

SOFTWARE EDUCATIVO: EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS

Educational Software: Evolution and Trends

Francisco José GARCÍA PEÑALVO

Departamento de Informática y Automática. Universidad de Salamanca

RESUMEN: La aplicación del software a los procesos de enseñanza/aprendizaje es uno de los grandes aportes tecnológicos al área educativa. Esta relación simbiótica entre tecnología y educación aparece en un momento temprano en la historia del software, especialmente como un apoyo a la educación a distancia, de forma que el software educativo va a evolucionar a la par que la tecnología que lo soporta, abriendo caminos cada día más flexibles y potentes que enriquecen enormemente los procesos instruccionales. Es necesario conocer los grandes hitos que han guiado la evolución del software educativo, haciendo especial hincapié en las características inteligentes y, sobre todo, en la influencia de la web, para así estar en situación de comprender y sacar el mejor partido de las tendencias que en este campo ya se perfilan como una realidad.

Palabras clave: software educativo, tutores inteligentes, educación basada en la web, interacción persona-ordenador, ubicuidad, colaboración.

ABSTRACT: Software applied to the teaching and learning processes is one of the most relevant technological contributions to education area. The technology and education symbiotic relationship appears in the early beginning of the software history, especially as a distance learning support. This way, educational software evolves as the same level than its support technology, opening new flexible and powerful roads that enrich substantially the instructional processes. Also, knowing the great guided milestones of the educational software is necessary (especially intelligent and web-bases capabilities) in order to understand and to make the best use of the future trends that are already shaping up as a reality in this area.

Key words: educational software, intelligent tutors, web-based education, human-computer interaction, ubiquity, collaboration.

1. INTRODUCCIÓN

El software ha ido conquistando diferentes dominios de aplicación en los que se ha ido afianzando hasta el punto de hacerse imprescindible en nuestra sociedad actual, a la que gusta denominar Sociedad de la Información que camina hacia una Sociedad del Conocimiento. En esta conquista del conocimiento hay una relación simbiótica entre tecnología y educación que se hace patente desde prácticamente el origen del software de aplicación. La imparable evolución de las TIC (Tecnologías de la Información y de la Comunicación) ha influido de forma más que patente en el desarrollo de los paradigmas instruccionales (Vassileva, 1997). Asimismo, esa asimilación de los avances por este dominio de aplicación ha influido en el desarrollo de una Informática Educativa y en lo que es más tangible, en una amplia oferta de software educativo.

El software educativo se puede definir como «programas de ordenador creados con la finalidad específica de ser utilizados como medio didáctico, es decir, para facilitar los procesos de enseñanza y aprendizaje» (Marqués, 1999). El software educativo se caracteriza por propiciar la creación de un contexto adecuado para la construcción y transmisión de conocimiento en el momento que se integran en el proceso educativo propicio.

Como es obvio, la naturaleza del software educativo ha evolucionado a través de su historia, aportando cada vez más prestaciones y facilidades a los procesos educativos. Simuladores, tutores, hipermedia, multimedia, colaboración, rasgos de inteligencia han sido algunos de los atributos, entre otros muchos, que han ido recibiendo las diferentes generaciones de software educativo, aunque quizás el más revolucionario en cuanto a sus posibilidades de aplicación ha sido, sin lugar a dudas, la incorporación de la web a este tipo de aplicaciones software.

Este continuo bombardeo de corrientes tecnológicas aplicadas al contexto educativo ha provocado una gran cantidad de acepciones para referirse a los sistemas de educación basados en ordenadores: LTS (*Learning Technology Systems*), CBL (*Computer Based Learning*), CAI (*Computer-Assisted Instruction*), CBI (*Computer-Based Instruction*), CBT (*Computer-Based Training*), CAL (*Computer-Aided Learning*), CME (*Computer-Mediated Education*), CMI (*Computer-Managed Instruction*), ECB (*Electronic Course Book*), ITS (*Intelligent Tutoring System*), wBIS (*Web-based Instructional Systems*) o LMS (*Learning Management Systems*) entre otros, lo que ha aportado más confusión que claridad.

