBM PC con una tarjeta normalizada de gráficos de color, requeriría, dependiendo de la resolución utilizada, entre 64 y 256 K de información para cada grabado de medio tono, sin contar las técnicas de compresión al almacenar las imágenes, o entre 57 y 228 megabytes, y para el conjunto de las láminas de color otros 36 megabytes. Así, el texto codifica una gran cantidad de información. En mi opinión, esta última define un orden de magnitud importante: no por muy grande es bueno un texto, pero un buen texto tendrá, entre otras muchas cualidades, un cierta escala de tamaño. Dado que el contenido de información de un curso alcanza este orden de magnitud, los ordenadores no podrán ser los principales instrumentos para estudiar un curso, a menos que sea posible acceder mediante ellos a la información en tales cantidades. Después, el que sean o no medios buenos para estudiar el curso depende de otros factores.

10

Podría aducirse que si el texto de Janson contiene tal cantidad de información es porque se trata de una obra sobre historia del arte. En esta materia, las ilustraciones son esenciales y, en cantidad de información, una lámina vale, no sólo por mil palabras sino por cientos de miles, si la resolución es razonablemente alta y no se usa la compresión de datos. Otros tipos de textos no son mucho más pequeños como estructuras de datos. Si tuviera que enseñar la historia europea moderna utilizando un texto general, elegiría *A Modern History* de Eugene Weber, por su brillantez y amplitud (6). También es relativamente pequeño en comparación con libros universitarios del mismo tipo: aproximadamente 3,8 megabytes de texto, algo más de 300 ilustraciones, 40 mapas y 1.500 referencias a libros en su bibliografía, lo que define un árbol de estudio que totaliza cerca de 2 gigabytes de datos. Los diversos volúmenes de las antologías de literatura Norton, usados en diversos cursos universitarios generales, contienen cada uno 8 megabytes, más o menos, de texto y proporcionan indicaciones bibliográficas de cerca de mil libros, lo que significa al menos un gigabyte de información cada uno. Norton vende muchos miles de ejemplares de cada volumen anualmente, que son dos para literatura inglesa, dos para literatura americana, dos para literatura mundial, uno para poesía y otro para estudios sobre mujeres, además de una antología un poco más pequeña y una selección de lecturas aún menor para estudios menos especializados y ambiciosos.

De esta manera, los libros de texto definen árboles de estudio muy copiosos. Ahora bien, estas proporciones no son exclusivas de los libros de texto, cuya razón de ser es ofrecer detalladas introducciones a campos de estudio completos, normalmente fruto del trabajo de un extenso equipo. No pocos trabajos de erudición, que han atraído amplias audiencias internacionales, pueden describirse como amplios y profundos, no sólo en el vago discurso de los críticos, sino en el sentido aquí expuesto, ya que erigen un árbol de estudio para sus lectores que es amplio, en cuanto que se ramifica en muchos temas, y profundo, al descender muchos niveles a través de dichos temas en la literatura asequible más detallada.

Observemos, por ejemplo, la obra maestra de Fernand Braudel, los tres volúmenes de *Civilization and Capitalism: 15th-18th Century* (7). El texto contiene poco más de 5 megabytes de información verbal, 400 ilustraciones y 16 mapas gráficos, que requerirían aproximadamente 100 megabytes de datos para representarlos numéricamente con cierta compresión. Además, la obra contiene más de 5.700 notas con amplia bibliografía. ¿Cómo debe contabilizarse esta cantidad de información? Dichas notas no son simples menciones de esta o aquella frase citada. Generalmente remiten claramente a literatura monográfica, unas veces a una sola página y otras a trabajos completos. En ocasiones son totalmente imprecisas («referencia extraviada»). Una muestra de 48 notas reveló que se mencionaban 35 trabajos, que abarcaban desde artículos hasta una historia de Amsterdam en 8 volúmenes (8). Probablemente sería apropiado decir que, por término medio, cada nota remite a un trabajo que contiene 0,75 megabytes de datos. Sobre la base de estas relaciones, las notas remiten a un poco más de 3 gigabytes de información.

No todos los doctores en filosofía pueden crear un campo de interpretación tan copioso, pero la magnitud de la obra de Braudel no está fuera del alcance de muchas personas. Con frecuencia, serios esfuerzos intelectuales individuales desembocan en estructuras de datos de escala parecida, y hay muchos trabajos que son equiparables al de Braudel en cuanto a la cantidad de información y no pocos que la exceden significativamente: lo que lo sitúa aparte de otros muchos estudios es su rango cualitativo y originalidad de interpretación, no meramente el tamaño de la estructura de datos a la que apunta en su conjunto.

Aquí tenemos la escueta y simple razón de la crónica mediocridad del *software* educativo: *el software educativo se queda corto, en una proporción de uno a mil, en la cantidad de su contenido informativo*, ya que ejecuta en kilobytes tareas que en otros medios se han hecho en gigabytes.

Por supuesto, con esto no se quiere decir que un buen programa de curso dependa sólo del contenido informativo, de la misma manera que una comida no puede cocinarse sólo a base de calorías. Ahora bien, las comidas que se preparan habitualmente sólo con una pequeña fracción de las calorías que la gente consume normalmente, no son nutritivas. Lo mismo ocurre con los programas de cursos: si el contenido informativo es sistemáticamente insuficiente, no alimentará las mentes de quienes estudien con él, por muy atractivo que demuestre ser el estudio.

12

Un gran abismo separa la enseñanza asistida por ordenador de la enseñanza basada en el ordenador. La primera se ha intentado, y generalmente se ha estimado por entender que conduce tan sólo a variantes en los ejercicios y prácticas. Ningún programa de curso basado en ordenador presenta todavía ni siquiera 2 megabytes de información textual integrada sobre una asignatura del curso para el estudio efectivo por parte de los alumnos, aunque, como acabamos de ver, 2 megabytes forman el contenido verbal típico de un manual general no demasiado exigente y el uso de ilustraciones puede hacer que el contenido de datos crezca rápidamente en un factor de un centenar o más. Aun en el caso de que el programa basado en el ordenador tuviera los 2 megabytes de información mínimos requeridos, ¿qué ocurriría con el ramaje del árbol de estudio? Tal y como están las cosas, las ramas serían o extremadamente superficiales y estrechas, o el programa dejaría de basarse en el ordenador. Actualmente no existe nada que se aproxime al contenido informativo de un buen curso para su estudio a través del ordenador. Nuestra estimación anterior del árbol de estudio más pequeño era de 140 megabytes. Sunburst Communications, quizás el mejor distribuidor de *software* educativo, en su catálogo de 1985-86 enumera 70 programas para el Apple II, con 86 discos en total: suponiendo que cada disco lleve 170 K de información, la lista completa ascendería a un total de un poco más de 14 megabytes de código, cerca de un décimo de la información que hemos calculado que existe en el árbol de estudio de un curso de una escuela de secundaria (9).

Nótese cuánto trabajo acarrearía convertir el contenido informativo de un buen curso en una forma manipulable por el ordenador. Estimemos la tarea para el árbol de estudio menor: 140 megabytes. Una vez que haya sido preparado un lector de caracteres ópticos para reconocer un conjunto de caracteres concreto, introducirá cerca de 4 kilobytes de información por minuto, esto es, el equivalente de una secretaria que mecanografié sin errores 800 palabras por minuto. Dicho dispositivo tendría que mantenerse en funcionamiento a plena capacidad durante 8 horas al día y casi 73 días, simplemente para convertir los 140 megabytes de información en forma legible por máquina. El tiempo de preparación para que pudiera leer diferentes conjuntos de caracteres llevaría algunos días más, y entonces la información tendría que estructurarse y reorganizarse para que los ordenadores pudieran acceder adecuadamente a ella. Se necesitaría un sistema informático bastante potente para que la estructura de datos resultante estuviese disponible para una utilización regular por los alumnos.

