

Experiencias de enseñanza de la química con el apoyo de las TIC

Erika P. Daza Pérez,¹ Albert Gras-Martí,² Águeda Gras-Velázquez,³ Nathaly Guerrero Guevara,⁴ Ana Gurrola Togasi,⁵ Alexa Joyce,³ Elizabeth Mora-Torres,⁶ Yamile Pedraza,¹ Enric Ripoll,⁸ Julio Santos²

ABSTRACT (Experiences in the teaching of Chemistry with the aid of ICT)

The ICT offer the possibility of making more creative and innovative the task of teachers, and allow also the implementation of different technologies and methodologies for the process of teaching/learning of Chemistry. But, mostly, ICT have various advantages for learning, like: the possibility of simulating processes that are difficult to observe in the classroom or in the student laboratory, the collaborative work with colleagues and students nearby and far away, the opportunities of learning out of the classroom, self-learning, etc.

We shall offer a broad view about the use of ICT in teaching Chemistry and we shall describe some significant applications for classroom and out-of-classroom use. In particular, we shall focus on the evaluation of these experiences. Special emphasis will be put in experiences that involve student collaboration and international collaborative projects. As a basic framework we shall take into account the double perspective of diagnosis and prognosis, by analyzing the present situation as well as some proposals for the future.

KEYWORDS: ICT, teaching, learning, Chemistry, collaborative projects, evaluation

Introducción: Tecnologías en la enseñanza/aprendizaje de la Química

Se afirma a menudo que las Tecnologías de la Comunicación y la Información (TIC) son herramientas indispensables en los procesos de enseñanza/aprendizaje (E/A) en general, y de la química en particular (Gras-Martí y Cano-Villalba, 2003; Cabero, 2007). Para algunos, esta afirmación choca con la bien conocida experiencia de los docentes con tecnologías anteriores. Por ejemplo, después de las primeras proyecciones de cine, el inventor norteamericano Thomas A. Edison afirmó que la enseñanza, finalmente, iba a ser accesible a todos los ciudadanos y que toda la sociedad sería rápidamente alfabetizada gracias al nuevo invento (Lebrun, 2008). Huelga decir que esta aseveración no resultó cierta. Algo parecido pensaron los defensores del video, e incluso en los EEUU se llegó a grabar todo el sistema educativo obligatorio en cintas de video. Hoy sabemos que, además de ser un soporte magnético en vías de extinción, el video tiene limitaciones como herramienta de aprendizaje.

La búsqueda de recursos que apoyen la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, particularmente de la química, ha sido una labor constante cuyos resultados han puesto al servicio de la comunidad educativa gran cantidad de elementos (Williams, 2003): desde pesadas pizarras hasta dispositivos electrónicos prácticos y capaces de realizar un sin número de tareas. Hasta 1929, la radio y los proyectores eran las herramientas más populares en este contexto. En esa misma época (1930-1939) surgen las diapositivas y dos años después se publica un trabajo sobre el uso de las películas en la enseñanza de la química (Durban, 1941). En 1956 se usó por primera vez la televisión para transmitir clases de química en circuito cerrado (Jiménez y Llitjós, 2006). El desarrollo de este medio audiovisual permitió grabar clases en videocassettes e implementar el uso de aulas con proyectores, diapositivas, grabadoras de audio, televisión, video-cassettes y películas (Barnard *et al.*, 1968).

En las décadas de 1970 a 1990 se introducen los microcomputadores y ordenadores personales, que dan inicio a la era digital y a la Internet (1990 – actualidad), con el desarrollo de software y recursos digitales que ofrecen varias opciones para motivar en los estudiantes el aprendizaje de la química, con el objetivo de aliviar la crisis que afronta la enseñanza de las ciencias desde hace tiempo (Izquierdo, 2004).

En la actualidad se produce un rápido desarrollo de las herramientas tecnológicas y los individuos que no se adaptan a su ritmo de evolución, por razones políticas, sociales o económicas, pueden llegar a sentirse intelectualmente discriminados (Borges, 2002). Por ello, los sistemas educativos deben proporcionar a los estudiantes los elementos necesarios para

¹ Grupo GECOS, UPTC, Tunja, Colombia.

² Departament de Física Aplicada, Universitat d'Alacant, País Valencià.

Correo electrónico: agm@ua.es

³ European Schoolnet, Bruselas, Bélgica.

⁴ Docentes de Educación Media, Secretaría de Educación, Bogotá.

⁵ Escuela Nacional Preparatoria, UNAM, México.

⁶ SAEF-CI, Tunja, Colombia.

⁸ IES Cañiza, Pontevedra, Galicia.

poder interactuar y desempeñarse satisfactoriamente en la sociedad actual. La aplicación de las TIC al proceso de E/A surge como una necesidad para ayudar a la plena incorporación de los jóvenes a la Sociedad de la Información y del Conocimiento (SIC). Por esta razón, el aprendizaje transversal de las TIC aparece en todos los planes nacionales de educación. Las TIC, usadas como estrategia pedagógica, brindan la posibilidad de crear oportunidades para guiar e incrementar el aprendizaje y colaboran al docente a llevar a cabo procesos innovadores.

Posibilidades de las TIC

Las aplicaciones de las TIC en la educación científica son muchas; entre las principales destacan:

- Favorecen el aprendizaje de procedimientos y el desarrollo de destrezas intelectuales de carácter general (Pontes, 2005) y permiten transmitir información y crear ambientes virtuales combinando texto, audio, video y animaciones (Rose y Meyer, 2002). Además, permiten ajustar los contenidos, contextos, y las diversas situaciones de aprendizaje a la diversidad e intereses de los estudiantes (Yıldırım *et al.* 2001).
- Contribuyen a la formación de los profesores en cuanto al conocimiento de la química, su enseñanza y el manejo de estas tecnologías. Se pueden consultar, en multitud de páginas Web, artículos científicos, animaciones, videos, ejercicios de aplicación, cursos en línea, lecturas, etc.
- En los entornos virtuales, las posibilidades de sincronismo y asincronismo facilitan la comunicación y permiten que estudiantes y/o profesores de diferentes lugares del mundo intercambien ideas y participen en proyectos conjuntos.
- Las simulaciones de procesos fisicoquímicos permiten trabajar en entornos de varios niveles de sofisticación conceptual y técnica.

Por tanto, el uso de las TIC en el aula permite que los alumnos complementen otras formas de aprendizaje utilizadas en la clase, mejoren la comprensión de conceptos difíciles o imposibles de observar a simple vista o en los laboratorios escolares, usen representaciones para desarrollar proyectos escolares con compañeros y profesores, trabajen y manipulen, por ejemplo, moléculas en tres dimensiones o todo tipo de sustancias en laboratorios virtuales, etc.

