

Una revisión histórica de los recursos didácticos audiovisuales e informáticos en la enseñanza de la química

Gregorio Jiménez Valverde^{1,2} y Anna Llitjós Viza²

¹I.E.S. Mercè Rodoreda. L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona). E-mail: gjimene2@xtec.net. ²Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i la Matemàtica y Grupo ECEM. Universitat de Barcelona

Resumen: El objetivo de este artículo es datar y describir en orden cronológico los primeros usos documentados de diversos recursos didácticos audiovisuales e informáticos utilizados en la enseñanza de la química.

Palabras clave: Recursos didácticos, Historia de la didáctica, Didáctica de la química.

Title: A historical review of the audiovisual and computer teaching aids in chemical education.

Abstract: The purpose of this article is to date and describe in a chronological order the first documented applications of some audiovisual and computer teaching aids used in chemical education.

Keywords: Teaching Aids, Education History, Chemical Education.

Introducción

Actualmente, nos es imposible pensar que un docente sólo se limite a sus explicaciones orales en sus clases, prescindiendo de cualquier recurso didáctico. De hecho, según Reiser y Gagné (1983) hasta la voz del docente es un recurso didáctico. Pero más allá de la voz del docente o de recursos didácticos más clásicos como los libros de texto, las pizarras, las buretas o las pipetas, el profesorado de química tiene hoy en día un amplio abanico de recursos que puede utilizar en sus clases, muchos de ellos inexistentes hace 30 años.

El presente trabajo pretende datar y describir, en orden cronológico, los primeros usos documentados en la enseñanza de la química de los siguientes recursos didácticos: radio, grabadoras de audio, diapositivas, proyectores, microfilms, cámaras de fotografía, películas (16 mm y 8 mm), televisión, vídeo-cassettes, vídeo-discos, multimedia, informática y telemática. No se pretende, por tanto, realizar un análisis crítico de estos recursos en la enseñanza de la química, aunque si el lector está interesado en dicho análisis puede consultar el trabajo de Llitjós et al. (1997), en donde se realiza una revisión de los recursos didácticos en la enseñanza de las ciencias.

Hasta el 1929: La radio y los proyectores

Si bien los primeros usos documentados de recursos audiovisuales en la enseñanza de la química datan del siglo XX, hemos preferido empezar este viaje histórico por el siglo XIX, haciéndonos eco de un artículo de Williams (1996), en el que describe cuatro recursos didácticos convencionales y manipulativos (Marqués, 2000) que estaban disponibles comercialmente en los Estados Unidos en el siglo XIX. Estos cuatro recursos consistían en dos modelos atómicos (de Jacob Green, de 1834, y de Gaines, de 1868) y en dos juegos de fichas de química ("*Chart of Chemistry*" de Youmans, de 1850, y "*Chart of Organic Elements*", de Foster, de 1856). La importancia de este artículo reside en que en las fichas de química de Youmans se hacía uso de una incipiente comunicación visual aplicada en la enseñanza de la química. En efecto, cada una de las fichas representaba un átomo diferente, con la particularidad que el área de cada ficha era proporcional al peso equivalente de dicho elemento, y el color de la ficha dependía también del elemento. Youmans pensó que estas fichas visuales serían de utilidad para, por ejemplo, visualizar la formación de moléculas a partir de los elementos. Es decir, estas fichas ayudarían a los estudiantes a aprender química, de la misma forma que las fichas de planetas les podían ayudar a aprender astronomía o los mapas, a entender la geografía.

En 1924, Killifer (1924) describió el primer uso didáctico de la radio en la enseñanza de la química. En concreto, se trataban de charlas sobre temas de química (petróleo, colorantes, alimentos...), de unos 10-15 minutos de duración, que se emitían dentro de programas de variedades en los que también había cabida para música, noticias y concursos.

Aunque se venían usando con anterioridad según el propio autor explica, en 1929 Taft (1929) publicó un artículo sobre un sistema de proyección en pantalla que usaba en sus clases de química. Este sistema de proyección era un precursor de los actuales proyectores y recibió el nombre de "Balopticon". En función del modelo usado, el "Balopticon" permitía proyectar tanto diapositivas como pequeños objetos opacos que posibilitaban que el docente pudiera proyectar diferentes experimentos, tales como la precipitación fraccionada o la ionización de ácidos fuertes y débiles para poder ser vistos por toda la clase y no sólo por el alumnado de las primeras filas.

1930-1939: Diapositivas

En esta época empezaron a aparecer artículos que describían cómo realizar diapositivas, como el que escribió Wilson (1931) sobre cómo crear diapositivas baratas a partir de celofán o la exhaustiva revisión que hizo Alyea (1939) sobre cómo crear y exponer diapositivas.