En este artículo se desea presentar cuáles son las tendencias que se presume influirán en las siguientes generaciones de software educativo, pero antes de ello, y como justificación de las mismas, se realiza un recorrido general por los hitos que más influencia han tenido en su evolución. Así, lo que resta del artículo se organiza como sigue: en la Sección 2 se tratará la génesis de los sistemas educativos; la Sección 3 aborda el hecho más decisivo hasta el momento en la historia de los sistemas software educativos, su migración hacia la web; la Sección 4, por su parte, recoge las aportaciones que desde la Inteligencia Artificial se han realizado a este campo, relacionándolas con las posibilidades de adaptación y personalización que facilitan un acercamiento más individualizado al aprendizaje; la Sección 5 se centra en el aprendizaje colaborativo y cooperativo,

yendo más allá de las típicas herramientas de comunicación síncrona o asíncrona que de por sí ya presentan una primera forma de trabajo colaborativo; por último, la Sección 6 cierra el artículo con las tendencias del software educativo a modo de conclusiones del mismo.

2. LOS INICIOS

Los primeros sistemas de instrucción asistida por ordenador o CAI datan de la década de los sesenta, caracterizándose principalmente por seguir una metáfora de libro electrónico (Nievergelt, 1975), presentando la mayoría de ellos una secuencia lineal de pantallas y permitiendo una interacción con el usuario basada en preguntas predefinidas de respuesta cerrada. Cuando la respuesta no era correcta se solía producir una pequeña desviación de la secuencia preestablecida para mostrar la respuesta correcta.

Las versiones modernas, basadas en esta corriente, incorporan elementos multimedia y tienen en el CD-ROM (ahora también DVD) el principal soporte para su difusión, lo que las convierte en potentes herramientas de apoyo, aunque su punto más débil reside en su carácter inherentemente estático, lo que los acerca a la filosofía de contenidos predefinidos de los libros de texto y los aleja de cualquier tratamiento individualizado, a lo que hay que añadir la poca flexibilidad que da el soporte CD-ROM para su distribución, evolución y mantenimiento, lo que fue solucionado creando los CD-ROM híbridos que facilitaban medios de actualización mediante acceso a Internet, así como para la obtención automática de datos para el seguimiento y control del proceso de aprendizaje por parte del profesor.

Muy unido a los sistemas, CAI está el desarrollo, de las herramientas de autor, software que facilita la creación de nuevos recursos CAI a través de un potente conjunto de utilidades que, básicamente, permiten manipular elementos multimedia y asociarlos a una determinada secuencia, lo cual requiere en sus versiones más avanzadas conocimiento de un determinado lenguaje de programación. Los principales problemas que presentan estas herramientas de autor son su complejidad de manejo y su alto precio, lo que dificulta en gran medida un uso exhaustivo por la comunidad docente. Algunos ejemplos de herramientas de autor pueden ser Storyspace (Bernstein, 1991) o IRIS Intermedia (Haan *et al.*, 1992), muy relacionadas con la creación de recursos hipertextuales, Macromedia Director (Underdahl *et al.*, 2004) o ToolBook (SumTotal, 2004), centradas en el diseño multimedia, o HyCo (García y García, 2005), más centrada en directrices pedagógicas.

La creación de micro-mundos (*microworlds*) y las simulaciones fueron corrientes que se encuentran presentes desde las primeras generaciones de aplicaciones educativas. Los micro-mundos son entornos computacionales que ofrecen un conjunto de órdenes y herramientas para la creación de entes sobre los que se puede investigar las propiedades del mundo creado sobre su base. Normalmente, estos entornos no solían ofrecer ningún tipo de guía, sino sólo las herramientas para que el alumno investigase y decidiese qué hacer con ellas. Los micro-mundos tienen su génesis y un claro ejemplo de su

uso exitoso con niños en las décadas de los setenta y de los ochenta gracias a la popularidad que alcanzó el lenguaje Logo y su «tortuga» gráfica, con la que los niños podían construir figuras geométricas con sus movimientos (Papert, 1980). En un primer momento, el objetivo perseguido era que los niños llegaran a dominar los conceptos básicos de la geometría, pero el trasfondo es una herramienta pedagógica más potente, el aprendizaje por descubrimiento. Para una mayor información sobre la aplicación del lenguaje Logo a los procesos educativos se recomienda visitar el portal web de la *Logo Foundation* <<http://el.media.mit.edu/logo-foundation/index.html>>.

