

Utilización didáctica de programas de simulación para el aprendizaje de técnicas de laboratorio en ciencias experimentales

Alfonso Pontes Pedrajas, Pilar Martínez Jiménez y María S. Climent Bellido

Escuela Politécnica Superior. Universidad de Córdoba

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales objetivos de la enseñanza de las ciencias experimentales, tales como la química, consiste en mejorar los recursos y métodos educativos para tratar de favorecer la motivación de los alumnos y el aprendizaje comprensivo, tanto en la educación universitaria (Cross et al., 1988) como en la enseñanza de nivel elemental (Sanchez-Martín, 2000). Para ello es importante investigar las dificultades de aprendizaje, tanto de tipo conceptual como de tipo procedimental, que presentan los alumnos en esta materia (Llorens, 1991). Al mismo tiempo es necesario desarrollar propuestas metodológicas, basadas en la utilización de estrategias y recursos innovadores (Sánchez Gómez, 2000), aplicar tales propuestas en el aula o en laboratorio, evaluar su influencia en el aprendizaje y trasladar a la comunidad docente los resultados de tales innovaciones (De Jong, 1996).

En la enseñanza de la química se han realizado, desde hace décadas, numerosos trabajos de investigación acerca de las dificultades de aprendizaje de los alumnos, que se han basado especialmente en el estudio de las ideas intuitivas y concepciones alternativas de los estudiantes (Andersson, 1984; Driver, 1989; Hierrezuelo y Montero, 1990; Pozo et al., 1991), en la re-

solución de problemas (Kempa, 1986; Pomes, 1991), en el desarrollo de los trabajos prácticos de laboratorio (Payá, 1990; Barberá y Valdés, 1996) y también en la utilización de programas de simulación por ordenador para ayudar a superar tales dificultades (Moore et al., 1980; Weiner y Cerpovicz, 2000).

En nuestra opinión, la utilización de las nuevas tecnologías puede favorecer la actitud de los alumnos por el aprendizaje y ayudar a los profesores de ciencias experimentales a mejorar su actividad docente, tanto en el aula como en el laboratorio, ya que en la actualidad existen muchos programas de ordenador para la enseñanza de las ciencias en todos los niveles educativos y conviene utilizarlos adecuadamente para tratar de alcanzar tales fines. En concreto, dada la importancia del aprendizaje de procedimientos y técnicas experimentales en la enseñanza de las ciencias (Pro, 1998), consideramos conveniente utilizar programas de simulación como complemento al desarrollo de experiencias en el laboratorio de química (Carter y Gammon, 2000).

En realidad, los programas de simulación por ordenador se han utili-



Alfonso Pontes Pedrajas

zado desde hace tiempo en la educación científica y los investigadores en esta área han hecho hincapié en algunas de sus características más ventajosas: capacidad de almacenamiento y de acceso a todo tipo de información (texto, imágenes, animaciones, sonido...), capacidad de simular fenómenos naturales difíciles de observar en la realidad o de repre-

sentar modelos de sistemas microscópicos, interactividad con el usuario y la posibilidad de llevar a cabo un proceso de enseñanza individualizada entre otras ventajas (Martínez, et al. 1994).

No obstante, el problema principal de la informática educativa es que la mayoría de los profesores apenas utilizan el abundante software existente en su práctica docente, de modo que muchos de tales programas no llegan a aplicarse nunca en contextos educativos reales y no se llega a evaluar su utilidad didáctica. En este sentido, creemos que hace falta analizar y debatir la influencia de las nuevas tecnologías en la enseñanza las ciencias experimentales, con vistas a establecer una serie de objetivos y criterios prioritarios que orienten el diseño y la aplicación didáctica del software

educativo en el proceso de aprendizaje.

Teniendo en cuenta las dificultades de aprendizaje que muestran los estudiantes en diversos temas de química (Llorens, 1991; Pozo et al., 1991), pensamos que la enseñanza asistida por ordenador en esta materia debe avanzar hacia una fundamentación y una práctica educativa basadas en el modelo constructivista de cambio conceptual. Sin embargo no es fácil llevar a la práctica estas ideas porque ello requiere la intervención del profesor en equipos de investigación y desarrollo de software que traten de implementar en programas concretos tales planteamientos. Por ello defendemos una postura más pragmática que consiste en utilizar de forma práctica los programas de simulación existentes, introduciendo el desarrollo de actividades complementarias que favorezcan el aprendizaje activo y colaborativo (Pontes, 1999).