1940-1949: Llegan las películas

La primera referencia que hemos encontrado al uso de películas en la didáctica de la química data del año 1941 (Durban, 1941). Se trataba de una

película muda de 16 mm sobre cómo utilizar una balanza analítica. El uso de esta película presentaba, a juicio del autor del artículo, tres ventajas sobre el modelo tradicional de enseñanza: acortaba el tiempo necesario para que los estudiantes manejaran correctamente una balanza, incrementaba la eficacia de la explicación sobre cómo usar la balanza y, por último, hacía más interesante el estudio del análisis cuantitativo para el alumnado.

Un nuevo precursor de los actuales proyectores se sumó a la lista iniciada por el "Balopticon". Se trataba de una modificación de un "Delineascope" para hacer demostraciones de la actividad óptica de sustancias (Noller, 1949).

Acabamos el repaso de las innovaciones educativas de esta década haciendo mención a una curiosa aplicación de la fotografía en la didáctica de la química: se trata del primer uso documentado de las hoy famosas cámaras de fotografiar Polaroid. En su artículo, Hausser (1949) detalló el montaje necesario y el procedimiento a seguir para acoplar una cámara Polaroid a un microscopio y los usos didácticos que esta combinación puede tener.

1950-1959: La televisión

Poco después de la aplicación del "Delineascope" propuesta por Noller, Slabaugh (1951) publicó un artículo en el que ofrecía una serie de experimentos que se pueden llevar a cabo en una cápsula de Petri encima de un proyector convencional: la actividad de metales, la electrólisis del agua, el movimiento aleatorio de las moléculas de un gas, la acción de parejas de metales, la fuerza relativa de ácidos, determinados aspectos cualitativos de la actividad óptica de diferentes sustancias y un experimento electroquímico.

En el año 1956 se describió, por primera vez, un uso didáctico de la grabadora de audio (Burrt, 1956). En su artículo, Burrt explicaba su experiencia docente utilizando una grabadora para grabar sus propias clases de Radioquímica y del éxito que tenía este sistema entre su alumnado, ya que luego los estudiantes podían ir a su despacho a escuchar de nuevo la grabación y completar sus apuntes. El autor indicó que era igualmente efectivo con los estudiantes que no habían podido asistir a su clase, ya que en la grabación también quedaba patente la información visual generada durante la clase, como por ejemplo, lo que el profesor escribía en la pizarra.

También en 1956 se usó por primera vez la televisión para transmitir clases de química en circuito cerrado de televisión, tal y como Smith (1956) explicaba en su artículo. En él describía la experiencia de la Universidad de Park (Pensilvania), sobre la puesta en marcha de un circuito cerrado de TV en un curso de química general y trataba aspectos como el equipamiento audiovisual utilizado, la organización del alumnado, la preparación del profesorado como "actores" y el equipo técnico. El proyecto fue evaluado positivamente y pronto surgieron nuevas experiencias televisivas para las clases teóricas de química (Glemser, 1958; Slabaugh y Hatch, 1958). La primera clase práctica emitida por circuito cerrado de televisión correspondió, al igual que pasara con la primera película, al uso de una balanza analítica (Hayes et al., 1958).

1960-1969: Las aulas "modernas" de química

El potencial educativo que ofrecía la televisión no pasó desapercibido y años más tarde, cuando la tecnología lo permitió, se grababan clases en vídeo-cassettes (Barnard et al., 1968a; Barnard, 1968a; 1968b). Cuatro años antes ya se habían usado los vídeo-cassettes como mejora en las transmisiones en directo de algunas clases, pero no como método para grabar íntegramente una clase y su posterior reproducción (Brasted, 1964).

Se empezó a hablar de "*modern chemistry classrooms*" (Barnard et al., 1968b; Barnard, 1968c) como aulas en donde se combinaba el uso de proyectores, diapositivas, grabadoras de audio, televisión, vídeo-cassettes y películas, incluyendo el nuevo formato de 8 mm (Barnard, 1968d), y proliferaron los artículos que hacían referencia a técnicas avanzadas de producción de películas o de emisiones televisivas para la enseñanza de la química (Barnard y Tressel, 1969).

Las microformas (nombre genérico que reciben todos los sistemas que utilizan microimágenes) fueron igualmente utilizadas en el campo de la educación química. Tenemos constancia de su uso en un artículo de 1969, en donde Barnard (1969) analizaba el uso de microfilms como sistema de almacenaje y posterior consulta de gran cantidad de espectros químicos.

En cuanto a la informática, tenemos constancia a través de dos artículos¹ sin firmar en la revista "*Chemical and Engineering News*" del año 1969 de dos aplicaciones programadas para grandes computadores: un programa desarrollado por Gasser y Emmons en el Quincy College (Illinois) para ayudar a los estudiantes en la identificación de compuestos en un curso de análisis orgánico cualitativo y PLATO (*Programmed Logic for Automatic Teaching Operations*), un sistema informático para la enseñanza de la química orgánica desarrollado por Bitzer en la Universidad de Illinois.