Por otro lado, los simuladores de sistemas y dispositivos facilitan la realización de experimentos que de otra forma no podrían realizarse por su alto coste, permitiendo el desarrollo de situaciones realistas y el aprendizaje mediante la práctica. Los simuladores han posibilitado el desarrollo de un campo de sumo interés en paralelo a la formación tradicional, el entrenamiento para la capacitación en el uso y manejo de dispositivos de alto coste como aviones, naves espaciales, controladores aéreos, etc.

3. SOFTWARE EDUCATIVO EN LA WEB

El hipertexto y la hipermedia ofrecen los medios para que el conocimiento se represente como un conjunto de documentos independientes a los que se puede acceder siguiendo referencias asociativas, lo que permite romper el control lineal ejercido por los CAI tradicionales gracias a los espacios no lineales en forma de red, lo que da lugar a una navegación libre por parte de los estudiantes.

El término hipertexto fue acuñado por Theodore H. Nelson en 1965 cuando crea el sistema Xanadu <<http://www.xanadu.net>> para el manejo de textos que almacena digitalmente la información manipulando las palabras por letras (Nelson, 1972), aunque el primer paso para generar la idea del hipertexto lo dio Vannevar Bush en 1945 con la propuesta de desarrollo del dispositivo Memex (*memory extender*) (Bush, 1945). El propio Nelson define el concepto de hipertexto como «texto estructurado que no puede ser impreso convenientemente» (Nelson, 2001). Sin embargo, como él mismo reconoce, se trata de una enunciación poco precisa y extremadamente amplia. Jonassen propone una definición más acotada:

El hipertexto (hipermedia) consiste de pedazos o fragmentos de texto u otra información. Los nodos y los enlaces asociativos son los bloques básicos de construcción para todos los sistemas hipertextuales [...]. En lugar de un flujo de texto continuo, el hipertexto se fragmenta en unidades de módulos de información (Jonassen, 1992).

Con la aparición en escena del WWW (*world wide web*) (Berners-Lee, 1999) se abre la posibilidad de crear un sistema hipermedia globalmente distribuido. El potencial de la web para educación es enorme gracias al acceso a los recursos educativos con independencia de su localización geográfica y física. No obstante, tampoco este entorno está exento de problemas debido a las diferencias lingüísticas y culturales de los autores de los recursos o a la diferente calidad de los recursos que se encuentran en la web.

Aun obviando este tipo de circunstancias, los sistemas web educativos presentan un riesgo mayor cuando el tamaño de los mismos es demasiado grande, la pérdida del alumno en el hiperespacio formado. Para intentar paliar este efecto, aparecen diferentes ayudas a la navegación como los mapas globales y locales (Yankelovich *et al.*, 1988), las rutas guiadas (Stubenrauch, 1989), las anclas (Palaniappan *et al.*, 1990) o los modelos de estudiante (Brusilovsky *et al.*, 1993) entre otros.

Los primeros entornos de aprendizaje basados en la web aparecen relativamente temprano en la historia de este servicio, antes de 1996 ó 1997, utilizando escasos medios tecnológicos para ello (Kahn, 1997; Bogley *et al.*, 1998). Estos primeros intentos se concentraron en transferir los aspectos familiares de la experiencia docente a Internet, incluyendo elementos básicos como: comunicación con los estudiantes, ofrecimiento de pruebas, mantenimiento de información sobre los estudiantes, etc. (Robson, 1999). La interactividad es un rasgo muy importante para las aplicaciones educativas aunque no es inherente a la hipermedia, por lo que se echa en falta en estas primeras aproximaciones. No obstante, una de las claves fundamentales del afianzamiento del dominio educativo en la web radica precisamente en cómo estos sistemas han superado la mera navegación de los sistemas hipermedia con la inclusión de servicios funcionales a los típicos repositorios de datos multimedia mediante extensiones y nuevas tecnologías, entre las que cabría citar los lenguajes de *script*, la tecnología Java (Sun, 2005) o los servicios web (Snell *et al.*, 2002).