Por otra parte, gracias al uso de las TIC, estudiantes discapacitados o con determinadas dificultades de aprendizaje pueden aprender química través de estas "rampas" tecnológicas. Así, los estudiantes sordos pueden acceder a los mismos contenidos curriculares que sus pares oyentes (Berrutti, 2008).

Implantación e implementación de las TIC

Una encuesta realizada por nosotros mismos a 20 profesores de Química y dos de Biología de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), indica que la principal aplicación de las TIC en la enseñanza en la actualidad consiste solamente en la proyec-

ción de presentaciones grupales y la resolución de cuestionarios de opción múltiple que inducen al estudiante a recuperar y reproducir la información que presenta el material didáctico. Estas formas de trabajo están centradas en el profesor y no propician el desarrollo de habilidades sociales, de pensamiento y para la resolución de problemas. En la mayoría de los casos, el profesor no aprovecha la interactividad que ofrece la tecnología ni la capacidad para la simulación de fenómenos difíciles de observar en el aula y su representación a nivel microscópico, que ayuden al estudiante en la construcción de conceptos y modelos de explicación.

En un recuento histórico sobre la evolución de las TIC, Jiménez-Valverde y Llitjós-Viza (2006), afirman que la implementación de un nuevo recurso en el contexto escolar genera inicialmente un interés y entusiasmo, que disminuye con el tiempo. Este desinterés a veces puede aparecer como respuesta al desarrollo de recursos con mayores utilidades, más económicos y prácticos que otros. Así, en el caso de la Internet, su uso en un comienzo se limitó a la búsqueda de información, pero actualmente su uso se va extendiendo y puede llegar a convertirse en una herramienta fundamental en la enseñanza de la química.

Una característica importante de las TIC y sus posibilidades educativas es su acelerado desarrollo. Así, mientras que hace pocos años se manejaban el correo electrónico, las páginas Web estáticas (el lenguaje HTML), las aplicaciones de Microsoft Office, las simulaciones en forma de applets, etc., hace pocos años aparecieron los blogs, las webquests, los wikis, formas más integradas de correo electrónico en formato Web (como Gmail), los grupos de trabajo en línea (como Google Groups, por ejemplo), las simulaciones en formato Flash, los portales de recursos (y objetos de aprendizaje), las aulas digitales (como Moodle, etc.). Y recientemente se habla de aplicaciones de carácter social, como Flickr, Slideshare, Ning, Facebook, YouTube, Skype, y de entornos y aplicaciones más evolucionados y gratuitos como Linux y OpenOffice, de recursos sofisticados como las pizarras digitales, de multitud de proyectos colaborativos, etc. Y todo ello sin hablar de las herramientas auxiliares (archivos PDF, capturadores de pantallas como Snapshot, tratamiento de imágenes y de video, gestión de pagos y de compras como Paypal y Amazon), o la posibilidad de disponer y gestionar el servidor propio del docente o del centro (para lo que se requiere, por ejemplo, manejar programas como EasyPHP, MySQL, etc.). Como se ve, la lista es inmensa e impresionante, y nadie sabe de qué nuevos instrumentos se dispondrá en pocos años. Por ello, y como recogeremos en las conclusiones, el docente debe de introducirse en el mundo de las TIC lo antes posible, y aprender a usarlas de manera pausada pero constante.

Veamos algunos ejemplos de implantación de las TIC en el mundo de la E/A de la química. Faltaríamos a la verdad si no reconocíramos el notable esfuerzo que los profesores de Física y Química han hecho para acercar las nuevas tecnologías a sus alumnos. Así, podemos observar que muchos institutos de enseñanza secundaria tienen su propia Web estática y en

ella, en general, existe un enlace al departamento de Física y de Química donde los profesores del mismo “cuelgan” materiales (generalmente, textos o presentaciones) que sus alumnos pueden usar para reforzar lo visto en el aula, o difieren a sus alumnos a contenidos concretos de otras Webs de todo el mundo. Aunque en este segundo caso las Webs enlazadas pueden tener cierto grado de interactividad, muchas páginas Web dedicadas a la enseñanza actúan como meros contendores de información donde a veces, por excesiva, resulta inoperante.

Además de los ministerios o consejerías de educación, también existen de agrupaciones de profesores, centros de recursos de profesores e incluso docentes que a título individual exponen su trabajo a través de páginas Web y ofrecen materiales para los programas de química. Un ejemplo lo constituye el Portal Aragonés (2009), en el cual se integran profesores que aportan su trabajo a la página Web, así como recursos de todo tipo para el aula y para preparar las clases; se incluyen informaciones recientes del mundo de la química, para tratar temas de actualidad, vídeos, etc. Otro ejemplo notable es el de la (AEFiQ-Curie, 2009), que ofrece además cursos no presenciales de formación para profesores y alumnos.

Con el desarrollo de herramientas de la llamada Web 2.0 se dispone de espacios de socialización y de intercambio que los docentes pueden aprovechar. Por ejemplo, es notable el incremento que en los últimos años ha registrado el número de blogs de docentes de Química que exponen a sus alumnos las últimas novedades en este campo y proponen problemas para su resolución (QuímicaBlog, 2009; El BB, 2009).

Como ejemplo de proyectos institucionales para el desarrollo de materiales educativos citaremos el Proyecto Newton (2009), dentro del cual se desarrollan los temas de Física y de Química del currículo escolar a partir de simulaciones interactivas que permiten a los alumnos acercarse a conceptos complejos de forma intuitiva. Los materiales aparecen agrupados en unidades didácticas pero también por conceptos, cada uno ilustrado con una animación (simulación). Así el profesor puede acceder a objetos de aprendizaje modulares e integrarlos en su programación de aula.

Finalmente, cabe aun mencionar que existen empresas que ofrecen servicios educativos y clases particulares en formato E-learning, entre ellos cursos de Química dirigidos a profesores y a postgraduados. Sin embargo, sólo en algunos casos los diplomas o títulos que ofrecen tienen validez oficial (Grupo Proen, 2009).

En cuanto a la formación de los docentes en el uso didáctico de las TIC, existen multitud de propuestas en todo el mundo, pero en un informe para la UNESCO (2004) se señala que uno de los errores más significativos que se ha cometido es que se ha tenido una visión demasiado técnica e instrumental en la formación de los docentes. Se han dedicado pocos esfuerzos para ayudarlos a incorporar la tecnología a la práctica didáctica curricular, y transformar y crear entornos diferenciados para el aprendizaje, y demasiados a tareas administrativas y organizativas.

Ejemplos de aplicación de las TIC en la E/A

Comentaremos a continuación algunos ejemplos de aplicación de las TIC a la E/A de la química, en concreto: a) un proyecto internacional; b) el uso de simulaciones por ordenador; c) la elaboración de materiales de apoyo y el libro de texto digital; d) aplicaciones didácticas de los debates en línea, y e) el uso de entornos de aprendizaje para la profundización en cuestiones de CTSA (ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente).