1970-1979: Llegan los microcomputadores

En 1971, Hubinger y Schultz (1971) describieron un método visual que combinaba dos proyectores de diapositivas sincronizados, de tal manera que cuando en un proyector se estaba realizando el intercambio de diapositivas, el otro ya estaba mostrando su diapositiva en la misma pantalla: con esto se conseguía crear secuencias animadas sin las pausas que los proyectores de diapositivas suelen generar al cambiar de diapositiva. También, las diapositivas empezaron a ser usadas conjuntamente con cintas de audio (Barnard, 1972; Barry y Carter, 1972; Barry et al., 1974).

En 1975, Carraher (1975) describió una curiosa fusión de las diapositivas con el cómic. Para este autor, un buen método para introducir algunos conceptos químicos en clase consistía en elaborar diapositivas utilizando

¹ Estos artículos corresponden a:

-Computers: no longer a classroom novelty. *Chemical and Engineering News*, 47(25), 48-49.

-Display panel forerunner of flat TV. *Chemical and Engineering News*, 47(26), 52-53

personajes de cómics. Así, por ejemplo, para el tema de Termodinámica, el autor creó diapositivas con las imágenes del Hombre Energía o los Gemelos Entropía (Orden y Desorden).

En 1978, durante la *Fifth Biennial Conference on Chemical Education*, Bill Butler y Scott Owen se dejaron ver con un Commodore PET y con un Apple II (dos microcomputadores lanzados en 1977), con los que realizaron diversas demostraciones de programas para la enseñanza de la química (Moore y Moore, 1984a). Estos microcomputadores podían realizar prácticamente las mismas funciones que los computadores pertenecientes a la anterior generación, la de los grandes computadores, pero su precio era mucho menor.

1980-1989: Los ordenadores personales

En 1981, IBM lanzó el IBM *Personal Computer*, con el objetivo de introducirlo en los hogares y tres años después Apple hizo lo propio con su famoso *Macintosh*, que disponía de un atractivo interfaz gráfico. La llegada de los ordenadores personales hizo posible que muchos investigadores y docentes empezaran a experimentar con aplicaciones informáticas, lo que luego repercutiría en el número de aplicaciones que habría disponibles. Moore y Moore (1984b) estimaron que, en agosto de 1983, existían aproximadamente unos 400 programas informáticos relacionados con la enseñanza de la química, valor muy diferente a los 8 que Tabutt (1970) había cuantificado en 1970. El proyecto informático más ambicioso en la primera mitad de la década de los 80 fue el proyecto "*SERAPHIM*": recopilación de software para la enseñanza de la química (Lagowski, 1995). Algunos autores (Dessy, 1982) llegaron a hablar de "*microcomputer revolution*" en la enseñanza de la química.

En 1984 aparecieron los vídeo-discos en la enseñanza de la química (Russell, 1984). Para el autor del artículo, los vídeo-discos ofrecían un elemento de interacción con el estudiante del que carecen los vídeo-cassettes.

A finales de la década de los 80 la tecnología audiovisual se fusionó con la tecnología informática: los ordenadores podían ser usados para generar algunas de las imágenes que aparecían en los libros, con la ventaja añadida de ser interactivos y de poder responder de manera diferenciada a cada estudiante. Los ordenadores ya eran capaces de generar algo más que simples líneas rectas y éstas empezaron a ser reemplazadas por gráficos digitalizados, aunque los sistemas informáticos del momento no eran todavía lo suficientemente potentes como para integrar vídeo (Smith y Jones, 1989).

De 1990 a la actualidad: Multimedia e Internet

A principios de 1993, la tecnología informática ya permitía integrar vídeo a pantalla completa gracias, en especial, a los avances en las tarjetas de vídeo de los PCs (Whitnell et al., 1994) y poco después, en 1994, se generalizó la incorporación de dispositivos de lectura de CD-ROM en los ordenadores personales, favoreciendo el impulso de los sistemas multimedia, con los cuales es posible crear presentaciones que conjugan vídeos, texto, gráficos y sonido...

Los sistemas multimedia, flexibles y asociados a la idea de interacción, comenzaron a ser utilizados en la didáctica de la química, llegándose a hablar incluso de un cambio en la enseñanza de la química, catalizado por la tecnología multimedia (Jones y Smith, 1993). Se estudió incluso el uso conjugado de la tecnología multimedia con el aprendizaje cooperativo (Pence, 1993) con resultados positivos.