Este ejemplo muestra que se requeriría una gran cantidad de trabajo tan sólo para preparar el requisito de información de un pequeño curso; no se ha tenido en cuenta el diseño de los instrumentos de estudio basados en el ordenador precisos para que los alumnos puedan dominar la información mejor de lo que lo harían con herramientas basadas en el texto impreso. Si nos remontamos ahora a lo expuesto al principio, podemos ver la cuestión que nos interesa. La creación de buenas herramientas de estudio basadas en el ordenador es un trabajo preciso para comprobar qué tipo de educación prevalecerá en la historia que todos nosotros estamos construyendo en común, si la educación basada en el ordenador o la educación basada en el texto impreso. Pero la carrera no comenzará hasta que consigamos colocar a la informática en el cajón de salida. Y esto supone situar el contenido informativo, requisito para el árbol de estudio agregado de la educación, en una forma accesible para las tecnologías electrónicas.

Algunos se apresurarán a defender el *software* educativo existente, objetando que nuestros cálculos se basan en cantidades de información textual y que incluso prestan atención a ese gran fantasma, el libro electrónico, reduciendo el ordenador a un caro cambiador de páginas. Les gustaría dejar atrás lo que aquí se define como el punto de partida, despidiéndose de todo eso. En el mejor de los casos, esta visión descansa en una fe en la posible comprensión de la información que se presente. No sabemos hasta dónde podemos llegar con el gran principio de la era moderna de que «menos es más». Podemos estar seguros de que hay una gran diferencia entre la comprensión de datos y la cancelación de datos. Si «menos es más» probase ser el principio del diseño de los programas de cursos basados en el ordenador y se demostrase que éstos aventajan a los cursos basados en el texto impreso, operaría después de que la información en el árbol de estudio completo hubiese sido convertida.

14

Sin duda, un buen *software* educativo tendrá que ser algo más que masas de texto que pasen por la pantalla; un buen *software* hará un uso creativo de las posibilidades interactivas del medio e integrará gráficos con texto y sonido y vídeo y quién sabe qué. Pero todo esto va en contra del *software* educativo presentado en discos flexibles; pedagógicamente, éstos son discos flácidos y la integración de gráficos y sonido y vídeo y quién sabe qué con el máximo uso de interactividad simplemente incrementaría más el requisito de contenido informativo para programas de calidad. Un programa de calidad debe, en el punto de partida, medirse en cientos de megabytes, e igualar o exceder, con relación a las alternativas impresas, la cantidad de información que pueda manejarse eficazmente a través de él; en otro caso, continuará siendo, como lo ha sido siempre, intelectual y culturalmente deficiente. Una vez que el programa sea suficiente, en relación con la cultura dada, podremos descubrir a dónde conduce la creatividad cultural que puede alimentar y mantener.

Por tales razones, mantengo que no podemos desentendernos de la cuestión, huyendo del cajón en la línea de salida: nos enfrentamos a tareas de entrada de gran cantidad de datos, y las capacidades de los sistemas informáticos educativos deben acrecentarse muy significativamente. Por lo menos, a esta conclusión, nos llevan nuestras reflexiones.

#### UN TEXTO DE BUSQUEDA

A estas alturas, algunos pondrán reparos a la dirección del desarrollo hacia el que tan enfáticamente apuntan estas reflexiones. Esencialmente, sostendrán que la carrera aquí anticipada en caso de que la informática pueda situarse en el cajón en la línea de salida ya ha sido celebrada, con un resultado terminante a favor del currículo basado en el texto impreso. Alegarán que el texto impreso ha demostrado, en pruebas comparativas con la pantalla, que es preferible como medio de entrega de la información en cualquier curso. Preguntarán por qué molestarse en introducir todos esos datos y aumentar tan significativamente las capacidades de los sistemas informáticos educativos para que los alumnos puedan trabajar efectivamente con todo ello. Dejemos que el árbol de estudio continúe basado en el texto impreso. Después de todo, hasta ahora la investigación indica que la gente lee más rápido y fatigándose menos un documento impreso que la pantalla. ¿Por qué cargar todo en el ordenador si ya está en el texto impreso y es más legible en éste?

Bien, en cierto modo la objeción tiene indudablemente peso suficiente para merecer alguna reflexión. ¿Es la lectura tal y como se hace con el texto impreso una destreza suprahistórica? ¿Es históricamente constante lo que la gente hace mientras lee? Recuérdese la dificultad de san Agustín en comprender por qué el obispo Ambrosio leía en silencio. «Al leer, sus ojos se movían sobre las páginas y su corazón encontraba el sentido, pero su voz y su lengua permanecían en silencio» (10). Normalmente, en la época de san Agustín, los buenos lectores leían en voz alta, sin duda por varias razones. En primer lugar, por una razón técnica, ya que al estar el texto escrito con pocos signos de puntuación y con una demarcación escasa entre unas palabras y otras, la lectura en voz alta facilitaba la comprensión del sentido y significado (11). En segundo lugar por una razón socioeconómica, pues la lectura en voz alta de textos escasos permitía su multiplicación, no en el proceso de producción sino en el proceso de consumo. Nosotros multiplicamos numerosos ejemplares impresos para que cada uno pueda ser leído en privado por una persona; ellos producían un solo ejemplar para que fuera «leído» por el multiplicador de grupos. Por último, existe una razón conceptual, porque la lectura en voz alta, especialmente en espacios muy cargados de imágenes, como monasterios, catedrales y estudios ornamentados, facilitaba las técnicas nemónicas de la *ars memoria*, entonces esenciales para una lectura eficiente cuando los libros eran escasos (12). Las técnicas que usan los buenos lectores no son constantes en la historia.

El modo de interpretar ciertos hallazgos de la investigación depende de cómo se acepte este principio de que las técnicas de lectura cambian y evolucionan a través de la historia cultural. Considérese, por ejemplo, el trabajo de John D. Gould, una investigación hecha con gran cuidado (13). Gould confirma los hallazgos de muchos otros, según los cuales la gente lee más rápido un documento impreso que las pantallas de tubos de rayos catódicos (CRT), pero utilizar estos hallazgos para concluir que el documento impreso es un medio mejor de presentar la información sería hacer un uso erróneo de la investigación, de modo sutil pero significativo. Gould ha estudiado por qué la velocidad de lectura en una pantalla es más lenta que en papel. Ha llegado a la conclusión de que el fenómeno está bien demostrado, pero la explicación es discutible; ahora bien, la explicación del fenómeno sería importante, porque nos permitiría diseñar pantallas en las que el texto pudiera leerse tan rápidamente o más que en papel. Por supuesto sería atractivo el que se diseñaran pantallas mejores, pero con respecto a la integración a largo plazo del ordenador en el currículo la cuestión es irrelevante. Para verlo con claridad, hagamos un experimento conceptual en historia hipotética y después consideremos atentamente lo que Gould ha probado y lo que no.

16

Nuestro experimento conceptual es el siguiente: ¿qué criterio de control se utilizaba con anterioridad a las técnicas de imprenta, para hacer el texto recordable después de una cuidadosa lectura? Los manuscritos eran escasos; los lectores tenían que aprendérselos de memoria, ya que el texto no estaría después a mano si se necesitaba para comprobar uno u otro punto en el curso de un debate o de una reflexión. En el esfuerzo para hacer el texto recordable, la iluminación del manuscrito no era meramente decorativa, sino sumamente funcional. Imaginemos a un erudito, hacia 1486, cuando empezaron a producirse, cuando textos impresos de una forma característicamente impresa: márgenes justificados a la derecha y a la izquierda, portada, índice de materias, encabezamiento de páginas, separaciones entre los capítulos, números de páginas y un índice; en suma, los rasgos primarios del texto impreso tal como lo conocemos nosotros. Es fácil suponer que una prueba controlada de la recordabilidad del texto presentado al estilo antiguo, con iluminaciones, y del nuevo estilo impreso, arrojaría resultados significativamente favorables a aquél. No cabe una prueba comparativa, significativa, en la que se evaluase la «recordabilidad» del texto iluminado y del texto impreso, esto es la facilidad con la que se pueden memorizar y recordar, el modo en que puede confeccionarse un índice y citarse al cabo del tiempo. Los libros impresos y los manuscritos iluminados resuelven el problema de la recordabilidad de manera radicalmente diferente y, por tanto, son sistemas distintos que no pueden compararse de modo directo (14).