Estos ejemplos pueden inspirar al docente a diseñar actividades de aprendizaje de la química que exploten las potencialidades que ofrecen las TIC. Para ello se han de tener presentes las limitaciones de estas herramientas, y plantear objetivos y metodologías didácticas, así como planificar cómo se van a evaluar los resultados de su implementación.

a) Proyectos internacionales

Xperimentia es un ejemplo de participación internacional en un proyecto de divulgación de la química para estudiantes de etapas preuniversitarias, que plantea actividades de educación científica e investigación escolar. El objetivo de este proyecto es favorecer que los estudiantes de 10 a 20 años, con la ayuda de sus profesores, comprendan las aplicaciones de la petroquímica y cómo esta ciencia relativamente nueva ha contribuido a la renovación de muchos de los objetos de la vida cotidiana. Participar en las actividades del proyecto es para los alumnos una oportunidad para estimular su sentido de la observación científica y analítica (Xperimentia, 2009).

El proyecto está financiado por Appe (2009), voz de la industria petroquímica europea que reúne a un centenar de compañías, y lo coordina EUN (2009), o European Schoolnet, un consorcio sin ánimo de lucro que incluye 31 Ministerios de educación de Europa, creado en 1997 (EUN, 2009). Los resultados principales de la primera edición del proyecto, Xperimentia I (2007-08), se describen a continuación. El portal se lanzó al público en octubre del 2007 y se invitaba a alumnos de entre 10 y 20 años a participar en dos competiciones, hasta finales de mayo del 2008:

- Recorrido histórico: donde los alumnos debían investigar un descubrimiento científico y describir sus consecuencias.
- Hacer experimentos: donde los alumnos debían realizar un experimento fácil y divertido en el laboratorio, y escribir un informe del mismo.

Mientras los trabajos del recorrido histórico debían ser individuales, los de la competición sobre experimentos eran realizados por equipos de dos o tres estudiantes. Los alumnos subían los archivos a la página Web de Xperimentia. Aunque la finalidad de Xperimentia es dar a conocer el mundo de la petroquímica, las aportaciones podían cubrir cualquier tema relacionado con la química.

La información estaba disponible en 22 idiomas europeos, en los que los alumnos podían presentar sus trabajos. Se presentaron 353 contribuciones con la distribución por países que se muestra en la tabla 1. Se puede ver que la participa-

ción fue muy desigual. Una posible explicación de la mayor participación de países como Rumanía o Polonia, en comparación con otros países como Alemania o Francia, es la reciente incorporación a la Unión Europea de los primeros (es el caso, por ejemplo, de Hungría, en el 2004, y de Rumanía en el 2007). Mientras que para los "viejos" europeos, ya ha habido en el pasado muchas ocasiones de participar en proyectos europeos, para los "nuevos" países es una oportunidad nueva de participar a nivel internacional. Se facilitaron cuestionarios a los docentes participantes, con preguntas de tipo cualitativo y cuantitativo (EUN, 2009), y los mismos comentan, en general, que "cada escuela que participa en el proyecto colaborativo lo ve como una buena manera de construir Europa... pues estudiantes y maestros comparten sus experiencias docentes".

Según las encuestas, los experimentos de Xperimentaria I sólo se ajustaban un 50% a los temarios. Además, durante la entrega de premios de Xperimentaria varios de los maestros admitieron que los experimentos habían sido realizados durante horas no escolares y/o con los alumnos de clubs de ciencia, pues les fue imposible incluirlos en las clases "normales". Tras la evaluación del primer año se lanzó una segunda edición de Xperimentaria en octubre del 2008, edición que cuenta con un nuevo concurso ("Comprueba las propiedades") donde se invita a los alumnos a realizar experimentos sencillos en que se investigue, compruebe y demuestre alguna propiedad física o química de objetos cotidianos. Mientras que las actividades de Xperimentaria I se alejaban de los currículos más comunes de las asignaturas de ciencias, este año el diseño de las actividades intenta ajustarse mejor al temario. De esta forma, se trata de facilitar la enseñanza de ciencias en clase y no "obligar" a los profesores y alumnos a usar tiempo fuera del horario escolar para poder participar. Esto reviste más importancia en los últimos cursos, cuando el profesorado se esfuerza por cubrir todos los puntos del temario oficial para que los alumnos estén preparados para los exámenes de acceso a la universidad.

Como conclusión de estos proyectos colaborativos que quieren conseguir la participación de profesores y alumnos de diferentes países para mejorar el conocimiento científico podríamos decir que deben de tener relevancia en el contexto de los temarios escolares y estar disponibles en los idiomas de los países a los que se pretende involucrar. Con ello se contribuye, además, a resaltar el carácter internacional del estudio de las ciencias.

b) Simulaciones por ordenador

Los applets, o miniaplicaciones, son herramientas de software que permiten simular procesos fisicoquímicos representados por una pantalla gráfica. También abundan las simulaciones programadas en Flash, así como un tercer tipo de programas ejecutables de muy diferentes formatos. En general, todas las simulaciones presentan alguna posibilidad de modificar los parámetros de la simulación con el fin de observar y analizar las consecuencias que tienen estos cambios sobre el proceso en estudio (Gras-Martí *et al.*, 2007). Haremos primero unas

Tabla 1. Número de trabajos presentados a Xperimentaria I por categorías y por país. Sólo se muestran los países con mayor número de contribuciones.*

País	Núm. de experimentos	Recorrido histórico	Total
Alemania	10	2	12
Bulgaria	9	0	9
España	4	3	7
Francia	0	5	5
Hungría	87	67	154
Polonia	12	7	19
Rumanía	44	56	100
Suecia	0	15	15
Total	185	168	353

* Datos extraídos de <http://www.xperimentaria.net/ww/en/pub/xperimentaria/competition.cfm> y <http://www.xperimentaria.net/ww/en/pub/xperimentaria/timeline.cfm>

consideraciones generales sobre esta utilísima herramienta para el docente de química (y de ciencias, en general), y luego analizaremos un ejemplo de puesta en práctica en una programación didáctica, y su evaluación.

Tanto la teoría constructivista del aprendizaje como el modelo de aprendizaje por descubrimiento guiado, atribuyen al alumno un papel activo en la adquisición del conocimiento. El uso de simulaciones multimedia, acompañadas de un programa guía de actividades adecuado, favorece que la información no se presente a los alumnos de manera expositiva, sino en un entorno abierto de aprendizaje en el que se promueva que sean ellos mismos quienes construyan su propio conocimiento, mediante la indagación, la resolución de problemas, los razonamientos hipotético-deductivo e inductivo y el trabajo cooperativo entre compañeros (Sierra, 2003).