Según Prendes y Solano (2001), existen dos tipos de multimedia según el soporte: multimedia en soporte físico y en línea. Las aplicaciones multimedia en soporte físico corresponden, básicamente, a los CD-ROM y DVD y tienen gran impacto en la didáctica de la química porque, por primera vez, permiten la simulación de actividades de laboratorio en ordenadores (Clark, 1997) y porque permiten proyectar en las pantallas del aula imágenes y vídeos de alta calidad sobre diferentes temas de química (Illman, 1994). Durante este periodo somos testigos de una vertiginosa carrera, aún vigente, en la que la potencia de los equipos informáticos y sus precios discurren en sentidos opuestos. La informática ya permite, además de otros usos genéricos tales como el uso de procesadores de texto u hojas de cálculo, la visualización de estructuras moleculares (Ranck, 1997), el modelaje y simulación de moléculas (Northrup, 1997; Pavia y Wicholas, 1997; Tropsha y Bowen, 1997), la simulación de procesos químicos (Clark, 1997) o la visualización de vídeos sobre química (Anthony et al., 1998; Smith y Stovall, 1996).

El soporte en línea como método de distribución de los materiales multimedia, corresponde a la fusión de la tecnología audiovisual con la tecnología informática y con la tecnología telemática: Internet. La primera aplicación documentada de Internet en el campo de la enseñanza de la química la encontramos en 1993 (Varberi, 1993) y se refiere al uso de Internet como fuente de información. En este artículo, Varberi ofrece una serie de instrucciones para acceder a diferentes fuentes de información químicas a través de Internet. En 1994, el mismo autor (Varberi, 1994) amplía la información y ofrece una lista de servidores FTP en los cuales se puede encontrar información de interés para el profesorado de química. Empiezan a crearse sistemas de gestión de información química a través de Internet, como el *ChemRAS* (Harkanyi y Carande, 1995). Con los primeros navegadores (*Mosaic*) y las conexiones de banda estrecha, las aplicaciones multimedia en soporte en línea iniciales se limitan a visualización de imágenes fijas o pequeños archivos de vídeo de baja resolución (Tissue et al., 1995). En esos momentos el soporte en CD-ROM ofrece todavía mayor velocidad de transferencia de datos, pero las aplicaciones multimedia (e hipermedia) en Internet ya ofrecen ventajas sobre los soportes físicos: rapidez de actualización de contenidos, menor coste de distribución, acceso al material en cualquier momento y desde cualquier lugar con cobertura telefónica (Tissue, 1996).

Se integra la tecnología multimedia con el hipertexto, creando hipermedia (Tissue, 1996). Debido a que los materiales hipermedia no están constreñidos a la linealidad, los estudiantes tienen la oportunidad de elegir los enlaces que más les puedan interesar y esta libertad de elección favorecerá la individualización del proceso de aprendizaje. La tecnología hipermedia no sólo

será aprovechada por el profesorado para preparar presentaciones más atractivas para sus estudiantes, sino que también éstos sacarán provecho de los sistemas multimedia para crear sus propias presentaciones o proyectos (Jenkinson y Fraiman, 1999; Jiménez y Llitjós, 2005a).

Con la llegada de las conexiones de banda ancha, que permiten distribuir vídeo a tiempo real con mayor calidad, el potencial educativo que ofrecen las TICs aumenta y ya no es difícil encontrar referencias al uso de Internet o de otras TICs en la enseñanza de la química: Internet como fuente de información (Holmes y Warden, 1996; Matthews, 1997; Stevens y Stevens, 1996; Waldow et al., 1997), uso didáctico de los foros de discusión (Paulisse y Polik, 1999) y del correo electrónico (Pence, 1999), uso de tutoriales en formato de página web (Parrill y Gervay, 1997; Tissue et al., 1996a), cursos a distancia (Judd, 1998; Liu et al., 1998), aplicaciones multimedia o hipermedia a través de la red (Tissue et al., 1995; Tissue, 1996; 1997) o la realización ejercicios o informes y confección de exámenes basados en páginas web (Earp y Tissue, 1996; McGowan y Sendall, 1997; Tissue et al., 1996b). Además, Internet permite a docentes y estudiantes poder colaborar o cooperar superando las barreras espaciales y temporales (Jiménez y Llitjós, 2005b; Stout et al., 1997; Towns et al., 1998).

Valoración y conclusiones

La evolución de los recursos didácticos audiovisuales e informáticos a lo largo del siglo XX ha sido espectacular y prueba de ello es la amplia variedad de recursos que el docente de química tiene para utilizarlos en sus clases. De entre los recursos audiovisuales que se utilizan actualmente, algunos fueron utilizados por vez primera hace muchos años y, sin embargo, siguen siendo utilizados todavía hoy a pesar de la aparición de tecnologías técnicamente superiores. Es el caso del vídeo, tecnológicamente inferior al DVD o al CD-ROM y con muchas menos posibilidades interactivas, pero que sigue siendo utilizado por el profesorado de química. Por otra parte, el uso de algunos recursos no ha dejado de ser puntual, debido a que fueron superados rápidamente por tecnologías posteriores o porque su impacto educativo fue escaso (microformas o vídeo-discos, por ejemplo). Otros recursos, como la radio y las películas, quedaron igualmente obsoletos, pero tuvieron una vida *útil* mayor debido a que, al ser más antiguos, la tecnología que los superó tardó más tiempo en ser desarrollada.