El contexto que ofrece la web para el software educativo es tan rico que va a influir en prácticamente todos los tipos de aplicaciones educativas como se ratificará en los siguientes apartados. No obstante, no se puede dejar de mencionar el desarrollo y proliferación de las llamadas plataformas *e-learning*, gracias al crecimiento de los recursos docentes para su utilización en la web. Este software específico recibe numerosas acepciones como CSS (*Course-Support Systems*), CDS (*Course Delivery Systems*), CMS (*Content Management Systems*), LMS (*Learning Management Systems*) o LCMS (*Learning Content Management Systems*) (Brusilovsky y Miller, 2001; Foix y Zavando, 2002).

En general, una plataforma es el núcleo sobre el cual se construyen el resto de herramientas. Básicamente, es un software desarrollado para la gestión, transferencia y evaluación de la información a través de la web. Este tipo de plataformas suele permitir la creación de cursos, la gestión y el seguimiento de los actores involucrados (con especial atención a los alumnos), la publicación de noticias, la compartición de documentos, la comunicación síncrona o asíncrona entre los miembros de la comunidad educativa, etc. De esta manera una plataforma *e-learning* es aquel conjunto de herramientas que combinadas ofrecen una solución integral para cubrir las necesidades de formación no-tradicional.

Los CMS serían las plataformas más básicas. Se caracterizan por no poseer herramientas elaboradas de colaboración ni soporte en tiempo real. Suelen llamarse *authorware* y se centran en cursos, grupos de cursos, alumnos y grupos de alumnos. No es posible gestionar aspectos avanzados como correlatividades, prerequisites, planes de estudio, etc. Se utilizan comúnmente en proyectos verticales, cuando la organización cliente no posee un administrador de aprendizaje, donde es necesario capacitar a un grupo en contenidos específicos en un tiempo muy corto. Normalmente son de un bajo costo.

Los LMS representan el componente virtual de la educación tradicional. Es un software que provee a los docentes y alumnos de funciones administrativas y académicas para la capacitación, pudiendo, entre otros servicios, comunicarse, transferir información, evaluar y ser evaluados o pagar las tasas. No son estrictamente estándares, son más bien modelos de sistemas e interfaces integradas, no aisladas. Suelen estar basados en estándares abiertos y no propietarios.

Los LCMS son las plataformas más avanzadas que incorporan a las facilidades de los LMS la gestión de contenidos, pudiendo llegar a personalizar los recursos a cada alumno. La gestión del conocimiento se convierte en un aspecto fundamental de estas plataformas. Constituyen un contexto estructurado, especialmente diseñado para que las organizaciones puedan implementar mejor sus procesos y prácticas, apoyándose en cursos, materiales y contenidos en línea. Facilitan un proceso enseñanza/aprendizaje mucho más eficiente, evitando la redundancia y permiten participar a un espectro más amplio de actores en la creación y explotación de los contenidos educativos.

Algunos ejemplos de plataformas de *e-learning* pueden ser webCT <<http://www.webct.com/>> (Goldberg *et al.*, 1996; Goldberg, 1997), Lotus Learning Space <<http://www.lotus.com/products/learnspace.nsf/wdocs/homepage>>, NetCampus <<http://www.europace.org/services/projects/NetCampus/>>, EduStance <<http://www.edustance.com>>, Blackboard <<http://www.blackboard.com>> o Moodle <<http://moodle.org>> entre otras.

4. CAPACIDADES INTELIGENTES Y DE ADAPTACIÓN EN LOS SISTEMAS EDUCATIVOS

Los sistemas de enseñanza inteligentes o tutores inteligentes, normalmente referenciados en la bibliografía como ITS, son el resultado del acercamiento de la Inteligencia Artificial a los sistemas educativos para obtener un grado cualitativo más alto en el tratamiento individualizado del proceso de aprendizaje (Kaplan y Rock, 1995).