Con este experimento conceptual en la mente, examinemos lo que Gould ha probado tan cuidadosamente. La mayoría de sus pruebas piden a los sujetos que procedan a una corrección de pruebas de un texto comparable, bajo condiciones cuidadosamente controladas, tanto en papel como en pantalla de ordenador. El resultado indica que la corrección de pruebas es igual de precisa en ambos medios, pero significativamente más rápida cuando se hace en papel. Nótese en primer lugar que estas pruebas no se refieren específicamente a la velocidad o a la precisión de la corrección de pruebas de un texto o por los métodos tradicionales y por los métodos asistidos por ordenador. Tales pruebas serían muy diferentes y podían dar lugar a resultados también distintos. Las pruebas de Gould son pruebas de velocidad de lectura en condiciones de corrección de pruebas de un texto al modo tradicional. Dicho más precisamente, Gould ha descubierto que cuando a la gente se le dice que les un texto en la pantalla de un ordenador como si fuera en papel, lo leerá más despacio de lo que lo haría si el texto se presentara realmente en papel. Este hallazgo quizás no sea tan sorprendente.

Examinemos la cuestión en un contexto más amplio. ¿Por qué hacer una prueba de velocidad de lectura? Todo el mundo sabe que la velocidad de lectura es positiva e importante. ¿O deberíamos sustituir «es» por «ha sido»? La lectura rápida ha sido muy importante al explorar el material impreso, al examinarlo rápidamente para llegar a lo que se quiere saber realmente y sobre lo que se quiere pensar, al determinar en qué punto una alta velocidad de lectura puede ser menos funcional que una lectura más lenta, crítica y atenta. Sin embargo, se han producido cambios en el sistema. Aunque es posible que se lea más despacio en la pantalla, las funciones de corrección ortográfica y otras auxiliares pueden hacer que en realidad, la corrección de pruebas asistida por el ordenador sea más rápida y precisa que la hecha en papel sin ayuda. De la misma manera, una búsqueda potente y unos algoritmos de visualización pueden alterar la balanza entre hojear y estudiar un texto, induciendo a un buen lector a escoger lo primero, en lugar de tener que pasar las páginas con el pulgar. Así, es posible que la lectura en pantalla signifique respecto a la lectura en papel lo que la recordabilidad de los manuscritos iluminados significó respecto a la recordabilidad de los libros impresos: sistemas diferentes no directamente comparables (15).

Debe hacerse aún otra puntualización sobre los ordenadores y la lectura. Hasta que se disponga del Dynabook, la cuestión no afecta a la lectura de entretenimiento. El mercado de libros comerciales que podemos consumir mientras nos estamos bronceando tiene por delante mucho futuro. En todo caso, la comodidad informal no debe ser la norma paradigmática que determine el carácter de la lectura seria. Las personas que leen seriamente suelen hacerlo en un lugar más o menos fijo: un escritorio, un pequeño gabinete o arrellanados en su sillón favorito. Si la conversión de un puesto de trabajo informático en un puesto de lectura ofrece ventajas distintas, su ergonomía en cierto modo más restrictiva no es probable que se alce como un obstáculo poderoso al cambio (16). A la larga, es posible que los ordenadores demuestren ser útiles como instrumentos para la escritura, aunque en cierto modo inadecuados para una lectura seria. No podremos descubrir esta inadecuación, si la hay, hasta que se haya ofrecido a los ordenadores una oportunidad seria, y esto no será posible hasta que podamos acceder mediante los ordenadores a árboles de estudio dignos del esfuerzo serio de alumnos serios.

De este modo, volvemos al punto de partida, a la conclusión expuesta anteriormente: nos enfrentamos a inmensas tareas de entrada de datos y necesitamos aumentar muy significativamente las capacidades de los sistemas informáticos educativos. Aventuraré algunas observaciones sobre la tarea de entrada de datos y después concluiré describiendo la clase de sistema que podría configurarse como «máquina para la educación».

En el caso de los libros, la diferencia entre los textos de dominio público y los amparados por la propiedad intelectual es pequeña. La razón es simplemente económica: la mayor parte del coste de producción la absorben los materiales y la mano de obra, no los derechos de autor. En los libros de dominio público, el coste final es, a lo sumo, un 10 al 15 por 100 que en los amparados por la propiedad intelectual. En los ordenadores, este diferencial puede cambiar significativamente. Los costes de los materiales y de la mano de obra necesarios para elaborar el contenido intelectual de un curso son, en potencia, mucho más bajos que en los libros. Como consecuencia, la diferencia entre el material de dominio público y el protegido por los derechos de autor será mucho mayor.

Esta diferencia puede llegar a ser alarmantemente significativa. Supongamos que en un mercado desarrollado de CD-ROM (17) proyectamos vender 10.000 copias de un disco que contiene texto equivalente a 200 libros. Nuestros cálculos del precio aproximado, excluidos los costes de distribución, pero suponiendo que los materiales del disco de dominio público serán asombrosamente bajos, son los siguientes:

- 42.000 dólares: coste de la entrada de datos (18).
- 4.000 dólares: coste de control del CD-ROM.
- 50.000 dólares: coste de 10.000 copias, a 5 dólares cada una.
- 96.000 dólares: costes totales de producción, a razón de 9,60 dólares por disco.

Si los materiales del disco están amparados por la propiedad intelectual, los costes de producción seguirán siendo de 9,60 dólares por disco, pero a eso habrá que añadir el importe de los derechos de autor. Consideráramos que los materiales contenidos en el disco equivalen a 200 libros: suponiendo que cada autor de estos libros espere algo menos de lo que conseguiría en una versión impresa en tapas duras, esto es, aproximadamente un dólar por cada uno, la asignación por los derechos de autor por disco sería de 200 dólares y el coste básico del disco para el editor se habría multiplicado por 20. La conclusión que se desprende es sencilla: las aplicaciones educativas utilizando CD-ROM y similares se iniciarán en áreas en las que puedan desarrollarse sistemas intelectualmente solventes a partir de materiales de dominio público.

Con esta observación podemos especificar, en sentido amplio, dónde es probable que se inicie la entrada de datos que se requiere. Allí donde existe amplio material de dominio público, de calidad intelectual suficientemente elevada, existe también la oportunidad de que se desarrollen programas de cursos informatizados intelectualmente importantes. Las porciones más conservadoras del currículo, las que trabajan con la «gran tradición», salen con ventaja. La literatura y la historia ofrecen vastas cantidades de fuentes intelectualmente significativas pertenecientes al dominio público. Por supuesto, no sólo de ahí pueden proceder fuentes de calidad: una multitud de estudios realizados con apoyo oficial son asimismo de dominio público. Más aún, muchos, quizás la mayoría de los investigadores realmente serios no esperan ni reciben unas cantidades significativas por los derechos de autor de sus obras, sino que escriben para ejercer una influencia intelectual o para progresar en su carrera académica. Si los programas de cursos, basados en el ordenador utilizando materiales de dominio público empezasen a generalizarse, estos autores podrían aceptar de buen grado la inclusión de sus trabajos, libres de derechos de autor, para no quedar excluidos de los nacientes árboles de estudios basados en el ordenador (19).