Una de las principales conclusiones que podemos extraer a la vista de la historia de los recursos audiovisuales es que la expectación que han creado los primeros usos de estos recursos no tiene por qué ser necesariamente correspondida con el alcance educativo que puedan tener ni con su uso futuro. Cuando se introduce un nuevo recurso didáctico en las escuelas, existe un cierto interés inicial y mucho entusiasmo sobre los efectos que éste pueda tener sobre la práctica educativa. En algunos casos, el uso del recurso didáctico innovador se extiende como la pólvora pero su uso se mantiene a lo largo del tiempo, como sucedió, por ejemplo, con los proyectores (Alyea, 1962; Walker, 1964), a pesar de que son superados por otras tecnologías,

como las presentaciones multimedia con cañones proyectores. Sin embargo, el interés y el entusiasmo inicial que causaron otros recursos didácticos se fue difuminando rápidamente con el tiempo y finalmente el recurso didáctico innovador acabó teniendo poco impacto en la práctica educativa, como fue el caso de la radio: algunos expertos audiovisuales afirmaron, a principios de los años 30, que la radio revolucionaría la educación (Reiser, 2001), pero contrariamente a estas predicciones, la radio tuvo un impacto muy pequeño en la educación (Cuban, 1986).

En algunas ocasiones se usó el recurso didáctico sólo por la novedad que representaba, sin tener en cuenta su potencial pedagógico. Por ejemplo, a partir de la segunda mitad de los años 60 empezó a disminuir el interés de la televisión en el mundo educativo, ya que muchos de los primeros usos didácticos de la misma habían sido de una mediocre calidad educativa: la mayor parte de programas habían consistido en la emisión de una clase magistral (Reiser, 2001). Se ha de tener en cuenta, sin embargo, que todas las innovaciones requieren un cierto tiempo antes de poder ofrecer un resultado educativo óptimo. En este sentido podríamos recordar que a mediados de la década de los 90 los primeros materiales multimedia consistían en enciclopedias que se troceaban para crear una interactividad a partir de los mismos documentos escritos (Llitjós, 2000). Estos primeros materiales multimedia poco tienen que ver con los actuales.

En cuanto a la informática, En 1969, Feldhusen y Szabo (1969) pronosticaron que la instrucción asistida por ordenador sería una especie de trasplante de corazón en el mundo educativo. Quizá este pronóstico fue algo precipitado en vista del escaso impacto educativo que tuvieron los recursos informáticos hasta la década de los 90. Hasta esa fecha, las investigaciones educativas realizadas iban acompañadas de unos intervalos de confianza pocas veces convincentes y el resultado más común era que no se encontraba "una diferencia significativa" entre la instrucción tradicional y la asistida por ordenador (Lower, 1997). En ese periodo de tiempo, los materiales didácticos informáticos se basaban en individualizar el proceso educativo. La omisión de la interacción social en estos entornos informáticos de aprendizaje preocupaba a muchos educadores de aquella época.

En los últimos quince años, la situación ha cambiado drásticamente. Gran parte de la investigación en el uso de las TICs en la educación considera más o menos explícitamente las posibilidades tecnológicas para facilitar la interacción social entre el profesorado y el alumnado y entre los propios estudiantes. Por vez primera, las TICs permiten una interacción entre estudiantes y entre éstos y el profesorado que va más allá de la simple interacción estudiantes-contenido que ofrecían los recursos audiovisuales anteriores, como las películas, la televisión educativa o la radio (Reiser, 2001; Sherry, 1996), y que afecta a la naturaleza del proceso docente. Por este motivo, las herramientas *groupware* (software que facilita el aprendizaje cooperativo *on-line*), como el BSCW (Jiménez y Llitjós, 2004; 2005b) o el Synergeia (Jiménez y Llitjós, 2005c), están recibiendo cada vez más atención en contextos educativos. Por la

evolución de los recursos informáticos y de la telemática, creemos que los vaticinios de Feldhusen y Szabo cobran cada día mayor fuerza.

Referencias bibliográficas

Alyea, H. N. (1939). Lantern slide techniques. *Journal of Chemical Education*, 16(7), 308-312.

Alyea, H. N. (1962). Tested overhead projection series. *Journal of Chemical Education*, 39(1), 12-15.

Anthony, S.; Mernitz, H.; Spencer, B.; Gutwill, J.; Kegley, S. y Molinario, M. (1998). The ChemLinks and ModularCHEM consortia: using active and context-based learning to teach students how chemistry is actually done. *Journal of Chemical Education*, 75(3), 322-324.