La bibliografía indica que el mayor éxito se alcanza cuando un profesor motivado crea, elabora y diseña un material didáctico, fundamentalmente para el uso de sus propios alumnos, lo que ofrece la máxima comunicación, referencia, flexibilidad y utilización real del material didáctico (Jarabo *et al.*, 2007). Pero el diseño de simulaciones por los propios profesores puede resultar una actividad difícil, que requiere un dominio considerable de las aplicaciones tecnológicas y de la conformación de grupos de trabajo multidisciplinarios. Una opción más recomendable es usar las simulaciones de libre distribución que se encuentran en la Internet, donde se pueden encontrar recursos cuyo diseño está apegado a los modelos científicos. Para un profesor no programador es difícil crear un programa interactivo o applet, pero no le resulta difícil crear una página Web en la que puede insertar un applet de libre distribución descargado de Internet (Franco García, 2007).

El objetivo en el uso de simulaciones es el desarrollo de habilidades de pensamiento como el análisis, la deducción y la elaboración lógica de conclusiones. La interactividad es el elemento distintivo de las simulaciones, y puede definirse como la relación activa que se establece entre el usuario y la computadora.

tadora. A mayor interactividad del programa mayor será la demanda de participación activa y toma de decisiones que el usuario deba realizar; esta característica contribuye al aprendizaje autónomo de los estudiantes. Desde el punto de vista de su interactividad, podemos dividir las simulaciones en tres tipos:

- a) *Simulaciones resolutivas*. Que se limitan a hacer un simple cálculo que debería ya saber hacer el alumno. Por ejemplo, cuando un alumno escribe la fórmula empírica de un compuesto en la simulación, el programa devuelve el resultado de la masa molar del mismo. Ni qué decir tiene que este tipo de simulaciones tiene muy poco interés desde el punto de vista del aprendizaje del alumno.
- b) *Simulaciones expositivas*. En este tipo de simulaciones se expone un fenómeno físico o químico representando un experimento o una observación. Este tipo de simulaciones resultan útiles porque permiten facilitar el trabajo de experimentación ahorrando una considerable cantidad de tiempo. En este grupo incluiríamos los visores de moléculas, tablas periódicas, etc.
- c) *Simulaciones interactivas*. En éstas el alumno debe interactuar con la simulación y ha de extraer conclusiones, lo cual, evidentemente, va a repercutir en su aprendizaje. En este grupo incluiríamos programas como el Virtual-Lab (de licencia libre), el Crocodile Chemistry (de coste elevado), o simulaciones en Java o Flash (generalmente, de uso libre; véase, por ejemplo, Vaquero, 2009).

Una de las utilidades de estas herramientas es el diseño de laboratorios virtuales de simulaciones de procesos y prácticas de laboratorio, que pueden ser empleados como actividad central o como un recurso de apoyo. Su bajo costo garantiza acceso a aquellos estudiantes en cuyas instituciones no se dispone de recursos y son útiles para discutir experimentos peligrosos (Jiménez-Valverde y Llitjós-Viza, 2006; Cabero, 2007).

Programa-guía de actividades

Si el profesor decide usar una simulación, su primera intervención consiste en la adecuación de los materiales multimedia a los objetivos de aprendizaje de la asignatura. Resulta fundamental establecer un objetivo de enseñanza claro y delimitar el uso y manipulación de las variables que ofrece la simulación para cumplir con este objetivo. Es posible utilizar la misma simulación para cubrir diversos objetivos, y lo recomendable es diseñar un programa guía de actividades para cada uno. Se debe evitar la generación excesiva de datos y observaciones que confundan al alumno y lo lleven a la elaboración de conclusiones erróneas, así como enfatizar el análisis cualitativo y la obtención de resultados numéricos que sean posteriormente tratados por el alumno con la finalidad de obtener conclusiones lógicas a partir de datos obtenidos. Si una simulación se utiliza como calculadora o como herramienta electrónica de resolución de un algoritmo, el alumno obtendrá resultados numéricos que poco contribuirán al desarrollo de sus habilidades de pensamiento (Nieda, 2006).

La adecuación del tiempo de uso la simulación debe ser cuidadosamente planeada por el profesor. Los alumnos demuestran interés y entusiasmo por usar tecnología durante la clase; sin embargo, si no se es suficientemente precavido la actividad puede convertirse en una sesión más de juego interactivo, olvidando los objetivos de aprendizaje. El reto para el profesor consiste en ofrecer al alumno un programa guía de actividades que acompañe la simulación con direcciones y preguntas claras, pero lo suficientemente abiertas para favorecer la construcción de conclusiones y respuestas que no sean únicas o dicotómicas.

El uso de programas guías de actividades es una buena opción para orientar el trabajo de alumnos y profesores. Un programa guía de actividades es una estrategia didáctica que parte de un problema o situación contextualizada y que plantea preguntas generadoras y actividades de aprendizaje que ayudan al estudiante a resolver el planteamiento inicial (Gurrola Togasi, 2006). La experiencia en la aplicación de simulaciones durante el último ciclo escolar, indica que los problemas o situaciones de las que se parten deben ser relacionados con la experiencia cotidiana y conocimiento previo de los alumnos. Resulta más eficaz preguntarse ¿a qué se debe que al entrar en una tienda de perfumes se perciba el aroma en todo el local? que plantear ¿cuál es el comportamiento cinético molecular de los gases? Los temas cercanos y conocidos permiten elaborar predicciones intuitivas que ponen de manifiesto las ideas previas de los estudiantes que serán contrastadas, corregidas o eliminadas como resultado del trabajo con el simulador y el programa guía.

Para la implementación de actividades de aprendizaje en el caso de la enseñanza asistida con simuladores, lo recomendable es que cada alumno, de forma individual, realice las actividades indicadas para que posteriormente en clase, en pequeños grupos y con roles previamente asignados, compare, discuta, analice sus respuestas y logre elaborar un trabajo conjunto. La comparación de respuestas generalmente causa discrepancias entre los estudiantes, que pueden ser resueltas usando el simulador las veces que sean necesarias y consultando al profesor. Esta metodología de trabajo pone al estudiante en el centro de la acción y al profesor como consultor experto cuya participación es demandada por el estudiante en el momento en que éste considera necesario.

Un ejemplo de experiencia que integra diversos recursos del tipo Laboratorio Virtual es la descrita por Díaz *et al.* (2002), para alumnos de Química General, quienes disponen de 10 prácticas virtuales de laboratorio químico, estructuradas según el método de aprendizaje como una investigación dirigida. Se le plantea al estudiante un problema a investigar y, para su solución, el programa le brinda información teórica que le permite al estudiante completar o seleccionar una hipótesis de trabajo. También puede escoger las sustancias y útiles de laboratorio necesarios para desarrollar el experimento así como las condiciones del mismo.