Para crear árboles de estudio informatizados adecuados necesitamos convertir la información de los textos de dominio público en una forma legible por máquina. No se trata, por supuesto, de una empresa pequeña, pero tampoco es mayor (sino, de hecho, menor que la tarea de entrada de datos que supondría la elaboración del conjunto equivalente de materiales impresos a que se lleva a cabo continuamente. Este dato es importante y debe reforzarse. Los tres volúmenes de *Books in Print, 1984-85* comprenden 5.270 páginas con listas de libros publicados, cada una con una media de 125 títulos, lo que supone un total de 660.000 libros publicados. Supóngase que, por término medio, cada libro contiene 1 megabyte de datos y que los datos de los libros impresos en un año cualquier se introducen en forma impresa durante 10 años. Esto significaría que la capacidad normal de entrada de datos de la industria editorial americana es de 66 gigabytes al año. Esta estimación no incluye la gran cantidad de material que se prepara anualmente para su publicación en entregas, ni los innumerables catálogos ocasionales, con lo que la entrada real de datos para la impresión había que multiplicarla por un factor de dos o más. La entrada de texto para la impresión es más compleja que su conversión en forma legible por máquina y esta última tarea es mucho más proclive a una automatización efectiva. Sin crear una gran organización, podría establecerse un centro de compensación que introdujese 6 gigabytes de texto de dominio público anualmente en forma legible por máquina y distribuyese el conjunto, a precio razonable, a las entidades dedicadas al desarrollo de programas de cursos informatizados.

En la industria editorial, la tarea de entrada de datos está muy repartida, y aparece comparada por gran número de autores, secretarías, directores de edición e impresores compartiendo la tarea. Podría establecerse un procedimiento algo más centralizado para la conversión del contenido intelectual del currículo en un formato informatizado, especialmente en lo que se refiere a las partes de dominio público. La tarea de entrada de datos sólo exige voluntad de llevarla a cabo, y puede concentrarse en uno o unos pocos centros en los que las entidades dedicadas al desarrollo de programas de cursos educativos consigan los materiales necesarios para sus proyectos razonables. Estos centros de compensación impulsarían el desarrollo de un mercado de programas de cursos informatizados de calidad, al reducir enormemente su coste potencial, y liberarían de la labor de entrada de datos energías creativas que podrían dedicarse a la tarea realmente interesante de descubrir cómo trabajar mejor con materiales intelectuales más exigentes en un entorno informático multimediático.

Con un presupuesto anual de 1 millón de dólares, el centro de compensación mencionado podría convertir anualmente unos 6 gigabytes de información textual de dominio público en forma legible por máquina, y mantener el conjunto, que sería cada vez mayor, a disposición de las entidades dedicadas al desarrollo de programas de cursos a precios nominales. Es difícil hacer una estimación precisa de la probabilidad de que tal esfuerzo llegue a autofinanciarse. En el ejemplo anterior, los costes directos de la producción de datos se estimaron en 84 dólares por megabyte de material. Si el centro de compensación convirtiese en forma legible por máquina 6 gigabytes anualmente, y pudiera hacerlo y mantener además todo el conjunto disponible para su distribución con un presupuesto anual de un millón de dólares, cubriría sus costes simplemente con distribuir dos veces cada megabyte de su colección, a 84 dólares el megabyte, durante la vida útil de la misma. No parece excesivo suponer que todo el material pasase dos veces a la producción de programas de cursos al precio citado. De hecho parece probable una frecuencia mayor, a menos que la tecnología de almacenamiento fracase totalmente como tecnología relacionada con el ordenador, en cuyo caso la financiación del desarrollo del capital de dicha tecnología absorbería cantidades mucho mayores que las necesarias para el centro de compensación.

Si el contenido informativo de los programas de cursos informatizados quiere situarse a un nivel que iguale o supere al de los programas impresos, será preciso también ampliar en gran medida las capacidades de los ordenadores que se utilicen en el estudio de dichos materiales. Como mínimo la de alcanzarse la base de información textual de las obras impresas utilizadas en la enseñanza. Ahora bien, unos buenos materiales basados en el ordenador sobrepasarán con mucho ese mínimo, combinando distintos medios y dando lugar a resultados intelectualmente atractivos que, simplemente, son inviables con las limitaciones físicas y logísticas de la impresión. Al considerar lo que los sistemas informáticos harían de modo pedagógicamente satisfactorio si hubiera una base de información adecuada comenzamos a asomarnos desde el cajón en la línea de salida, para contemplar la carrera que se desarrollará una vez que se abran las puertas. A tal fin hemos de examinar las posibilidades pedagógicas de los entornos de información multimediáticos de alta calidad controlados por ordenador, prestando al principio relativamente poca atención a las limitaciones del coste.

### LA INVERSIÓN Y LA ADECUACION

En el terreno de la enseñanza, los investigadores se sienten un tanto presionados a ser directamente relevantes, lo que en las cuestiones que nos ocupan se traduce en un imperativo a trabajar con los ordenadores existentes en las escuelas. Resistamos esta presión, pues los entornos informáticos existentes en las escuelas son obsoletos y engañosos. Obsoletos quizás, pero algunos lectores acaso se pregunten, por qué las llamo *engañosas*.

Los entornos informáticos actuales engañan porque han sido armados a partir de productos que la gente encontraba en el mercado y ensayados *ad hoc* con fines educativos. Mediante algunas aplicaciones, como el uso del procesador de textos para facilitar la redacción de los alumnos; estas adaptaciones fortuitas han rendido inmensos frutos. Esto forma parte de su carácter engañoso, ya que tales herramientas son parcialmente funcionales, pero no se parecen a las que se habrían diseñado explícita y expansivamente para tal fin. En alguna ocasión me he servido de un zapato para clavar un clavo, pero de eso no saco la conclusión de que el zapatero indique cómo debe ser un martillo bien diseñado. No se ha creado todavía un entorno informático diseñado para la consecución de la eficacia educativa. Cuando se hayan creado y se haya empezado a optimizar su eficacia funcional se podrá evaluar su posible eficacia en relación con el coste. Sigamos insistiendo un poco en este punto, ya que en él subyacen varias implicaciones importantes para la posible relación entre la inversión de capital y la educación.

Debe intentarse, sin indecisa ambivalencia, una seria inversión de capital en la educación. En la historia educativa se ha demorado durante mucho tiempo la aplicación de capital al proceso pedagógico. El hábito mental de que los elementos que hacen un uso intensivo de capital no tienen sitio en el proceso pedagógico ha influido de forma significativamente en el modo en que la informática se ha introducido experimentalmente en la educación. Esto explica el dominio por inercia del Apple II. Explica la presunción crónica de que las tecnologías educativas han de ir a buscarse entre tecnologías diseñadas para otros fines, pero que han sido aplicadas felizmente a la actividad educativa. «El Apple II para siempre» es

un lema que va dirigido a quienes aplicarían el pequeño ordenador personal a la educación sin considerar nunca la posibilidad de que la informática en la educación lleve inexorablemente a la conversión de la educación en una tarea con empleo intensivo de capital, como tantas otras de la vida moderna. El Apple II puede perdurar durante mucho tiempo en las aulas, como el retroproyector, pero eso significará primordialmente que la aplicación intensiva de inversiones de capital para el progreso de la educación no se ha producido todavía (20).

En el campo de la educación, los cálculos sobre la eficacia en relación con los costes suelen aplicarse prematuramente. En otros terrenos, cuando se aplica capital con la intención de mejorar el rendimiento humano, se lleva a cabo una esmerada adaptación de los instrumentos a la tarea, dentro de los límites de las capacidades de desarrollo disponibles. La inversión industrial no selecciona sistemáticamente el procedimiento más efectivo desde el punto de vista de los costes; en su lugar respalda el diseño racional, antes que los procedimientos más eficaces en relación con los costes, y asigna recursos importantes para la creación meditada de nuevos procedimientos. La inversión industrial, una y otra vez, respalda la reflexión racional sobre la experiencia con recursos importantes y demuestra que los cálculos sobre la eficacia desde el punto de vista del coste pecan sistemáticamente de falta de previsión.

Compárese la inversión en la educación con la que se hace en numerosos otros campos. *Gastamos grandes sumas en la educación, pero invertimos muy poco en ella.* Así no se ha desarrollado ningún sector específico en asociación con ella. Para advertir la magnitud de esta deficiencia puede examinarse la *Encuesta de inversión en valor*, que ofrece información sobre cerca de seiscientas grandes empresas que en conjunto suponen una parte sustancial del PNE. El estudio agrupa estas empresas en 92 categorías sectoriales más o menos, de las cuales sólo una «Juguetes y suministros escolares» se refiere nominalmente a la enseñanza, si bien las empresas incluidas fabrican principalmente juguetes y juegos.