Barnard, W. R. (1968a). Television for the modern chemistry classroom: New projects; future developments. *Journal of Chemical Education*, 45(11), 745-749.

Barnard, W. R. (1968b). Television for the modern chemistry classroom: Hardware. *Journal of Chemical Education*, 45(10), 681-684.

Barnard, W. R. (1968c). Projection screens and chalk boards in the modern chemistry classroom. *Journal of Chemical Education*, 45(8), 543-546.

Barnard, W. R. (1968d). 8mm projectors in the modern chemistry classroom. *Journal of Chemical Education*, 45(2), 136-140.

Barnard, W. R. (1969). Microforms in chemical education. *Journal of Chemical Education*, 46(4), 254-256.

Barnard, W. R. (1972). Tapes and cassette tape recorders. *Journal of Chemical Education*, 49(2), 136-138.

Barnard, W. R.; Bertaut, E. F. y O'Conner, R. (1968a). TV for the modern chemistry classroom: Tested applications. *Journal of Chemical Education*, 45(9), 617-620.

Barnard, W. R.; Lagowski, J. J. y O'Connor, R. (1968b). The modern chemistry classroom. *Journal of Chemical Education*, 45(1), 63-70.

Barnard, W. R. y Tressel, G. (1969). Advanced film-TV production techniques. *Journal of Chemical Education*, 46(7), 461-464.

Barry, R. D. y Carter, R. A. (1972). Evaluation of general chemistry slide-audio tape programs. *Journal of Chemical Education*, 49(7), 495-496.

Barry, R. D.; Stordahl, K. E. y Carter, R. A. (1974). General chemistry slide-audio tape programs. *Journal of Chemical Education*, 51(8), 537-538.

Brasted, R. C. (1964). The general chemistry program at the University of Minnesota. *Journal of Chemical Education*, 41(3), 139-142.

Burr, B. P. (1956). The tape recorder as a teaching aid. *Journal of Chemical Education*, 33(3), 139.

Carraher, C. E. (1975). Comic books – another visual aid in teaching chemistry. *Journal of Chemical Education*, 52(10), 654.

Clark, R. W. (1997). A review of Corel's ChemLab CD-ROM. *The Chemical Educator* [versión electrónica], 2(1), S1430-4171(97)01110-2. Consultado el 19/01/2006 en: <http://dx.doi.org/10.1333/s00897970110a>

Cuban, L. (1986). *Teachers and machines: The classroom use of technology since 1920*. Nueva York: Teachers College Press.

Dessy, R. E. (1982). Chemistry and the microcomputer revolution. *Journal of Chemical Education*, 59(4), 320-327.

Durban, S. A. (1941). Teaching weighing technic with the aid of a motion picture film. *Journal of Chemical Education*, 18(11), 520.

Earp, R. L. y Tissue, B. M. (1995). A PERL script to generate HTML pages containing multiple-choice questions. *The Chemical Educator* [versión electrónica], 1(5), S1430-4171(96)05055-8. Consultado el 19/01/2006 en: <http://dx.doi.org/10.1333/s00897960055a>

Feldhusen, J. y Szabo, M. (1969). The advent of the educational heart transplant, computer-assisted instruction: A brief review of research. *Contemporary Education*, 40(5), 265-274.

Glaser, R. E. y Poole, M. J. (1999). Organic chemistry online: building collaborative learning communities through electronic communication tools. *Journal of Chemical Education*, 76(5), 699-703.

Glemser, O. (1958). Closed circuit TV in the chemistry auditorium. *Journal of Chemical Education*, 35(10), 573-574.

Harkanyi, K. y Carande, R. (1995). Using Internet to disseminate an expert system of chemical information resources. *Journal of Chemical Education*, 72(9), 812-813.

Hauser, E. A. (1949). The Polaroid Land camera, a new tool for education and research. *Journal of Chemical Education*, 26(4), 224-225.

Hayes, J. R.; Schempf, J. M. y Murnin, J. A. (1958). Balance instruction by television. *Journal of Chemical Education*, 35(12), 615.

Holmes, C. O. y Warden, J. T. (1996). CIS Studio: a worldwide web-based, interactive chemical information course. *Journal of Chemical Education*, 73(4), 325-331.

Hubinger, H. y Schultz, H. P. (1971). Time-lapse multiple slide projection as an instructional aid. *Journal of Chemical Education*, 48(9), 618-620.

Illman, D. L. (1994). Multimedia tools gain favor for chemistry presentation. *Chemical & Engineering News*, 72(19), 34-40.

Jekinson, G. T y Fraiman, A. (1999). A multimedia approach to lab reporting via computer presentation software. *Journal of Chemical Education*, 76(2), 283-284.