La evaluación de los trabajos realizados con simulaciones (y con aplicaciones de las TIC, en general) es fundamental

para orientarnos en las revisiones que debemos introducir para mejorar los resultados de su uso didáctico (Torres *et al.*, 2006). Un ejemplo de uso de applets en la programación docente, y su evaluación es el descrito por Gras-Martí *et al.* (2007). Las características de sencillez y poco “peso en bytes” de los applets, y el aumento de las posibilidades de acceso del alumnado a Internet, hacen posible programar indistintamente trabajo dentro del aula y actividades no presenciales. Como hemos dicho anteriormente, para el uso didáctico de los applets se puede elaborar una ficha guía de trabajo que sitúe el applet dentro de la programación de los contenidos de la asignatura, pues se puede constatar que cuando se enfrenta el alumno a un applet, sin una guía, el aprendizaje significativo que consigue el estudiante es escaso, si no nulo. El uso de esta herramienta exige adecuar el trabajo con los applets a los objetivos de las materias, o reorganizar la programación teniendo en cuenta que contamos con las TIC. A modo de resumen apuntamos, finalmente, que ha resultado positivo tener en cuenta lo siguiente cuando iniciamos cada curso académico la experiencia de trabajar con aplicaciones informáticas:

- a) tener información de los conocimientos informáticos y sobre la facilidad de acceso a Internet fuera del aula por parte del alumnado, si se va a trabajar en modalidad no presencial;
- b) seleccionar cuidadosamente los applets que mejor se ajustan a los objetivos didácticos y al nivel de conocimientos de los alumnos, y
- c) asegurarse de que las fichas elaboradas por el profesorado contienen instrucciones claras para el estudiante.

Huelga decir que las simulaciones de procesos no deben relegar a las actividades de laboratorio, un recurso didáctico inseparables en la enseñanza de las ciencias (Pro, 2006). Las aplicaciones informáticas son un recurso más a disposición del profesorado que hacen posible la reflexión sobre experiencias hechas dentro y fuera del aula, y que permiten simular pruebas experimentales que no podrían realizarse de otro modo (en particular, en la enseñanza secundaria), por la peligrosidad que entrañan, su coste, la no disponibilidad del equipamiento adecuado, etc. En el proceso de E/A, la diversidad en el uso de recursos didácticos permite aproximarse por diferentes caminos a un concepto fisicoquímico determinado, lo cual resulta muy motivador tanto para el alumnado como para la labor docente del profesorado (Torres *et al.*, 2006).

c) Material de apoyo y el libro de texto digital

El material de apoyo de que disponen los docentes, gracias a las TIC, es amplísimo y de formato y contenidos muy diversos. Sin ir más lejos, entre los coautores de este artículo podemos encontrar desde páginas Web personales, con simulaciones generadas por el propio profesor (Ripoll, 2009), hasta bases de datos de recursos, clasificados por materias, por edad escolar, etc., con muchos materiales para la docencia de la química (<http://www.fisica-basica.net>, <http://lacurie-org>), presentaciones PowerPoint para el apoyo de las clases (<http://blog.ticat.info>), o programas que permiten generar y resolver fácilmente cuestiones iniciales o problemas de repaso a los alumnos. También hemos puesto a disposición del público hispanohablante las traducciones de algunas simulaciones desarrolladas por el profesor Rick Tarara (<http://www.fisica-basica.net>), entre las que destacamos el Simulador Mundial de Energía, por su gran actualidad y su carácter interdisciplinario, y desde una la aproximación CTSA a la E/A de las Ciencias (Membela, 2001).

En último término, las TIC permiten cuestionar prácticas docentes habituales, y abren el abanico de actividades de innovación pedagógica. En particular, facilitan la confección, adaptación, actualización permanente (en tiempo real) del libro de texto (Campanario, 2003), en un formato que no sólo es digital, sino que permite que se desarrolle colectivamente, a la vez que de una forma personalizada. Ya existen ejemplos de libros de texto totalmente digitales (Digital-text, 2009), y probablemente este tipo de recursos docentes reemplazarán el libro de texto tradicional, en un futuro no lejano. Las herramientas digitales generadas a partir del concepto de Web 2.0 tienen la ventaja adicional de que facilitan también la interacción profesor-alumno así como alumno-alumno; en definitiva, aumentan la interacción alumno-proceso de E/A. Creemos, sin embargo, que los libros de texto digitales deberían nacer a partir de las actividades y materiales didácticos desarrollados o adaptados por cada profesor, que aproveche los recursos disponibles en Internet de uso libre (licencia CC - Creative Commons o similar). El espíritu de innovación se destruirá si los libros de texto tradicionales en papel son sustituidos por libros digitales de formato cerrado (controlados por el mundo editorial), y se siguen las mismas inercias de uso acrítico y cómodo por parte de los docentes.

d) Uso didáctico de los debates en línea

Mencionaremos un estudio que evidencia cómo los estudiantes desarrollan habilidades de conceptualización, síntesis y expresión al publicar su discurso en línea, al igual que demuestra la importancia y el impacto de la interacción como parte del proceso en la construcción de aprendizajes en química. Para construir el conocimiento en una disciplina como la química es necesario involucrar prácticas que les permitan a los estudiantes desarrollar capacidades como las que realizan los expertos en la comunidad científica (Pedraza *et al.*, 2008a). Pero además de las capacidades relacionadas con la química el estudiante debe desarrollar las habilidades comunicativas, como explicar, sintetizar, argumentar y concluir, en el lenguaje propio de la comunidad científica.

Con este fin, se puede generar fácilmente un grupo de debate (en Google, Yahoo, etc.) para desarrollar actividades docentes fuera del aula de clase, en modo virtual. En una experiencia descrita en Pedraza *et al.* (2008b) se plantearon actividades virtuales a los estudiantes de química de primer curso universitario. El estudio se basa en el diseño de actividades semanales, que incluyen los debates virtuales asincrónicos y el análisis de simulaciones en línea. Se utilizan instrumentos

de evaluación (encuestas, cuestionarios, análisis de la comunicación y participación en los debates) con los que se demuestra que la aplicación de opciones TIC es satisfactoria para los estudiantes, al ofrecerles oportunidades de crecimiento personal y académico, así como a los educadores.

En particular, sobre los debates en línea podemos decir que, aunque los debates en el aula son necesarios y siempre fructíferos, la interacción asíncrona permite varios efectos positivos en el proceso de E/A. Por una parte, el alumno puede meditar sus respuestas, pues puede asesorarse en textos o en la misma Internet y fundamentar sus aportaciones; esta manera de comunicación puede ayudar a superar la discriminación de género que se produce, especialmente, en aulas de ciencias e ingeniería, donde las alumnas suelen inhibirse y no participan activamente (Davidson-Shivers, 2003). Es fundamental, sin embargo, la elección del tema y que el profesor brinde retroalimentación constante, así como motivar a la participación y evitar las contribuciones irrelevantes, y mantener así el ritmo de los debates (Gras-Martí *et al.*, 2004). Las intervenciones de los estudiantes sirven como instrumento de evaluación al plasmar y demostrar lo que van comprendiendo. Esta evaluación se debe de entender como un proceso constante que se inicia con el curso y que ayuda a impulsar el aprendizaje. Las fortalezas y debilidades observadas en la puesta en práctica del proyecto son las siguientes (Pedraza, 2009).