Las ventas brutas de las empresas de esta categoría en 1986 se estiman en 4.800 millones de dólares. Compárese esta cifra con las de otras empresas pertenecientes a categorías diferentes: 11.100 millones en productos de tocados y cosméticos, 6.100 millones en maquinaria agrícola, 11.100 millones en calzado, 17.500 millones en equipo y suministros de oficina, 25.000 millones en material médico y 23.100 millones en instrumentos de precisión (21).

La educación ha sido una actividad con empleo intensivo de mano de obra que ha afectado principalmente a la organización del empleo del tiempo por parte de los profesores y de los alumnos. Como opciones históricas, la gente puede decir que los niveles actuales de rendimiento educativo son excesivos, suficientes o inadecuados. Si se consideran excesivos, tiene sentido disminuir y reducir por una u otra estratagema la proporción total del PNB gastado en educación. Si se consideran suficientes, entonces la gente puede sonreír y dejar las cosas tal como están, sosteniendo los esfuerzos educativos en conjunto en un régimen de mantenimiento. En cambio, si los niveles actuales de rendimiento cultural se consideran inadecuados, aquí, allá y en todas partes, entonces habrá que buscar alguna mejora en la eficacia del sistema. Un rápido examen de las complejidades cada vez mayores entre las que vivimos debería convencer a la mayoría de que sólo con una extraordinaria complacencia podemos mantener que los resultados educativos actuales son excesivos o suficientes. En términos tanto de *equidad* como de *excelencia*, los rendimientos alcanzados a través de la educación necesitan acrecentarse sistemáticamente. ¿Cómo?

La inversión de una mayor dosis de educación basada en un empleo intensivo de mano de obra con vistas a la formación de más y mejores profesores puede mejorar marginalmente, por supuesto, el rendimiento cultural global del sistema. Lo mismo podría lograrse asignando una mayor proporción del tiempo disponible para que los profesores y alumnos trabajaran en el proceso, alargando el día y el curso escolares. Más las mejoras que producirían tales estrategias serían limitadas y, a pesar de todo, caras, por efecto de la ley de los rendimientos decrecientes; serían como las mejoras agrícolas conseguidas mediante el aumento de la intensidad de cultivo y la plantación de campos marginales. Concebida como actividad que hace un empleo intensivo de la mano de obra, la educación ha sido desarrollada casi hasta el punto de su máxima potencialidad. Si queremos conseguir mejoras del rendimiento educativo que sean algo más que marginalmente significativas, hemos de arbitrar los medios precisos para que los instrumentos usados en el trabajo educativo sean sistemáticamente más productivos. Este es el imperativo actual de la inversión de capital en la educación.

Sin embargo, las aportaciones de capital a la educación no parecen ser vehículos prometedores para la mejora del rendimiento educativo por esta vía. El aula y el libro de texto, que son los principales instrumentos de la educación a todos los niveles, fueron en lo esencial inventos del siglo XVI. Desde entonces han sido perfeccionados progresivamente, en particular con la llegada del diseño funcional en la arquitectura y con la producción a gran escala en el campo editorial. Sin embargo, funcionalmente, el aula y el libro de texto son desde hace mucho tiempo tecnologías maduras: la asignación de recursos a los mismos depende de estrechos cálculos de la eficacia real desde el punto de vista del coste: Ha llegado el momento de invertir otra vez en los instrumentos de la educación, de aplicar capital a la creación meditada de nuevos instrumentos para la tarea. El acierto del desarrollo de instrumentos basados en el empleo intensivo de capital puede apreciarse en el campo de la automatización de oficinas. Recuérdese la oficina típica de 1886 y compárese la con una oficina moderna: las funciones no son tan diferentes, pero los instrumentos y los procedimientos han cambiado radicalmente. Mírese después la típica aula de 1886 y compárese la con la actual: no sólo las funciones son en gran parte las mismas, sino que también siguen siéndolo los instrumentos y los procedimientos; sólo el vestido y la decoración parecen haber cambiado. La inversión en educación no se ha producido todavía, pero suponemos que se producirá, que debe producirse y que nosotros, u otros como nosotros, seremos pronto los agentes de su puesta en práctica.

A la vista de tales consideraciones, no debemos tratar de diseñar una máquina experimental para la educación, que encaja cómodamente en las estructuras dadas, cueste poco y no altere los modelos existentes, salvo en lo que se refiere al aspecto incremental. Por el contrario, aspiramos a introducir en el proceso instrumentos caros que no lo mejoren incrementalmente, sino que reestructuren de forma radical su carácter y sus límites. La eficacia, desde el punto de vista del coste, de estos instrumentos, será sistémica, no incremental, y puede ser de dos tipos:

- ejecución de las funciones existentes con esfuerzo total menor.
- realización de posibilidades educativas que no eran factibles anteriormente.

Así, lo que estoy denominando «máquina para la educación» acaba con todo e intenta recopilar la suma de tecnologías asequibles de un modo pedagógicamente útil. Si se la juzga por los modelos establecidos de gastos en educación será caro, como lo fueron las acerías en relación a las fundiciones de hierro. Sin embargo, lo fundamental es que los modelos establecidos de gastos en educación impiden la aplicación seria de capital a la tarea. Esto no cambiará a menos que los inventores educativos diseñen instrumentos que prometan hacer la seria aplicación de capital a la tarea al mismo tiempo significativa, productiva y rentable (22).

Estas observaciones sobre la relación entre la inversión de capital y la educación nos remiten al problema anteriormente mencionado, pero no debatido: el acceso informatizado a datos en cantidades proporcionadas, por lo menos a las que se movilizan en los cursos impresos, es esencial, pero no suficiente; representa el cajón en la línea de salida. Con todo, la tarea mayor no consiste en introducir en el ordenador una vasta cantidad de información para que la estructura de datos que pueda estudiarse a través de él sea igual o mayor a la que puede estudiarse mediante el texto impreso. La tarea mayor consiste en avivar, fortalecer, vigorizar tal estudio, haciéndolo completamente interactivo y transmitiéndolo no sólo con texto, sino también con sonido, imágenes y todos los medios de comunicación posibles.

El proceso de diseño está impulsado claramente por la tecnología, pero no por la tecnología de una u otra innovación que se le antoje a uno, sino por la tecnología del sistema predominante: la tecnología de la enseñanza basada en la impresión. Si no logramos superar lo que nos permiten nuestros actuales instrumentos educativos basados en la impresión, si no conseguimos diseñar instrumentos electrónicos, combinaciones de hardware y software que hagan posible, en un factor significativo en relación con las posibilidades actuales, una transmisión más efectiva, extensiva y profunda de información y de ideas a los alumnos con vistas a la sabiduría, el aprendizaje y la habilidad, entonces la inversión de capital en la tarea del diseño pedagógico será un despilfarro de recursos. Está de moda insistir en que se deberían especificar primero los objetivos pedagógicos, y después dejar que estos objetivos determinasen los rasgos concretos de las tecnologías, pero tal secuencia de diseño obstaculizaría la imaginación. Los cambios significativos suelen producirse cuando la gente descubre una posibilidad técnica que atrae su atención y entonces, lentamente, con expectación ansiosa, comienza a darse cuenta de cómo podría ponerse ésta al servicio humano.

De este modo, dejemos que nuestra imaginación técnica corra libremente, no en el reino de lo inviable sino en el de la configuración madura de lo que es técnicamente viable para fines pedagógicos. Con respecto al *hardware* en un contexto educativo, se presta demasiada atención a la selección de su característica básica, como si ésta fuera lo significativo. Así, se tropieza uno con partidarios del vídeo interactivo o de las simulaciones en ordenador, o de las redes, o de esto o lo otro. Tales opciones podrían tener sentido si los diferentes componentes fueran extremadamente caros y sus funciones se solapan mucho. En la actualidad, el *hardware* electrónico es barato, particularmente en relación al desafío del aprendizaje de su manejo, y los diversos componentes sirven generalmente para funciones distintas, todas las cuales tienen un lugar en la caja de herramientas del educador de electrónica.