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2004). Entornos telemáticos interactivos para el trabajo cooperativo en los ciclos formativos de grado superior de la familia de química, en *La didáctica de las ciencias experimentales ante las reformas educativas y la convergencia europea* (pp. 565-568). Bilbao: Universidad del País Vasco, Servicio Editorial.

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2005a). Una experiencia sobre hipertexto cooperativo en la clase de química. *Revista Iberoamericana de Educación* [versión electrónica]. Consultado el 19/01/2006 en: <http://www.campus-oei.org/revista/experiencias95.htm>

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2005b). Cooperación en entornos telemáticos en la enseñanza de la química. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 3(1), 115-133. Consultado el 19/01/2006 en: http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen3/Numero_3_1/Jiménez_y_Llitjos_2006.pdf

Jiménez, G. y Llitjós, A. (2005c). Synergeia: Adaptación del BSCW al mundo educativo. *Quark* [revista digital]. Consultado el 19/01/2006 en: http://www.fg.profes.net/apieaula2.asp?id_contenido=46049

Jones, L. J. y Smith, S. G. (1993). Multimedia technology: a catalyst for change in chemical education. *Pure & Applied Chemistry*, 65(2), 245-249.

Judd, C. S. (1998). News from online: using the web for your courses. *Journal of Chemical Education*, 75(9), 1073.

Killeffer, D. H. (1924). Chemical education via radio. *Journal of Chemical Education*, 1(3), 43-48.

Lagowski, J. J. (1998). Chemical education: past, present, and future. *Journal of Chemical Education*, 75(4), 425-436.

Liu, D.; Walter, J. y Brooks, D. W. (1998). Delivering a course over the Internet. *Journal of Chemical Education*, 75(1), 123-125.

Llitjós, A. (2000). Hacia el siglo XXI: Comunicación audiovisual de la química, en *Aspectos didácticos de Física y Química* (pp. 145-170). Zaragoza: ICE Universidad de Zaragoza.

Llitjós, A.; Borsese, A.; Colomer, M.; García, P.; Gil, J. J.; Morales, M. J. y Sánchez, M. D. (1997). Recursos didácticos en la enseñanza de las ciencias, en R. Jiménez y A. M. Wamba (Eds.), *Avances en la didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 369-395). Huelva: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva.

Lower, S. K. (1997). Computer-Assisted Instruction in Chemistry, en T. J. Zielinski y M. L. Swift (Eds.), *Using computers in chemistry and chemical education* (pp. 355-376). Washintong, DC: American Chemical Society.

Marqués, P. (2000). *Los medios didácticos: componentes, tipología, funciones, ventajas, evaluación*. Consultado el 19/01/2006 en: <http://dewey.uab.es/pmarques/medios.htm>

Matthews, F. J. (1997). Chemical literature: a course composed of traditional and online searching techniques. *Journal of Chemical Education*, 74(8), 1011-1014.

McGowan, C. y Sendall, P. (1997). Using the world wide web to enhance writing assignments in introductory chemistry courses. *Journal of Chemical Education*, 74(4), 391.

Moore, J. W. y Moore, E. A. (1984a). Looking back and moving ahead in computer-related topics. *Journal of Chemical Education*, 61(8), 699-703.

Moore, J. W. y Moore, E. A. (1984b). Introduction to a symposium report on will computers replace TA's? Professors? Labs? Should they? *Journal of Chemical Education*, 61(1), 26-27.

Noller, C. R. (1949). An apparatus for lecture demonstration of optical activity. *Journal of Chemical Education*, 26(5), 269-270.

Northrup, S. H. (1997). Molecular graphics and simulation of proteins and nucleic acids, en T. J. Zielinski y M. L. Swift (Eds.), *Using computers in chemistry and chemical education* (pp. 283-308). Washintong, DC: American Chemical Society.

Parrill, A. L. y Gervay, J. (1997). Discovery-based stereochemistry tutorials available on the world wide web. *Journal of Chemical Education*, 74(3), 329.

Paulisse, K. W. y Polik, W. F. (1999). Use of WWW discussion boards in chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 76(5), 704-707.

Pavia, D. y Wicholas, M. (1997). From UNIX to PC via X-Windows: molecular modeling for the general chemistry lab. *Journal of Chemical Education*, 74(4), 444.

Pence, H. E. (1993). Combining cooperative learning and multimedia in general chemistry. *Education*, 11(3), 375-380.

Pence, L. E. (1999). Cooperative electronic mail: effective communication technology for introductory chemistry. *Journal of Chemical Education*, 76(5), 697-698.

Prendes, M. P. y Solano, I. M. (2001). Multimedia como recurso para la formación, en *Actas de las III Jornadas Multimedia Educativo*, 25-26 junio (pp. 460-470). Barcelona: Universitat de Barcelona.

Ranck, J. P. (1997). Visualization for chemists, en T. J. Zielinski y M. L. Swift (Eds.), *Using computers in chemistry and chemical education* (pp. 227-240). Washintong, DC: American Chemical Society.