Los elementos básicos en los que se basa nuestra propuesta metodológica de utilización de software para la enseñanza de la física universitaria, que ya hemos desarrollado en trabajos anteriores (Pontes, et al., 2000), se sintetizan a continuación. En primer lugar tratamos de fomentar un aprendizaje significativo de las ciencias experimentales, basado en el diseño y utilización de materiales didácticos de todo tipo (incluido el software educativo), que favorezcan la reflexión y la participación activa de los alumnos en la construcción del conocimiento. Consideramos que se debe organizar el proceso de instrucción en torno a un conjunto de secuencias de actividades que permitan al alumno reflexionar sobre la información que recibe y poner en juego sus esquemas conceptuales, para lograr una asimilación integradora del nuevo conocimiento. Por último, creemos que se pueden utilizar de forma efectiva muchos de los programas de ordenador existentes si los profesores diseñan actividades que orienten el trabajo de los alumnos durante la interacción con el programa, siempre que tales tareas impliquen una activi-

dad reflexiva durante el aprendizaje.

En este contexto creemos que la comunidad educativa debería plantearse al menos una cuestión esencial en relación con el uso de los ordenadores en la educación científica. ¿Responde el uso actual del software educativo a la búsqueda de soluciones para los problemas planteados en el campo de la didáctica de las ciencias? En este trabajo vamos a presentar el diseño y desarrollo de una experiencia piloto en la que hemos tratado de ofrecer respuesta a esta cuestión, utilizando un programa de simulación por ordenador sobre algunas técnicas básicas y experimentos de laboratorio de química, junto con una propuesta metodológica de utilización del mismo que expondremos a continuación.

CARACTERÍSTICAS DEL PROGRAMA DE SIMULACIÓN

En la Escuela Politécnica Superior de Córdoba, desde hace algunos años, venimos trabajando en el desarrollo de programas de simulación

para la enseñanza de la Física y de la Química (Martínez et al., 1997; Climent et al., 2000). Estos programas son utilizados en la formación científica de estudiantes de primer ciclo de ingeniería, como instrumentos complementarios al desarrollo de nuestras clases prácticas y tras su aplicación en la enseñanza, estamos tratando de evaluar su influencia en el aprendizaje (Pontes et al., 2000).

Todas estas aplicaciones presentan unas características similares, aunque traten sobre diferentes contenidos, ya que responden a una misma filosofía educativa de elaboración de software y disponen generalmente de tres módulos básicos denominados respectivamente: Tutorial, Laboratorio virtual y Autoevaluación. Tales módulos son independientes pero están interconectados entre sí, de forma que el usuario puede saltar con libertad de una parte a otra para consultar una duda en el tutorial, realizar una experiencia simulada o probar a evaluar sus conocimientos sobre el tema. En el caso que nos ocupa en este trabajo nos vamos a referir a un programa