Así pues, contemplamos la máquina para la educación que está apareciendo actualmente como un prototipo torpe, pero que será viable y potente. La máquina para la educación se diseñará sobre la base de que toda la información de valor para la cultura estará asequible en código binario. Aun más, se diseñará con la convicción de que la educación facilita la expresión y de que una máquina para la educación es, sobre todo, una poderosa herramienta de expresión que el alumno aprende a manejar para sus fines humanos. (Al pensar en «la máquina para la educación» me ha ayudado enormemente la experiencia de trabajo con Don Nix, del IBM Watson Research Laboratory, en un estudio conjunto en el que utilizamos el lenguaje experimental Handy, que Nix ha desarrollado para que los niños controlen un sistema informático multimediático.) Acabaré con unas cuantas observaciones sobre estos supuestos, porque es importante no sólo enunciarlos sino hacerlo con total conocimiento de su importancia.

Los distintos acontecimientos se producen en diferentes escalas de tiempo. Uno de estos acontecimientos, en cuyo ámbito nos encontramos ahora, comenzó allá por los años 40 y finalizará probablemente hacia los años 20, o quizás no antes de los años 40 del siglo XXI. Este largo acontecimiento implica la conversión de todas las formas de almacenamiento y recuperación de la información de nuestra cultura en un sistema de codificación de base binaria. Cuando hablamos de sistemas de multimediáticos, a lo que nos estamos refiriendo realmente es a esta unificación de distintos medios en virtud de su implantación respectiva en una forma de codificación común y compartida. El beneficio es doble: todos los medios se pueden manejar a través de un único sistema y el uso de cada uno de ellos tomado por separado es más cómodo y efectivo.

Cuando hablamos de sistemas multimediáticos nos referimos a algo extremadamente complicado y potencialmente muy poderoso. Las técnicas de almacenamiento y recuperación son engorrosas pero están bien desarrolladas con respecto a los textos. Las bibliotecas almacenan millones de libros, los distintos volúmenes están bien catalogados y sus contenidos, por lo general, están bien indexados. El almacenamiento y recuperación de imágenes y sonidos es fundamental, pero no está tan desarrollado como en el caso de los textos. Sin embargo, las diferentes formas de almacenamiento y recuperación difieren todavía bastante unas de otras, como puede comprobarse al observar el empleo de colecciones de medios en bibliotecas pequeñas y grandes. El almacenamiento y recuperación de formatos de información de todo tipo mediante la utilización de un sistema de codificación único y complejo es hoy técnicamente viable y, de hecho, no más difícil de aplicar que el avión aeroespacial «scramjet», al que estamos asignando vastas sumas (23). Hemos comenzado el lento proceso de implantación de esta integración de los medios, pero no se realizará sin un gran esfuerzo intelectual: «la cumbre nos deleita, pero no los pasos que llevan a ella: con la cima a nuestra vista, nos cuesta andar por la llanura» (24).

Hasta hace poco, la tecnología educativa parecía exigir conceptualmente poco a los profesionales. No parecía ser uno de los dominios del intelecto elevado. Pero también esto está cambiando. ¿Qué clase de problemas acarrea la construcción de un sistema multimediático unificado sobre la base común de un código binario? No se trata sobre todo de problemas de *hardware*; más precisamente, nuestra capacidad de configurar conjuntamente el *hardware* necesario está muchísimo más desarrollada que la de abordar las otras dimensiones de la tarea. Estas otras dimensiones implican la indexación necesaria para hacer factibles las posibilidades sin precedentes de almacenamiento y recuperación que el *hardware*, en principio, puede sustentar. Si toda la información significativa de nuestra cultura estuviera almacenada en un formato apropiado en código binario, cualquier persona, en principio, podría acceder casi instantáneamente a la información concerniente a cualquier materia, consultándola en forma de texto, datos para cálculos, imágenes inmóviles o móviles, sonido, gráficos o cualquier otra forma, la que fuera más apropiada para el tema en cuestión. La implantación de esta posibilidad requiere, sin embargo, una tremenda ampliación de nuestra capacidad para organizar la información, encauzarla de modo útil y manipularla con fines determinados: esta ampliación es el desafío intelectual que ahora presenta la tecnología educativa.

Al empezar a implantar las posibilidades técnicas que se nos abren ahora, se pone cada vez más de manifiesto que la tecnología educativa es una actividad que hay que redefinir como una empresa basada en el conocimiento (25).

La tecnología educativa, basada en unos objetivos determinados, asume funcionalmente el papel del profesor, un profesor bastante paternalista que trata de moldear el comportamiento futuro de sus corceles. El objetivo consiste en impartir a otros un modo de conducta, y la tecnología es el medio para inbuirles la inclinación y la habilidad para comportarse de ese modo. La tecnología educativa basada en el conocimiento asume funcionalmente el papel del currículo o, quizás de modo más preciso, el de la biblioteca. Su objetivo es organizar y presentar el conocimiento de formas que se adapten a la estructura cognoscitiva del pensamiento humano, a la vez que permite la inclusión apropiada de todo lo que pueda tener importancia cultural. La educación basada en el conocimiento no está diseñada para servir objetivos explícitos, no más de lo que lo está una biblioteca, que está proyectada para ser útil a quienes acuden a ella con una amplia gama de fines únicos y divergentes (26).

Como el diseño de la tecnología educativa pare cada vez más del reconocimiento de que toda la información culturalmente significativa es asequible a través del código binario, la ciencia de la información y la ciencia del conocimiento se convertirán progresivamente en los cimientos de cualquier innovación aplicada. Por consiguiente, en la búsqueda del desarrollo de un sistema multimediático, en el sentido completo de la palabra, es necesario dar respuestas históricamente actuales a ciertas preguntas:

- ¿Puede extenderse la doctrina del justo uso al repertorio de las producciones de audio y vídeo, de forma que una persona pueda referirse a estos medios tan eficazmente como al medio textual en el proceso de expresión de sus ideas?
- ¿Podemos encontrar el modo de indexar imágenes y sonidos de forma que éstos puedan integrarse en sistemas potentes de almacenamiento y recuperación aleatorios, como ocurre desde hace mucho tiempo con el texto impreso?

- ¿Podemos diseñar sistemas de recuperación lo suficientemente inteligentes para asegurar que el libre juego de la curiosidad y el interés del usuario no quede truncado por la repetida frustración de su esfuerzo?
- ¿Podemos vencer la barrera a la comprensión mutua que ha sido siempre inherente a la multiplicidad de lenguas sin abandonar el estímulo de la riqueza y diversidad de posible significado que dicha multiplicidad otorga?
- ¿Podremos mantener el incentivo de crear nuevas ideas y expresiones y las condiciones necesarias para alcanzarlas cuando la re-circulación completa y continua de creaciones pretéritas pueda ser disfrutada por todos con poco esfuerzo?

Las respuestas a estas preguntas permitirán que se cumplan las posibilidades del diseño educativo basado en el conocimiento, y con ello se creará una máquina para la educación potente, basada en las posibilidades de una base de codificación unificada para la cultura. Esta máquina para la educación debe ser un sistema multimediático, en el sentido completo del término, proporcionado a la profundidad y complejidad de nuestra cultura actual, y capaz de ampliar estos supuestos mucho más allá de los límites existentes. Debe ser textual, en el sentido completo del término, gracias al cual pueda trabajarse no sólo con algún texto, sino con cualquiera y con todos los textos, como base para una expresión propia más completa y significativa de lo que permitiría la cultura impresa. Debe ser un medio auditivo, en el sentido completo, del término, gracias al cual pueda trabajarse no sólo con alguna voz y algún sonido grabados, sino con cualquiera y con todas las voces y sonidos, de forma que la expresión auditiva sea más completa de lo que permitiría la grabación de sonido únicamente. Debe ser un medio pictórico, de nuevo en el sentido completo del término, que ofrezca no sólo algunas imágenes, sino la gama completa: «cualquiera y todas las imágenes, ya sean fijas o móviles, mudas o sonoras, gráficamente abstractas o visualmente exactas. Sobre todo, este sistema complejo debe estar basado en el conocimiento, ser un indicativo complejo, propio de una gramática generativa, de todo lo que pueda ser «como podamos pensar».