Los ITS (Frasson *et al.*, 1992) poseen un modelo del conocimiento del dominio, a través del cual pueden razonar sobre el dominio, resolver problemas, generar planes de acción o responder a preguntas de los estudiantes. Estos sistemas pueden tener información sobre los estudiantes, sus preferencias, nivel de conocimiento, etc. y representar estrategias de enseñanza que ayuden al sistema a decidir cómo presentar lo material de forma óptima, qué secuencia de interacciones ofrecer o cómo desarrollar un diálogo.

Los ITS típicamente realizan tres estilos de enseñanza (Vassileva, 1997):

- Tutoría, con un estilo orientado a dirigir y a presentar, semejante a los sistemas CAI, pero la selección y la secuencia de los materiales docentes no ha sido predefinido, sino que se tiene en cuenta el modelo de estudiante para generar una ruta individualizada a través de los materiales para cada estudiante.
- Diálogo socrático, de forma que el sistema envuelve al alumno en un diálogo e intenta que éste descubra sus ideas equivocadas haciéndole preguntas que creen controversia en sus creencias.

- Entrenamiento, caracterizado por el papel pasivo del sistema, que está en un segundo plano observando y evaluando el rendimiento del estudiante, y está siempre disponible para ofrecer ayuda, criticar una solución o interferir si fuera necesario.

La tendencia evolutiva de los ITS los ha llevado a integrarse en la web, portando las tecnologías existentes en la escena de los ITS a la web (Brusilovsky, 1995), siendo la hipermedia adaptativa (Brusilovsky, 1996; Brusilovsky, 2001) un claro resultado de este acercamiento. Para un estudio más detallado de las tecnologías adaptativas e inteligentes en los sistemas web educativos se recomienda la consulta de (Brusilovsky, 1999).

5. SISTEMAS EDUCATIVOS COLABORATIVOS Y COOPERATIVOS

Estos sistemas aparecen con el desarrollo de las redes de ordenadores, en especial de Internet, y su aplicación a la enseñanza a distancia. Posibilitan clases virtuales donde los alumnos, además de seguir la clase, pueden hacer preguntas y obtener las respuestas en tiempo real.

El hecho de que el conocimiento individual está influenciado por la interacción social se ha estudiado en diversas áreas de conocimiento. Una de las obras básicas del constructivismo (Vygotsky, 1978) argumenta que las interacciones sociales juegan un papel fundamental en la formación de las estructuras cognitivas del individuo.

Muchos entornos colaborativos se han desarrollado desde el comienzo de la década de los noventa. Uno de los primeros sistemas colaborativos fue el *Integration kid* (Chan y Baskin, 1988) que permitía a los niños trabajar de forma colaborativa, aunque los sistemas posteriores obtuvieron ventaja del trabajo en red para permitir la colaboración en una clase completa (Hoppe, 1995). Otros sistemas combinan el aprendizaje cognitivo y la simulación en entornos CSCW (*Computer Supported Collaborative Work*) (Katz y Lesgold, 1994; Duncan *et al.*, 1995).

6. TENDENCIAS

Una vez revisado a grandes rasgos el estado del arte del software educativo se pueden realizar una serie de afirmaciones derivadas de la perspectiva histórica.

En primer lugar, se constata que el soporte web para el desarrollo del software educativo predomina en prácticamente todas las vertientes de éste, heredando el testigo de los tutores inteligentes y desarrollando toda una disciplina alrededor de la hipermedia adaptativa que facilita el desarrollo de procesos de enseñanza/aprendizaje individualizados. Además, la web aporta una gran flexibilidad al software colaborativo gracias a su carácter inherentemente distribuido.

Los sistemas CAI tradicionalmente ligados al soporte CD-ROM también se han rendido ante la flexibilidad de los entornos web, quedando el soporte CD-ROM y DVD relegado para diversos juegos educativos, que hacen un uso intensivo de las capacidades multimedia y para las enciclopedias, aunque cada vez es más frecuente que éstas ofrezcan

mecanismos de expansión y/o actualización vía web, como por ejemplo MS Encarta <<http://es.encarta.msn.com/>>, o que aparezcan enciclopedias exclusivamente en su versión web, como por ejemplo Wikipedia <<http://es.wikipedia.org/wiki/Portada>>.