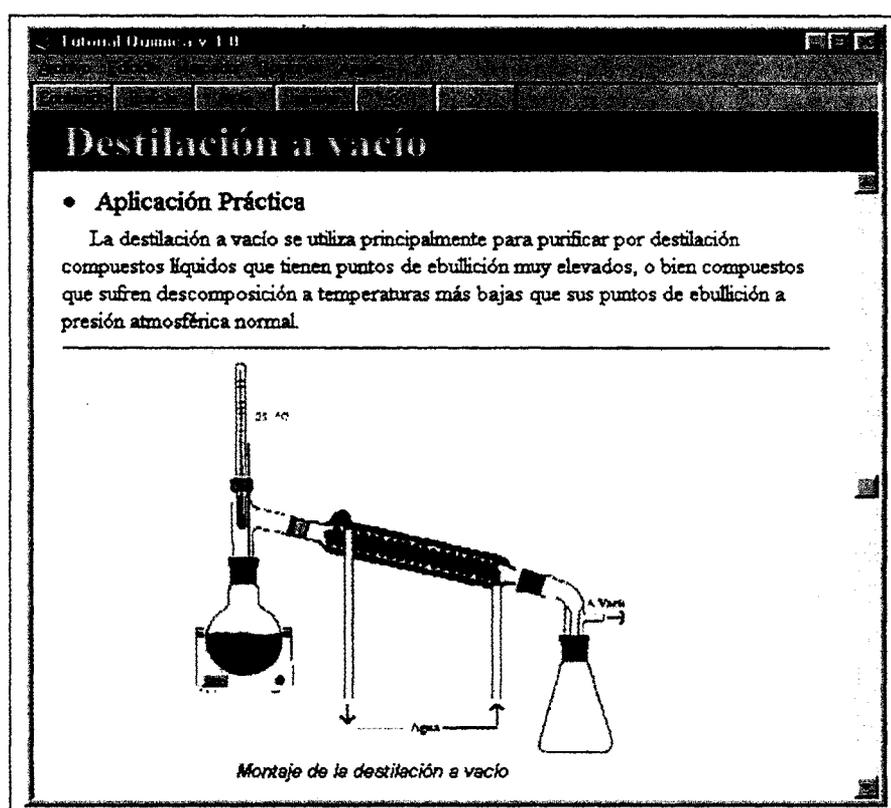


Figura 1. Ejemplo de información mostrada en la sección de Operaciones Básicas del Tutorial.

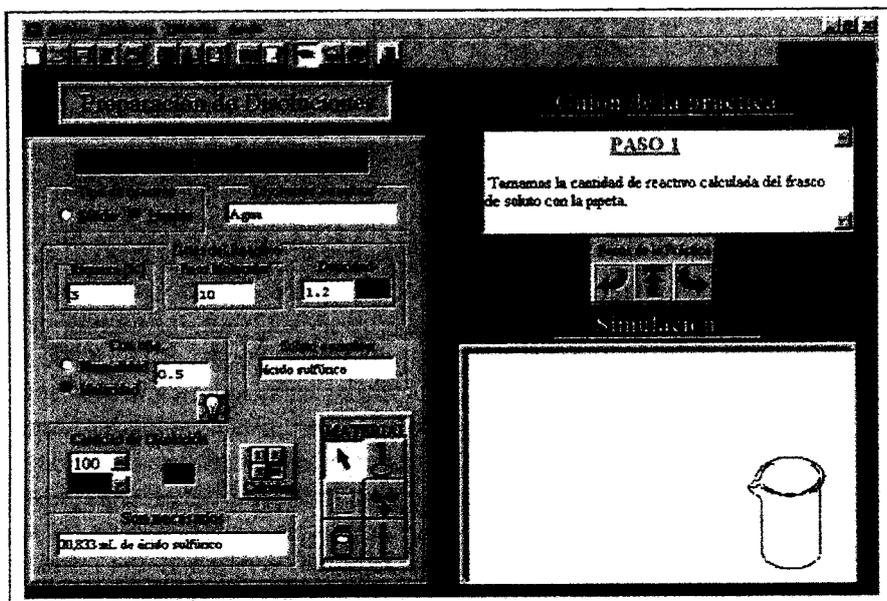


Figura 2. Ejemplo de simulación de una operación básica en el laboratorio virtual.

de simulación denominado Laboratorio Virtual de Química (LVQ), orientado a familiarizar a los estudiantes con el desarrollo de algunas técnicas experimentales básicas de Química (preparación de disoluciones, filtración, destilación, decantación...) y la aplicación de tales procesos al estudio simulado de la extracción de la cafeína del té.

No pretendemos describir aquí de forma completa este software, debido a que su estructura se ha expuesto ampliamente en un trabajo anterior (Climent et al., 2000) y a las limitaciones de espacio propias de un artículo breve, que va a centrarse fundamentalmente en el análisis de sus aplicaciones educativas. Sin embargo, vamos a comentar brevemente los aspectos básicos de las citadas partes, para que el lector pueda hacerse una idea más clara de las características del programa.