Si la máquina para la educación va a ser un sistema basado en el conocimiento, no un sistema basado en objetivos, ¿cuál será entonces su fin y su uso? Los partidarios de los métodos tradicionales de instrucción basados en objetivos formularán seguramente esta pregunta. La respuesta es fundamental: la expresión, la expresión propia, la expresión cultural, la expresión humana. Una biblioteca, un currículo, la máquina para la educación, no imprimen en sus usuarios los objetivos explícitos sustentados por los que los han diseñado. Una biblioteca sirve a la formación y expresión de los diferentes fines que quienes acuden a ella. La máquina para la educación hará lo mismo. Los sistemas basados en el conocimiento son generativos, no determinativos; imparten instrumentos, no estructuras acabadas, instrumentos que la gente puede usar para formar la opinión, para generar la acción, para mantener la reflexión, para nutrir la esperanza. El fin de la cultura es facultar la expresión humana y una educación totalmente informatizada cumplirá exactamente este fin, permitiendo que la gente use los instrumentos de expresión para perseguir sus metas en la vida (28).

(1) Con el apoyo de IBM para la creación del CITE (Center for Intelligent Tools in Education), un grupo del Teachers College hemos estado trabajando para integrar la informática en el currículo, particularmente en cinco áreas: enseñanza del lenguaje, estudios sociales, educación especial, educación de los económicamente desfavorecidos y administración educativa. En el marco de estas actividades hemos valorado el *software* disponible. El primero de estos informes, «Computers and Social Studies: Trends and Directions», de Howard Budin, Robert Taylor y Diane Kendall, será presentado en las reuniones de 1986 del NECC.

(2) Véase, James H. Morris y cols., «A Distributed Personal Computing Environment», *Communications of the ACM*, 29, 3 (marzo 1986), pp. 184-201; Edward Balkovich, Steven Lerman y Richard P. Parmelee, «Computing in Higher Education: The Athena Experience», *Communications of the ACM*, 28, 11 (noviembre 1985), pp. 1214-1224, y Nicole Yankelovich, Norman Meyrowitz y Andries van Dam, «Reading and Writing the Electronic Book», *Computer*, 18, 10 (octubre 1985), pp. 15-30, obras en las que se describe la clase de iniciativas a las que conducen estos esfuerzos en las universidades en las que la integración de la informática en el currículo está muy avanzada. Incluso en estos casos, los proyectos se están dirigiendo hacia la integración de los ordenadores en el currículo y el nivel actual de aplicación a asignaturas concretas es limitado

(3) En estos cálculos estoy suponiendo que un byte es siempre un byte. La hipótesis no es totalmente exacta. En general, si el *software* está bien diseñado, una determinada cantidad de un código de programa ejecutable llevará normalmente a un alumno más tiempo que la lectura de una cantidad igual de un código de texto ASCII. A pesar de todo, la consideración de todo el código como si fuera código de texto ofrece una aproximación adecuada del contenido informativo del *software*. Las estimaciones que siguen se expresan en el número de bytes que se requerirían para codificar la información que indican varios árboles de estudio. Tratándose de texto, cada carácter se cuenta como un byte. La representación de la cantidad de información por este procedimiento no debe ocultar que, actualmente, la mayor parte de la información de los cursos impresos no está codificada, obviamente, en forma binaria, la hipótesis básica en la que me apoyo es simplemente que, para que un curso esté genuinamente *basado en el ordenador*, el contenido completo de información del árbol de estudio debe ser accesible a través de ordenadores. Cuando tengamos la información de esta manera, entonces la informática estará en el «cajón de salida».

(4) Boston: Houghton Mifflin Company, 1979.

(5) 2.<sup>a</sup> ed., Englewood Cliffs, Nueva Jersey: Prentice-Hall, 1977.

(6) Nueva York: W. W. Norton, 1971.

(7) Traducción de Sean Reynolds, Nueva York: Harper and Row, 1981, 1982, 1984.

(8) *Ibid.*, vol. 1, p. 602.

(9) Este cálculo es, por supuesto, muy burdo, ya que considera el código ejecutable equivalente al código de texto ASCII. Debido a la ramificación múltiple y, en mayor medida aún, a las posibilidades recursivas del código ejecutable, una cantidad dada de éste puede llevar al alumno mucho más tiempo que una cantidad equivalente de código ASCII, a menos, por supuesto, que este último codificara un pensamiento más admirable y estimulante. Por otra parte, al agrupar el código ejecutable en los discos con la información que lleva el código, la cantidad de información total en el juego es un poco exagerada.

(10) *Las contestones*, libro VI, capítulo III.

(11) Es necesario reconocer que, al no dejar una clara demarcación entre las palabras, los escritos resultaban más verídicos, como representación del habla, que las convenciones modernas, en las que las palabras aparecen escritas con claras demarcaciones entre sí, aunque no se hable de la misma manera.

(12) Los primeros capítulos del gran estudio de A. Yeats, *The Art of Memory* (Chicago: The University of Chicago Press, 1966) ofrecen los antecedentes esenciales al respecto.

(13) Véase John Gould, «Reading is Slower from CRT Displays than from Paper: Some Experiments that Fail to Explain Why», manuscrito del autor, IBM Research Center, Yorktown Heights, Nueva York 10598.

(14) El mejor libro sobre la introducción de la imprenta en la cultura occidental es el de Elizabeth L. Eisenstein, *The Printing Press as an Agent of Change*, 2 vols., Cambridge University Press, Cambridge, 1979. M.T. Clinchy expone en *From Memory to Written Record: England, 1066-1307*, Harvard University Press, Cambridge, 1979, cómo la confianza en la escritura como documento autorizado fue anterior a la aparición de la imprenta. En este contexto, la funcionalidad de la iluminación del manuscrito disminuiría, si bien Clinchy, en su estudio de esta funcionalidad, especialmente en pp. 226-230, muestra que su uso persistió incluso en documentos mercantiles de carácter estrictamente mundano.

(15) Un estudio breve y acertado de los esfuerzos por crear un sistema de lectura basado en el ordenador es «Hypermedia», de Jeffrey S. Young (*Macworld*, marzo 1986, pp. 121-126). Los artículos citados anteriormente en la nota 2 son esenciales. Deben añadirse a ellos Stephen A. Weyer y Alan H. Borning, «A Prototype Electronic Encyclopedia», en *ACM Transactions on Office Information Systems*, 3, 1, enero 1985, pp. 63-88, y Dough Lenat, Mayank Frakash y Mary Sepherd, «CYC: Using Common Sense knowledge to Overcome Brittleness and knowledge Acquisition Bottleneck», en *The AI Magazine*, invierno 1968, pp. 65-85.