En cuanto a las plataformas *e-learning* hay una clara tendencia hacia los LCMS destacando los siguientes rasgos:

- Se basan en un modelo de objetos de contenido que reciben el nombre de objetos de aprendizaje y que se pueden definir como «entidad, digital o no digital, que puede ser utilizada, reutilizada y referenciada durante el aprendizaje apoyado con tecnología» (IEEE- LTSC, 2001).
- El contenido es reutilizable en diferentes cursos.
- Separación entre el contenido y el formato de publicación.
- Los contenidos no están limitados a una serie de controles de navegación.
- El contenido se almacena en una biblioteca centralizada.
- Los contenidos pueden localizarse por diversos criterios.
- Es factible que incluyan un motor de adaptación de los contenidos a los diferentes perfiles de usuarios, pudiendo llegar incluso a la adaptación individual de los mismos, ya sea para facilitar el aprendizaje individualizado o el acceso mediante dispositivos de naturaleza diversa (ordenador, teléfono móvil, PDA, etc.).

Como se puede apreciar al hablar de los LCMS, el concepto de objeto de aprendizaje va a ser el núcleo central a la hora de construir los recursos docentes en estas plataformas. Para su representación, distribución y reutilización se están desarrollando varios estándares y especificaciones que maximizan la representación semántica de los contenidos frente a su formato final. En este sentido se pueden encontrar diversas aproximaciones, pero parece ser que dos son las que tienen más visos de dominar este sector (Berlanga y García, 2004): SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*) (SCORM, 2004) e IMS (*Instructional Management System*) <<http://www.imsglobal.org/>>, ambos definidos sobre el estándar de metadatos educativos IEEE LOM (IEEE, 2002).

Uno de los aspectos más prometedores en relación al software educativo de futuras generaciones viene de mano del desarrollo de paradigmas de interacción más potentes e intuitivos que permitan que el alumno interactúe con el software educativo desde contextos diferentes al tradicional ordenador de sobremesa. La computación ubicua y las tecnologías móviles e inalámbricas tienen un potencial altísimo para diseñar experiencias innovadoras de enseñanza/aprendizaje que pueden tener lugar en diferentes ambientes abiertos, como parques, barrios o bosques, o entornos cerrados, como museos, laboratorios o los mismos hogares, facilitando el aprendizaje a cualquier momento y en cualquier lugar (Rogers *et al.*, 2005). Los niños son un colectivo que puede beneficiarse enormemente de la aplicación de estos nuevos paradigmas de interacción en la educación (Druin y Hourcade, 2005).

Un ejemplo de esta utilización de dispositivos móviles que se integran en un escenario al aire libre es el *Ambient Wood Project* (Rogers *et al.*, 2002) que fue diseñado para