En el módulo **Tutorial**, al que se puede acceder desde el menú principal y desde cualquier punto del pro-

grama, se exponen en forma de hipertexto una serie de explicaciones relacionadas con los siguientes aspectos: 1º) *Introducción y Normas Generales*, donde se exponen los objetivos del programa, algunas orientaciones didácticas y diversas normas de trabajo al realizar experimentos; 2º) *Material*, donde se describen las cualidades e inconvenientes de los diversos materiales empleados en laboratorio de química (vidrio, metal, porcelana...) y las aplicaciones de tales materiales en la construcción de instrumentos específicos como matraces, termómetros, soportes, rejillas, etc; 3º) *Operaciones básicas*, donde se exponen las explicaciones necesarias para aprender a realizar diversos procesos experimentales tales como preparación de disoluciones con diferentes formas de expresar su concentración, destilación de mezclas (simple, fraccionada y al vacío), filtración de disoluciones y mezclas (ordinaria y al vacío) y *extracción* de uno de los componentes de una mezcla mediante di-

versos procesos entre los que destacan la extracción sólido-líquido (a temperatura ambiente, a reflujo y de forma continua) y la extracción líquido-líquido; 4º) *Prácticas*, donde se describe el proceso experimental para obtener la extracción de la cafeína a partir de hojas de té, que requiere una serie de etapas intermedias o procesos descritos en la sección de operaciones básicas. En la figura 1 se muestra un ejemplo del tipo de información que recibe el usuario cuando consulta, en la sección de operaciones básicas, el proceso de "destilación al vacío".

El módulo de **simulación** o laboratorio virtual es, desde el punto de vista educativo, la parte más interesante del programa, ya que permite a los estudiantes realizar experiencias simuladas siguiendo un programa-guía de actividades y obtener un resultados similares a los que se obtienen en un laboratorio real. A modo de ejemplo, en la figura 2 se muestra la pantalla correspondiente a uno de los primeros pasos de la práctica denominada "preparación de disoluciones". En dicha figura puede observarse que el laboratorio virtual consiste en una pantalla de trabajo donde se puede acceder a tres áreas de interacción, que permiten al usuario recibir información, ejecutar procedimientos experimentales paso a paso y observar el desarrollo de cada experiencia.

La primera de las áreas del laboratorio virtual consiste en una librería de materiales e instrumentos que se utilizan para simular cada experiencia. Esta sección podría considerarse como un diccionario de los materiales más usados en el laboratorio de química básica. También se puede acceder, en segundo lugar, a una sección de operaciones básicas de laboratorio donde se pueden visualizar los pro-

Existe un área de trabajo donde se procede a la simulación gradual y completa de una experiencia de laboratorio compleja como es la obtención de cafeína a partir de hojas té.