(16) Por supuesto, al juzgar si la ergonomía es restrictiva se debe tener cuidado con lo que se está comparando. Como hemos visto, es posible introducir una increíble riqueza de material en ordenadores relativamente pequeños. La ergonomía de un ordenador es restrictiva en comparación con la de un libro, pero la ergonomía de buscar entre 200 libros un punto concreto también resulta muy restrictiva si la comparamos con la misma tarea llevada a cabo con un ordenador equipado con una CD-ROM. Borland International parece inclinada a elaborar un conjunto completo de instrumentos de consulta desde una mesa residentes en memoria con su Turbo Lightening como máquina de consulta y una CD-ROM para almacenamiento (véase Bill Machrone y Paul Somerson, «Lightening Strikes» y «A Spark of Lightening» en *PC Magazine*, 4, 25, 10 de diciembre de 1985, pp. 112-113. En un proyecto de estudio conjunto con Don Nixon, de IBM Research, estamos equipando un puesto de trabajo con cinta de vídeo, disco vídeo, cinta de audio y una unidad de CD-ROM, todo ello conectado con un IBM AT dotado de almacenamiento magnético normal. Como resultado, el alumno podrá manejar material a través de estos medios para expresar sus ideas de una manera que sería logísticamente imposible si éstos no estuvieran unificados bajo el control de un ordenador

(17) Explicar ahora lo que significan las expresiones «disco de larga duración» o «cassette de vídeo» resultaría pedante, ya que se han convertido en objetos de uso cotidiano. Los discos CD-ROM y su progenie, los discos CD-I, se convertirán probablemente también en objetos de uso común. CD-ROM son las siglas en inglés de *compact disc, read only memory* (memoria exclusivamente de lectura en disco compacto), en la que se almacena información de una manera muy densa para ser leída del disco por un rayo láser. Cada disco, con unas 5 pulgadas de diámetro, contiene 550 megabytes de información. La velocidad de transmisión de datos desde el disco es relativamente alta; el tiempo de búsqueda de un punto cualquiera para su lectura es relativamente lento en comparación con los discos duros, pero relativamente rápido en comparación con los discos flexibles. Puesto que las unidades de accionamiento han logrado ya afianzarse en el campo de la electrónica de consumo en forma de tocadiscos compactos, el precio al que llegan al mercado de los periféricos de ordenador es muy bajo en relación con sus capacidades. Para una introducción comprensible a este tema, véase *CD-ROM: The New Papyrus - The Current and Future State of the Art*, dirigido por Steve Lambert y Suzanne Ropiequet, Microsoft Press, Richmond, Washington, 1986. Dos artículos en el número de abril de 1986 de *IEEE Spectrum* ofrecen un resumen excelente: Peter Pin-Shan Chen, «The Compact Disk ROM: How It Works», pp. 44-49, y Tim Oren y Gary A. Kindall, «The Compact Disk ROM: Applications Software», pp. 49-54.

(18) Hemos llegado a esta cifra del modo que se indica seguidamente; sólo cubre los costes directos, interpretados con un criterio bastante restrictivo. El coste de un buen lector de caracteres ópticos es de 35.000 dólares, que suponemos se mantendrá unos dos años. Para un coste de mano de obra de 42.000 dólares, el sueldo anual de dos operadores, el ordenador tendría que estar en funcionamiento por lo menos 12 horas diarias durante 240 días laborables, a un rendimiento de 4 K de datos por minuto. Según esto, la producción anual sería de 0.691 gigabytes con un coste directo de 57.500 dólares. Suponiendo que el disco lleva medio gigabyte, el precio de conversión de los datos rondaría los 42.000 dólares. Si el sistema se adquiriese y dirigiese para la entrada de datos de sólo un disco, esta estimación sería muy baja. El coste favorece un proyecto importante de conversión sistemática de información.

(19) Aunque hay, evidentemente, mucho material de dominio público, es posible que parte del mismo no lo sea en realidad. Los derechos a la publicación en formatos no expresados directamente en el contrario quedan reservados al autor, por lo cual es posible que algunas revistas que conservan el derecho a la publicación en entregas no puedan conceder el derecho a la publicación por medios electrónicos

(20) Mi referencia aquí y en cualquier otro pasaje a tipos específicos de *hardware* no debe ser tomada como una indicación de que la inversión de capital en la educación sea principalmente un problema de *hardware*. A medida que el *hardware* se abarata y se hace más potente, el *software* se amplía y se hace más costoso, tanto en términos monetarios como en las exigencias intelectuales que formula a los diseñadores y profesores.

(21) Estas estimaciones de ventas conciernen a las empresas que la *Encuesta* agrupa bajo cada uno de los encabezamientos: no son una indicación de gastos brutos en ninguna de estas áreas. La *Encuesta* resulta particularmente sugestiva en relación con la cuestión que nos ocupa aquí, esto es, que, por mucho que gastemos en educación no invertimos en ella de manera significativa. La *Encuesta* está concebida para informar sobre las oportunidades de inversión y, ostensiblemente, no describe de modo explícito tales oportunidades en el campo de la educación. Aun cuando se gasta en educación una alta proporción del PNB, en comparación con la correspondiente a los artículos de tocador y cosméticos, el calzado, los instrumentos de precisión o la maquinaria agrícola, las ventas de las empresas que utilizan capital para diseñar productos de dichos sectores que sean suficientemente eficaces para interesar a los inversores son mucho mayores en tales sectores. Las ventas estimadas de las empresas que incluye la *Encuesta* bajo el epígrafe de edición son de unos 1.500 millones de dólares y una parte significativa de ellas (por ejemplo, un cuarto) se refiere a libros y materiales para uso educativo, lo que matiza un poco la cuestión. Sin embargo, es improbable que una asignación significativa de capital de inversión para el aumento de la producción de libros de texto cambie la educación.

(22) EN «Some Reasons for the Poor Uses of Technology in Education», John Henry Martin indica cómo la falta de inversión de las escuelas en instrumentos bien diseñados ha impedido el desarrollo de *software* educativo. *Educational Leadership*, marzo 1986, pp. 32-34.

(23) Contrástese la resistencia típica a suspender los cálculos de la eficacia desde el punto de vista de los costes para dedicar recursos en gran escala al diseño racional de instrumentos educativos, con la disposición a seguir estrategias de este tipo en otros terrenos. Véase, por ejemplo, «Spaceplane Work Set To Start Soon», de John Noble Wilford, *New York Times*, 6 de abril de 1986, Sección 1, p. 1. «En un importante paso hacia el desarrollo de un avión aeroespacial, que podría suceder al transbordador espacial, el Gobierno proyecta firmar en este mes los contratos correspondientes a los motores y componentes estructurales para las primeras pruebas a escala naturales. Representantes de las Fuerzas Aéreas han indicado que los contratos, por valor de

300 a 400 millones de dólares, podían anunciarse la próxima semana. El avión aeroespacial, equipado con motores scramjet que queman su combustible en una corriente de aire que se mueve a velocidades supersónicas, podrá despegar de una pista convencional y alcanzar rápidamente velocidades de 12 ó 15 veces la velocidad del sonido...» He aquí un ejemplo de suspensión de la eficacia desde el punto de vista del coste en favor de una inversión a gran escala en posibilidades. Si se hace en el espacio, ¿por qué no en la educación?

(24) Goethe, *Los años de aprendizaje de Wilhelm Meister*.

(25) Mi colega John Black está desarrollando la distinción entre el diseño educativo basado en objetivos y el basado en el conocimiento, que presenté en un artículo enviado al *Coloquio de nuestro Departamento*, «Knowledge-Based Instructional Design», 20 de marzo de 1986, de pronta publicación.

(26) Una maravillosa descripción de la confusión que produce el diseño basado en objetivos frente al diseño basado en el conocimiento en el caso de una gran biblioteca puede encontrarse en el capítulo 10 del libro de Robert Musil, *El hombre sin atributos*: «El general Stumm invade la Biblioteca Estatal y recopila alguna experiencia con respecto a los bibliotecarios, a los ayudantes de los bibliotecarios y al orden intelectual».

(27) Hay un humanismo profundo, propiamente, en la frase de Vannevar Bush y su artículo presciente «As We May Think», *The Atlantic Monthly*, julio 1945, pp. 101-108.

(28) Este artículo ha sido preparado con el apoyo directo del CITE (Center for Intelligent Tools in Education) e indirecto de IBM. Debo agradecer inmensamente su ayuda; la responsabilidad de las ideas y opiniones resultantes, por supuesto, sólo recaer sobre mí. También estoy muy agradecido a mis generosos colegas por sus útiles comentarios, sugerencias y aliento, en particular a Brad McCormick, Chris Pino, John Black, Bob Taylor, Ammy Hechner, Terri Busch, Janet Asteroff, Frank Moretti y Maxine Greene

736