posibilitar que los niños pudieran combinar sus experiencias vividas en la naturaleza, para observar, por ejemplo, cómo una mariposa toma el néctar de una flor, con explicaciones en el terreno sobre los procesos que allí están ocurriendo, por ejemplo la polinización. El proyecto cuenta con la infraestructura necesaria para controlar las posiciones de los niños en el bosque y registrar cualquier dato que los niños hayan recogido (Price y Rogers, 2004).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado bajo las directrices del proyecto de la Unión Europea ODISEAME (*Open Distance Interuniversity Synergies between Europe, Africa and Middle East*) EUMEDIS B7-4100/2000/2165-79 P546.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERLANGA, A. J. y F. J. GARCÍA (2004): Introducción a los Estándares y Especificaciones para Ambientes E-learning, en F. J. GARCÍA y M.^a N. MORENO (Eds.) *Tendencias en el Desarrollo de Aplicaciones Web*. Salamanca: Departamento de Informática y Automática de la Universidad de Salamanca, 25-37.
- BERNERS-LEE, T. (1999): *Weaving the WEB: The original design and ultimate destiny of the World Wide Web by Its Inventor*. New York: Harper Collins Publisher.
- BERNSTEIN, M. (1991): Storyspace: Hypertext and the process of writing, en E. BERK y J. DEVLIN (Eds.) *Hypertext/hypermedia handbook*. New York: McGraw-Hill, 529-533.
- BOGLEY, W. A., J. DORBOLO, R. O. ROBSON, y J. SECHREST (1998): Pedagogic innovation in web-based instruction, en G. GOODELL (Ed.) *Proceedings of the ninth international conference on technology in collegiate mathematics*. Reading, MA: Addison-Wesley, 421-425.
- BRUSILOVSKY, P. (1995): Intelligent tutoring systems for World Wide Web. *Proceedings of third international www conference*. Darmstadt: Fraunhofer Institute for Computer Graphics, 42-45.
- (1996): Methods and techniques of adaptive hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction* (Special issue on adaptive hypertext and hypermedia), 6, 87-129.
- (1999): Adaptive and intelligent technologies for web-based education. *Künstliche Intelligenz*, 4, 19-25.
- (2001): Adaptive hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11, 87-110.
- BRUSILOVSKY, P. y P. MILLER (2001): Course Delivery Systems for the Virtual University, en F. T. TSCHANG y T. DELLA SANTA (Eds.) *Access to knowledge: New information technologies and the emergence of the virtual university*. Amsterdam: Elsevier Science, 167-206.
- BRUSILOVSKY, P., L. PESIN y M. ZYRYANOV (1993): Towards an adaptive hypermedia component for an intelligent learning environment, en L. J. BASS, J. GORNOSTAEV y C. UNGER (Eds.) *Human-computer interaction. Lecture Notes in Computer Science, LNCS 753*. Berlin: Springer-Verlag, 348-358.

- BUSH, V. (1945): As we may think. *Atlantic Monthly*, 176, 641-649.
- CHAN, T. W. y A. B. BASKIN, (1988): Studying with the prince: the computer as a learning companion. *Proceedings of the international conference on intelligent tutoring systems, ITS-88*. 194-201.
- DRUIN, A. y J. P. HOURCADE, (2005): Interaction design and children. *Communications of the ACM*, 48, 33-34.
- DUNCAN, P., J. CANNON-BOWERS, J. JOHNSTON y E. SALAS (1995): Using a simulated team to model teamwork skills: The team model trainer. *Proceedings of ED-MEDIA'95*. Washington: AACE, 187-192.
- FOIX, C. y S. ZAVANDO (2002): Estándares e-learning: Estado del arte. Centro de Tecnologías de la Información. INTEC.
- FRASSON, C., G. GAUTHIER y G. I. MCCALLA (Eds.) (1992): *Intelligent tutoring systems. Proceedings of the second international conference, ITS'92*. Lecture Notes in Computer Science. LNCS 608. Berlin: Springer Verlag.
- GARCÍA, F. J. y J. GARCÍA (2005): Educational Hypermedia Resources Facilitator. *Computers & Education*, 44, 301-325.
- GOLDBERG, M. W. (1997): Using a web-based course authoring tool to develop sophisticated web-based courses, en B. H. KAHN (Ed.) *Web-based instruction*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications, 307-312.
- GOLDBERG, M. W., S. SALARI y P. SWOBODA (1996): World Wide Web course tool: An environment for building www-based courses. *Computer Networks and ISDN*, 28, 1219-1231.
- HAAN, B. J., P. KAHN, V. A. RILEY, J. H. COOMBS y N. K. MEYROWITZ (1992): IRIS hypermedia services. *Communications of the ACM*, 35, 36-51.
- HOPPE, H. U. (1995): The role of multiple student modeling to parametrize group learning. *Proceedings of the 7th world conference on AI and education*. Washington: AACE.
- IEEE (2002): IEEE 1484.12.1-2002. Standard for Learning Object Metadata <<http://ltsc.ieee.org/wg12>>.
- IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC) (2001): Learning Object Metadata Working Group. <http://ltsc.ieee.org/wg12/s_p.html>.
- JONASSEN, D. (1992): *Hypertext/hypermedia*. 2nd Edition. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- KAHN, B. (Ed.) (1997): *Web-based instruction*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- KAPLAN, R. y D. ROCK, (1995): New Directions for Intelligent Tutoring. *AI Expert*, 10, 30-40.
- KATZ, S. y A. LESGOLD (1994): Implementing post-problem reflection within coached practice environments, en P. BRUSILOVSKY (Ed.) *Proceedings of the east-west international conference on computer technologies in education*.
- MARQUÉS, P. (1999): La informática como medio didáctico: software educativo, posibilidades e integración curricular, en J. CABERO (Ed.) *Medios audiovisuales y nuevas tecnologías para la formación en el siglo XXI*. Murcia: DM, 93-109.
- NELSON, T. H. (1972): As we will think, en *Proceedings of Online'72 Conference*.
- (2001): ZigZag (tech briefing), en *Proceedings of the 12th ACM Conference on Hypertext and Hypermedia, Hypertext 2001*. New York: ACM Press, 261-262.