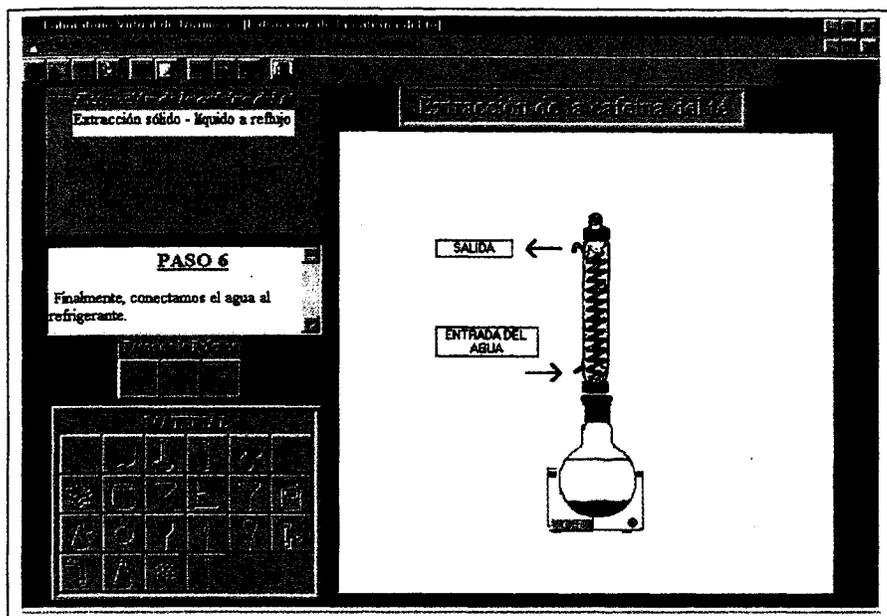


Figura 3. Simulación de la experiencia de extracción de la cafeína del té

cesos siguientes: preparación de disoluciones (de diferentes medidas de concentración), destilación (simple, fraccionada y al vacío), filtración (ordinaria y al vacío) y extracción (sólido-líquido y líquido-líquido en sus diferentes versiones). Esta pantalla dispone de varios iconos para simbolizar los materiales necesitados en cada operación básica, los cuales pueden ser arrastrados hasta la pantalla de trabajo, donde las imágenes de tales objetos adquieren las dimensiones deseadas. Antes de realizar una experiencia simulada el usuario debe establecer las condiciones iniciales de trabajo (tipo de producto, pureza del mismo...). Tras realizar cada operación se visualiza el proceso experimental y los resultados numéricos obtenidos (proporciones, concentraciones...). Este módulo dispone también de varias herramientas complementarias como el menú de gestión de archivos (abrir, guardar...), la calculadora o el bloc de notas.

Finalmente, existe un área de trabajo donde se procede a la simulación gradual y completa de una experiencia de laboratorio compleja como es la obtención de cafeína a partir de hojas té, como se muestra en la Figura 3. En esta experiencia es donde se usará todo el conocimiento

procedimental adquirido anteriormente y donde pueden visualizarse los resultados numéricos que se obtienen en cada etapa de la experimentación. Para realizar los diversos pasos de cada práctica el estudiante debe seleccionar los materiales y los reactivos necesarios, llevándolos hasta la ventana de simulación, habiendo introducido previamente los datos necesarios para realizar adecuadamente la experiencia simulada.

En el módulo de **Autoevaluación** se puede realizar un test de cuestiones de opción múltiple, que permiten evaluar el conocimiento previo de los estudiantes sobre los contenidos del programa y también permiten evaluar el aprendizaje desarrollado tras una sesión de trabajo con el laboratorio virtual. Tales cuestiones se seleccionan, de forma aleatoria, a partir de una base de datos de cuestiones diseñadas por el profesor. Tras realizar el test el alumno recibe una información sobre el rendimiento obtenido.

Además de los tres módulos citados anteriormente, relacionados con el trabajo de los alumnos, el programa incluye una sección denominada Gestor de tests, a la que sólo tienen acceso los profesores por medio de una contraseña de identificación. En esta sección cada profesor puede di-

señar nuevas cuestiones de evaluación o modificar el enunciado o estructura de las cuestiones existentes en la base de datos del módulo de Autoevaluación.

UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA UTILIZACIÓN DEL SOFTWARE

El programa descrito anteriormente es sencillo de utilizar, pues contiene un módulo de ayuda que proporciona suficiente información al usuario para poder manejarlo adecuadamente, como se puede observar en el ejemplo mostrado en la Figura 1. Sin embargo, cómo han puesto de manifiesto diversos trabajos teóricos y empíricos, en la utilización educativa de programas de simulación, no sólo importa la calidad del software, sino que influye especialmente el tipo de tareas que realizan los alumnos con tales programas (Moore et al., 1980; Rieber, 1989; Najjar, 1997). Por ello, tratando de trasladar la filosofía educativa del modelo de construcción activa de conocimientos científicos (Gil et al., 1991) al terreno de la informática educativa y con objeto de mejorar la eficacia educativa del laboratorio virtual de química, hemos diseñado un programa-guía de actividades, que sirve para orientar el trabajo de los alumnos en su interacción con el ordenador, tratando de favorecer un proceso de aprendizaje activo y reflexivo (Pontes, 1999). El programa-guía se ha estructurado en diversas secuencias de aprendizaje que se comentan a continuación y se puede presentar como un documento adicional, incluido en el bloc de notas de la aplicación, o bien como un documento escrito aparte.