Fortalezas

- Mejoran el desempeño actitudinal del estudiante en la asignatura y sus resultados académicos.
- La comunicación en línea permite la interacción entre docente y estudiantes, en forma de colaboración, diálogo y discusión, que contribuyen a mejorar los aprendizajes.
- El estudiante puede pedir respuesta a sus inquietudes en el momento que lo deseé, sin requerir de la presencia del profesor.
- El estudiante participa más: cuestiona, analiza, argumenta y propone.
- Para plantear dudas el estudiante, realiza ejercicios de reflexión sobre el conocimiento.
- Tanto el docente como los estudiantes aprenden haciendo y aprovechan los errores como fuente de conocimiento.
- Los estudiantes plasman en sus aportaciones lo que van comprendiendo, permitiendo su evaluación.

Debilidades

- Muy pocos estudiantes poseen ordenador personal.
- Temor a la participación en línea.
- Poco tiempo del docente para planear y realizar el seguimiento debido a sus otras responsabilidades académicas.
- Algunos insisten en la presencialidad del docente para realizar las actividades.

Podemos concluir, pues, que las personas aprenden a interpretar y a elaborar textos de tipo científico si tienen acceso y

experiencia en medios sociales específicos para esta práctica, y se logra de este modo un aprendizaje significativo, estableciendo una relación entre el lenguaje, la disciplina y el uso de las TIC, lo que conforma una triada del conocimiento. Una triada que genera movimiento, interacción, trabajo en equipo, análisis, y en donde, sobre todo, se observa la construcción de aprendizajes (Pedraza *et al.*, 2008a).

e) Sistemas de gestión de contenidos (LCM)

Recientemente han proliferado las llamadas plataformas de teleformación, o entornos virtuales de aprendizaje (EVA) (Milachay y Gras-Martí, 2006). Se trata de entornos cerrados, a los que se accede con una contraseña, y que permiten la interacción a distancia, vía Internet, entre los participantes en el proceso de E/A (profesores, tutores, alumnos y administradores) y los materiales (hipertextos, vídeos, simulaciones, sonido, etc.). Aparte de las opciones de gestión típicas (por ejemplo, matriculación, anuncios oficiales, señas personales y expediente, etc.), las plataformas tienen las opciones de docencia habituales: anuncios, tutorías, enlaces, tests y encuestas, materiales, sesiones de trabajo, etc. Hoy en día se dispone de muchas plataformas de fácil instalación y de uso gratuito, de código libre, y traducidas a multitud de idiomas. Una de las más utilizadas es el aula digital Moodle (<http://www.moodle.com>), un producto basado en tecnología PHP-MySQL, pensado para el E-learning. La asociación tic@t (<http://www.ticat.org>) la utiliza y ha diseñado una metodología para la impartición de los cursos de formación y de actualización en usos de las TIC, tanto para alumnos como para profesores. También se ofrecen cursos de divulgación científica y cursos sobre temas interdisciplinares. Los cursos se desarrollan en formato no presencial, para evitar limitaciones relacionadas con la dificultad de horarios y con la pérdida de tiempo en desplazamientos. La tutorización es un elemento esencial en los cursos no presenciales, pues constituye uno de los elementos más importantes que afecta el grado de satisfacción de los estudiantes en un curso en línea, y se ha basado en foros de debates y en el correo electrónico tutor-alumno. Las discusiones y las tutorías en línea refuerzan la autoestima de los estudiantes, cuando éstos reciben una retroalimentación rápida y adecuada que les estimula a contribuir con sus ideas, opiniones o cuestiones.

Uno de los cursos de mayor éxito es el denominado "Mujer y Ciencia", donde se pretende conocer las biografías de científicas, y contextualizar la presencia de la mujer en la ciencia y en la técnica desde una perspectiva histórica, así como analizar casos concretos de mujeres en áreas científicas. Se llevan a cabo encuestas periódicas sobre la marcha del curso y la opinión de los alumnos (nivel de participación, temas más importantes tratados en los debates, etc.). Los trabajos de los alumnos, en forma de búsquedas en Internet, lecturas y aportaciones a los foros, demuestran que los objetivos se cumplen adecuadamente. En el cuestionario final de evaluación del curso, que incluye aspectos metodológicos, conceptuales, de tutorización y de satisfacción personal, se observa que el

aprovechamiento de los alumnos es excelente, y destacan que el curso les ha permitido adentrarse en un tema del cual no tenían conocimientos previos, como la participación de la mujer en el ámbito científico-técnico.

Por supuesto que la figura clave del curso es M. Curie. Esto permite discutir algunos aspectos de la E/A de las ciencias, y de la química en particular, así como elementos de la historia de las ciencias. Estos cursos no presenciales, por su carácter interdisciplinar tanto en su planteamiento como en su alumnado (recibe alumnos de todas las carreras universitarias, así como docentes en ejercicio), permite abundar en cuestiones CTSA, básicos en la formación del ciudadano del siglo XXI (Acevedo, 2004).

5. Conclusiones y perspectivas de futuro

En conclusión, hemos visto mediante varios ejemplos que las TIC sí que son actualmente herramientas indispensables en los procesos de E/A de la química, porque permiten desarrollar actividades que eran imposibles hasta hace pocos años. Las TIC no deben convertirse en la única herramienta para enseñar química, pero deben ser un recurso usado, y usado críticamente con el acompañamiento del docente, quien será el responsable de evaluar la confiabilidad de la información o de sugerir aquellos recursos que se ajustan al contexto y a los propósitos de formación. Los profesores diseñamos nuevos recursos y exploramos junto con los estudiantes su potencial y limitaciones como instrumento para la E/A. Se requieren, por tanto, investigaciones constantes para determinar qué procesos de aprendizaje se activan con el uso de estas herramientas.

La discusión se debe de centrar en torno a las metodologías de trabajo en el aula y con los alumnos, que representen una verdadera oportunidad para lograr el aprendizaje significativo y el desarrollo de habilidades cognitivas. No creemos que sea correcto discutir si con ayuda de las TIC se aprende más o menos que con metodologías tradicionales, o con el libro de texto como recurso casi único. Se trata de herramientas diferentes, para entornos sociales y tecnológicos de naturaleza bien diferente, y no tienen mucho sentido las comparaciones entre objetivos, metodologías, habilidades, situaciones socioeconómicas, etc., totalmente distintas. Además, la cuestión no es si hay que utilizar o no las TIC, sino cómo podemos emplearlas. El alumno tiene derecho a recibir una formación científica que haga uso de todos los recursos existentes en su entorno sociolaboral, y las TIC impregnán dicho entorno.