Reiser, R. A. y Gagné, R. M. (1983). *Selecting media for instruction*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology.

Reiser, R. A. (2001). A History of Instructional Design and Technology: Part I: A History of Instructional Media. *Educational Technology Research and Development*, 49(1), 53-64.

Russell, A. A. (1984). From videotapes to videodiscs: from passive to active instruction. *Journal of Chemical Education*, 61(10), 866-868.

Slabaugh, W. H. (1951). The overhead projector and chemical demonstrations. *Journal of Chemical Education*, 28(11), 579-580.

Slabaugh, W. H. y Hatch, C. V. (1958). General chemistry via television. *Journal of Chemical Education*, 35(2), 95-96.

Sherry, L. (1996). Issues in distance learning. *International Journal of Educational Telecommunications*, 1(4), 337-365.

Smith, G. W. (1956). An experiment in teaching general chemistry by closed-circuit television. *Journal of Chemical Education*, 33(6), 257-263.

Smith, S. G. y Jones, L. L. (1989). Images, imagination, and chemical reality. *Journal of Chemical Education*, 66(1), 8-11.

Smith, S. y Stovall, I. (1996). Networked instructional chemistry. Using technology to teach chemistry. *Journal of Chemical Education*, 73(19), 911-915.

Stevens, K. E. y Stevens, R. E. (1996). Use the world-wide web in lower-division chemistry courses. *Journal of Chemical Education*, 73(10), 923.

Stout, R.; Towns, M. H.; Sauder, D.; Zielinski, T. J. y Long, G. (1997). Online cooperative learning in physical chemistry. *The Chemical Educator* [versión electrónica], 1(2), S1430-4171(97)01107-2. Consultado el 19/01/2006 en: <http://dx.doi.org/10.1333/s00897970107a>

Tabbutt, F. D. (1970). Application of computers in chemical education. *Chemical & Engineering News*, 48(3), 44-57.

Taft, R. (1929). Increasing the usefulness of the short focus projection lantern. *Journal of Chemical Education*, 6(10), 1638-1643.

Tissue, B. M. (1996). Applying hipermedia to chemical education. *Journal of Chemical Education*, 73(1), 65-68.

Tissue, B. M. (1997). Overview of interactive programming methods for the world-wide web. *Trends in analytical chemistry*, 16(9), 490-495.

Tissue, B. M.; Earp, R. L.; Yip, C. y Anderson, M. R. (1996a). Development and evaluation of Internet-based hypermedia chemistry tutorials. *Journal of Chemical Education*, 73(5), 96.

Tissue, B. M.; Earp, R. L. y Yip, C. (1996b). Design and student use of world wide web-based prelab exercises. *The Chemical Educator* [versión electrónica], 1(1), S1430-4171(96)01010-2. Consultado el 19/01/2006 en: <http://dx.doi.org/10.1333/s00897960010a>

Tissue, B. M.; Yip, C. y Wong, Y. (1995). NCSA Mosaic: an Internet and hypermedia browser. *Journal of Chemical Education*, 72(6), A116-A117.

Towns, M. H.; Kreke, K.; Sauder, S.; Stout, R.; Long, G. y Zielinski, T. J. (1998). An assessment of a physical chemistry online activity. *Journal of Chemical Education*, 75(12), 1653-1657.

Trospa, A. y Bowne, J. P. (1997). Molecular modeling and drug design, en T. J. Zielinski y M. L. Swift (Eds.), *Using computers in chemistry and chemical education* (pp. 309-330). Washington, DC: American Chemical Society.

Varveri, F. S. (1993). Information retrieval in chemistry. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 204-208.

Varveri, F. S. (1994). Information retrieval in chemistry: chemistry-related anonymous ftp sites. *Journal of Chemical Education*, 71(19), 872-873.

Waldow, D. A.; Fryhle, C. B. y Bock, J. C. (1997). CIRRU: A chemistry internet resource for research by undergraduate students. *Journal of Chemical Education*, 74(4), 441-442.

Walker, R. A. (1964). Teaching basic chemistry concepts with the overhead projector. *Journal of Chemical Education*, 41(12), 663-665.

Whitnell, R. M.; Fernandes, E. A.; Almassizadeh, F.; Love, J. J. C.; Dugan, B. M.; Sawrey, B. A. y Wilson, K. R. (1994). Multimedia Chemistry Lectures. *Journal of Chemical Education*, 71(9), 721-725.

Williams, W. D. (1996). Some nineteenth century chemistry teaching aids. *The Chemical Educator* [versión electrónica], 1(3). Consultado el 19/01/2006 en: <http://dx.doi.org/10.1333/s00897960039a>

Wilson, J. L. (1931). Lantern slides from cellophane. *Journal of Chemical Education*, 8(11), 2212-2213.