- NIEVERGELT, J. (1975): Interactive systems for education – The new look of CAI, en O. LECARME y R. LEWIS (Eds.) *Proceedings of the 1975 IFIP conference on computers in education*. Amsterdam: North-Holland, 465-471.
- PALANIAPPAN, M., N. YANKOLOVICH y M. SAWTELLE (1990): Linking active anchors: A stage in the evolution of hypermedia. *Hypermedia*, 2, 47-66.
- PAPERT, S. (1980): *Mindstorms: children, computers and powerful ideas*. Brighton: Harvester Press.
- PRICE, S. y Y. ROGERS (2004): Let's get physical: the learning benefits of interacting in digitally augmented physical spaces. *Computers & Education*, 43, 137-151.
- ROBSON, R. (1999): WWW-based course-support systems: The first generation. *International Journal of Educational Telecommunications*, 5, 271-282.
- ROGERS, Y., S. PRICE, E. HARRIS, T. PHELPS, M. UNDERWOOD, D. WILDE, y H. SMITH (2002): Learning through digitally-augmented physical experiences: Reflections on the Ambient Wood project. Equator working paper.
- ROGERS, Y., S. PRICE, C. RANDELL, D. S. FRASER, M. WEAL y G. FITZPATRICK, (2005): Ubi-learning integrates indoor and outdoor experiences. *Communications of the ACM*, 48, 55-59.
- SCORM (2004): Sharable Content Object Reference Model v1.3 <<http://www.adlnet.org>>.
- SNELL, J., D. TIDWELL y P. KULCHENKO (2002): *Programming web services with SOAP*. Sebastopol, CA: O'Reilly.
- STUBENRAUCH, R. (1989): Touring a hyper-CAI system, en H. A. Maurer (Ed.) *Computer Assisted Learning. Proceedings of the 2nd international conference, ICCAL'89*. Lecture Notes in Computer Science, LNCS 360. Berlin: Springer-Verlag, 541-551.
- SUMTOTAL (2004): Reviewer's guide. Producing software application simulations with ToolBook Instructor 2004. SumTotal. <<http://www.sumtotalsystems.com/toolbook/>>.
- SUN MICROSYSTEMS (2005): The Java tutorial. A practical guide for programmers. <<http://java.sun.com/docs/books/tutorial/index.html>>.
- UNDERDAHL, B., J. R. NYQUIST y R. MARTIN (2004): *Macromedia Director MX 2004 bible*. Hoboken, NJ: Wiley Publishing, Inc.
- VASSILEVA, J. (1997): Education on the WWW, en G. GROB, U. LANGER y R. SEISING (Eds.) *Studieren und forschen im Internet - Perspektiven fuer wissenschaft, wirtschaft, kultur und gesellschaft*. Frankfurt am Main: Peter Lang Verlag, 107-124.
- VYGOTSKY, L. (1978): *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- YANKOLOVICH, N., B. HAAN, N. MEYEROWITZ y S. DRUCKER (1988): Intermedia: The concept and construction of a seamless information environment. *IEEE Computer*, 21, 81-86.