Hacen falta aún muchas iniciativas que popularicen el uso cotidiano de las TIC en los centros: la extensión de la conexión a Internet por todos los espacios educativos, el uso de equipos móviles y portátiles por parte del profesorado, la difusión de buenas herramientas y buenas prácticas. Por otra parte, es necesaria la formación digital del profesorado. En muchas ocasiones se imposibilita que los docentes hagan uso de las TIC porque se carece de medios para hacerlo, pues existen grandes desigualdades en las dotaciones de ordenadores, proyectores, pizarras digitales, etc., entre los centros. A

menudo, el profesorado de Química que usa las TIC son minoría en los centros docentes y se les considera una especie de "gente loca" a los que se les perdonan rarezas como llevar un blog, perder 15 minutos de clase para montar la pizarra digital o conocer las novedades tecnológicas relacionadas con la educación (Diario *El País*, 2009). Otros factores que a menudo, no son tenidos en cuenta cuando se evalúan este tipo de recursos es que muchos están en inglés, por ejemplo, y requieren de cierto conocimiento tecnológico pues no coinciden exactamente con el currículo y hay que adaptarlos o seleccionar aquello que nos será útil y que podemos emplear como complemento en nuestras actividades diarias.

Hablar de enseñanza y TIC, y en concreto de la enseñanza de la Química, es hablar de un fenómeno lleno de contrastes. Por una parte tenemos un gran grupo de profesores dispuestos a aprender y a utilizar las nuevas tecnologías en el aula pero, por otra, también tenemos un grupo de profesores que ni siquiera han aprendido a utilizar un simple procesador de textos. Además, hay una notable diferencia entre el valor que le dan las diferentes administraciones educativas a las TIC. Los docentes que usan las TIC como soporte de su trabajo sufren, a menudo, un trato discriminatorio. Esto se observa claramente en los concursos de méritos para el profesorado, ya que sus trabajos o recursos desarrollados en formato digital no tienen el reconocimiento de una publicación, puesto que carecen de ISBN. Se da la paradoja de que, en los concursos de méritos, las personas que publican libros y utilizan materiales de otras fuentes obtienen algún tipo de valoración, mientras que a quienes han generado ese contenido y lo han hecho público en sitios Web no se les reconoce su labor.

Concluimos, con Gras-Martí *et al.* (2007) que "La progresiva incorporación de las TIC a la enseñanza es un proceso generador de cambios sobre los que conviene reflexionar ... No resultará intrascendente incorporar los elementos de las TIC a nuestras clases y debemos estar vigilantes a los efectos (en sentido positivo o negativo) de estas novedades. El ingenioso potencial de las TIC nos sugiere que, bien incorporadas, mejorarán nuestras clases". Lo aconsejable es ir probando algunos de estos recursos de manera paulatina y siempre dentro de una planificación docente clara y meditada. Esta planificación debe incluir, como elemento esencial, el tiempo y los mecanismos necesarios para la evaluación de la experiencia de incorporación controlada del recurso concreto. De este modo avanzaremos en la mejora del proceso de E/A que todos ansiamos, y en la mayor calidad profesional y satisfacción por nuestro trabajo. Son dos los requerimientos para que un docente se lance en el camino de la innovación, con apoyo de las TIC:

- Disponer de aplicaciones de las TIC que le permitan hacerlo.
- Disponer de la formación adecuada que le permita abordar el uso docente de las TIC.

Para dar el paso, el docente precisa, además, estar convencido de que los esfuerzos que le supone la introducción, segui-

miento y evaluación de actividades basadas en herramientas TIC van a redundar en un mayor aprendizaje por parte de sus alumnos. Lo importante es empezar a hacer pruebas educativas con recursos TIC, a adquirir experiencia, a poder separar el grano de la paja y, sobre todo, a "publicar" o hacer públicas nuestras experiencias para que sean de utilidad y de ánimo para otros colegas (Campanario, 2003). ¡Hay que incorporarse cuanto antes a la SIC para que no aumente la brecha digital entre los docentes y sus alumnos!

Bibliografía

- Acevedo, J.A. Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16, 2004. http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen1/Numero_1_1/Educa_cient_ciudadania.pdf [Consulta: 11 de marzo de 2009].
- AEFiQ-Curie. Associació per a l'Ensenyament de la Física i la Química, Curie. 2009. <http://www.curiedigital.net> [Consulta: 1 de mayo de 2009].
- Appe. Association of Petrochemicals Producers in Europe, 2008. <http://www.petrochemistry.net/> [consulta: 14 de octubre de 2008].
- Barnard, W.R.; Lagowski, J.J. y O'Connor, R. The modern chemistry classroom, *Journal of Chemical Education*, 45(1), 63-70, 1968.
- Berrutti, S. Apoyarnos en las TIC para enseñar Química a alumnos sordos. Primera experiencia de integración de alumnos sordos en Enseñanza Media. 2008. <http://www.niee.ufrgs.br/eventos/SICA/2008/pdf/C109%20Quimica.pdf> [Consulta: 3 de agosto de 2008].
- Bitácora Bitácora de Física y Química, 2009. <http://blog.edu-castur.es/bitacorafyq/> [Consulta: 18 de marzo de 2009]
- Borges de Barros Pereira, Hernane. *Análisis experimental de los criterios de evaluación de usabilidad de aplicaciones multimedia en entornos de educación a distancia y formación a distancia*. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, 2002.
- Cabero, J. Las TIC en la enseñanza de la química: aportaciones desde la Tecnología Educativa. En: Bodalo, A. y otros (eds). *Química: vida y progreso*, Murcia, Asociación de Químicos de Murcia, 2007.
- Campanario, J.M. Metalibros: La construcción colectiva de un recurso complementario y alternativo a los libros de texto tradicionales basado en el uso de Internet, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2, 2, Artículo 5, 2003. <http://www.saum.uvigo.es/reec> [Consulta: 5 de abril de 2009].
- Davidson-Shivers, How do students participate in synchronous and asynchronous discussion: What are the differences in the student participant?, *Journal of Educational Computing Research*, 25, 351-366, 2003.
- Digital-text. 2009. <http://www.digital-text.com> [Consulta: 8 de febrero de 2009]
- Diario *El País*, 10 de noviembre 2008. http://www.elpais.com/articulo/educacion/Pasion/tecnologia/elpepusocedu/20081110elpepiedu_3/Tes [Consulta 8 de diciembre de 2008].
- Díaz, M., Jarabo, F., García, F., Marrero, M. Nuevo material didáctico para prácticas de «química técnica». Proyecto de investigación «Desarrollo de material didáctico para prácticas de Ingeniería Química», 2002. Disponible en: <http://Webpages.ull.es/users/apice/pdf/417-022.pdf> [Consulta: 21 de diciembre de 2008].
- Durban, S.A. Teaching weighing technic with the aid of a motion picture film, *Journal of Chemical Education*, 18(11), 520, 1941.
- El BB. El Blog Boyacense, 2009. <http://elblogboyacense.com/>; y <http://elblogboyacense.com/2008/04/15/actividad-quimica/>. [Consulta: 19 de enero de 2009].
- EUN European Schoolnet, 2008. <http://www.europeanschoolnet.org/> [Consulta: 21 de diciembre de 2008].
- Franco García, A. "Creación de contenidos interactivos en la enseñanza de la física", En: Membila Pedro, *Experiencias innovadoras de utilización de las NTIC en actividades prácticas en ciencias*. Vigo: Educación Editora, 2007.
- Gras-Martí, A., Cano Villalba, M., Soler Selva, V., Milachay Vicente, Y., Alonso Sánchez, M., Torres Climent, A. Recursos digitales para los docentes de ciencias. En: Membila Pedro, *Experiencias innovadoras de utilización de las NTIC en actividades prácticas en ciencias*. Vigo: Educación Editora, 2007.
- Gras-Martí, A., Cano-Villalba, M. TIC en la enseñanza de las Ciencias Experimentales, *Comunicación y pedagogía*, 190, 39-44, 2003.
- Gras-Martí, A., Cano-Villalba, M., Cano Valero, C. Cursos de TIC per al professorat: anàlisi comparatiu de les modalitats presencial, semipresencial i no presencial, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3, 1, Artículo 3, 2004. <http://www.saum.uvigo.es/reec> [Consulta: 21 de febrero de 2009].
- Gras-Martí, A.; Cano-Villalba, M., Pardo Casado, M., Celdrán Mallol, A., Santos Benito, J.; Miralles Torres, J.A., Caturla Terol, M.J. La evaluación, como ejemplo de integración de las TIC en la enseñanza, *Comunicación y pedagogía*, 190, 46-49, 2003.
- Grupo Proen. 2009. <http://www.grupoproenonline.com> [Consulta: 16 de noviembre de 2008].
- Gurrola Togasi, A.M. *Programa guía de actividades, una estrategia para el laboratorio*. Convención Nacional de Profesores de Ciencias Naturales. Puebla, 2006.
- Izquierdo, M. Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: Contextualizar y modelizar, *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 92(4/6) 115-136, 2004.
- Jarabo, F., Elórtegui, F., Escartín, N. Integración de las TIC en el desarrollo de contenidos sobre energías renovables y otras materias. En: Membila Pedro, *Experiencias innovadoras de utilización de las NTIC en actividades prácticas en ciencias*. Vigo: Educación Editora, 2007.

- Jiménez-Valverde, G., Llitjós-Viza, A. Recursos didácticos audiovisuales en la enseñanza de la química: una perspectiva histórica, *Educ. quím.*, 17(2), 158-163, 2006.
- Lebrun M. Teorías e Métodos Pedagógicos para Enseñar e Aprender. En: *Lisboa: Horizontes Pedagógicos*. Instituto Piaget, 2008.
- Membiebla, P. Una revisión del movimiento CTS en la enseñanza de las ciencias. En: Membiebla, P. (ed.), *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. Formación científica para la ciudadanía* (pp. 91-104). Madrid: Narcea, 2001.
- Milachay, Y., Gras-Martí, A. Instalación y gestión de plataformas virtuales para el desarrollo de Proyectos Escolares de Ciencia Internacionales. En: J. Mendoza Rodríguez i M.A. Fernández Domínguez (coords.), *Educación, Enerxía e Desenvolvemento Sostible*, ICE Universidad de Santiago de Compostela, Colección Informes e Propuestas N° 18, 407-424, 2006.
- Nieda, J. Los trabajos prácticos diez años más tarde, *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 48, 25-41, 2006.
- Pedraza, O.Y., Gras-Martí, A. y Cecilia Alonso, M. *CnLT-Ciencias Naturales, Lenguaje y TIC: Una triada para el aprendizaje*, Congreso Internacional de Didáctica. Venezuela, 2008a.
- Pedraza, O.Y. y Gras Martí. A. *Aproximación al uso de herramientas Web 2.0 para el aprendizaje de la Química General Universitaria*. V Congreso Internacional en Didáctica de la Ciencias Naturales y X Taller de la enseñanza de la Física. La Habana Cuba, 2008b.
- Pedraza, O.Y. *Creación de un ambiente de aprendizaje mixto constructivista, para fomentar habilidades científicas en un curso de química general*. Tesis de Maestría no publicada. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 2009.
- Pontes, A. Aplicaciones de las TIC en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos. Revista *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(1), 2-18, 2005.
- Portal Aragonés Portal para la Enseñanza de la Física y de la Química en Secundaria, 2009. <http://www.catedu.es/cienciaragon/> [Consulta: 27 de enero de 2009].
- Pro, A. Actividades de laboratorio en el aprendizaje de la física: ¿un capricho o una necesidad?, *Aula de Innovación Educativa*, 150, 7-13, 2006.
- Proyecto Newton, 2009. <http://www.isftic.mepsyd.es/paula/newton/> [Consulta 22 de febrero de 2009].
- QuímicaBlog, 2009. <http://quimicablog.zoomblog.com/> [Consulta: 18 de marzo de 2009].
- Ripoll, E., 2009. <http://www.montenegroripoll.com/> [Consulta: 1 de enero de 2009].
- Rose, D.H. y Meyer, A. *Teaching Every Student in the Digital Age: Universal Design for Learning*. ASCD, 2002.
- Sierra, J.L. *Estudio de la influencia de un entorno de simulación por ordenadores en el aprendizaje por investigación de la Física en Bachillerato*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, 2003.
- Torres, Á., Soler-Selva, V. F. i Gras-Martí, A. Avaluació de mniapplications de física (physlets) com a complement d'activitats d'aula, *Revista de Física*, 3(10), 47-52, 2006.
- UNESCO. *Decade of Education for Sustainable Development 2005-2014. Draft International Implementation Scheme*, 2004. <http://www.oei.es/decada/inicio.htm> [Consulta: 21 de diciembre de 2008].
- Vaquero M. Applets de Química, 2009. <http://www.decencias.net/proyectos/4particulares/quimica/index.htm> [Consulta 26 de enero de 2009]
- Williams, W.D. Some nineteenth century chemistry teaching aids, *The Chemical Educator*, 1(3), 1996. <http://dx.doi.org/10.1333/s00897960039a> [Consulta: 21 de diciembre de 2008].
- Xperimentaria, 2009. http://www.xperimentaria.net/ww/es/pub/xperimentaria/about/about_xperimentaria.htm [Consulta: 2 de septiembre de 2008].
- Yıldırım Z., Ozden M. y Aksu M. Comparison of hypermedia learning and traditional instruction on knowledge acquisition and retention, *The Journal of Education Research*, 94, 4, 2001.