La primera secuencia (S1) del programa-guía sirve de introducción al uso del laboratorio virtual, proponiendo en primer lugar al alumno que acceda al módulo de evaluación inicial y responda a la batería de cuestiones que presenta el programa. Después se recomienda visualizar los

resultados de la evaluación inicial y tomar nota del diagnóstico realizado por el programa para tratar de superar las deficiencias de conocimientos previos sobre el tema. En la segunda secuencia (S2), se sugiere realizar un repaso general del módulo tutorial del programa LVQ y recoger información para responder a diversas cuestiones planteadas. El objetivo didáctico de esta secuencia consiste en tratar de familiarizar a los alumnos con el tutorial del programa, con el fin de que conozcan la información sobre conceptos y procedimientos experimentales que incluye este módulo y adquieran, a través de la lectura reflexiva y la discusión de las cuestiones formuladas, una comprensión adecuada de tales contenidos teóricos y prácticos.

A continuación se presentan una serie sucesiva de secuencias de actividades, que tienen el objetivo global de utilizar el laboratorio virtual para familiarizarse, mediante procesos de simulación, con algunas de las técnicas experimentales básicas que se utilizan en el desarrollo de trabajos prácticos de química. En concreto se han diseñado cuatro secuencias de tareas (S3, S4, S5 y S6) relacionadas con el aprendizaje de las siguientes operaciones: 1) preparación de disoluciones, 2) métodos de destilación, 3) procesos de filtración y 4) técnicas de extracción. En tales actividades no se trata sólo de orientar a los alumnos

a realizar la simulación de los citados procesos, porque el programa incluye suficiente información al respecto (como puede observarse en la figura 2), sino que se trata de favorecer un aprendizaje reflexivo fomentando la discusión de cuestiones sobre la naturaleza de tales procedimientos experimentales, que son necesarios para una buena formación práctica en esta materia.

Tras la familiarización con las operaciones básicas de laboratorio se pasa a realizar una secuencia de actividades (S7), centrada en analizar la simulación de una práctica compleja, como la extracción de la cafeína del té, que requiere el desarrollo de una serie sucesiva de etapas. En la primera versión del LVQ (Climent et al., 2000) sólo se ha implementado la simulación de dicha experiencia de una forma bastante didáctica y completa, aunque en posteriores versiones del programa se irán implementando otras experiencias diferentes. En esta propuesta metodológica de utilización del software que estamos formulando, se concede gran importancia a la discusión por parte de los alumnos de las cuestiones planteadas en cada secuencia de actividades (ver ejemplo en el cuadro 1), al mismo tiempo que realizan los diferentes procesos que integran el desarrollo de la experiencia. Las respuestas a tales cuestiones deben recogerse en el cuaderno de trabajo del alumno y de-

ben servir para elaborar el informe final de la experiencia.

Tras realizar varias veces la experiencia simulada, modificando en cada caso las variables cuantitativas iniciales y analizar los resultados obtenidos en cada caso, en la séptima secuencia (cuadro 1) se debe volver de nuevo al módulo de evaluación final del LVQ y responder, en la última secuencia del programa-guía (S8), a las nuevas cuestiones que presenta el programa para evaluar el aprendizaje realizado durante la sesión de trabajo. En dicha secuencia se aconseja finalmente al alumno que reflexione sobre los resultados obtenidos en la evaluación final y que formule en el informe de trabajo sus conclusiones personales sobre la utilidad educativa del software.

COMENTARIOS FINALES SOBRE EL DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

Nuestra línea de trabajo consiste en el desarrollo de programas tutoriales y simulaciones interactivas que contribuyan a mejorar el proceso de aprendizaje de los alumnos de Ingeniería en el dominio de las ciencias experimentales como la física y la química. Al desarrollar tales herramientas informáticas pretendemos alcanzar unos objetivos educativos de tipo general que son los siguientes:

- Posibilitar a los alumnos el acceso interactivo a la información sobre diversas experiencias de física y química.
- Mejorar el conocimiento y manejo de instrumentos de laboratorio en tales materias.
- Fomentar el análisis crítico de resultados experimentales en los trabajos prácticos.
- Favorecer la adquisición de destrezas científicas.

No obstante, además de desarrollar software didáctico sobre tales materias, estamos de acuerdo en que es necesario aplicar los programas elaborados en contextos educativos rea-

CUADRO 1. Modelo de secuencia del programa-guía de actividades.

S7. Acceder al módulo de simulación del programa LVQ y realizar de forma virtual la experiencia simulada sobre la extracción de la cafeína del té, siguiendo los pasos propuestos por el programa y respondiendo a las siguientes cuestiones:

- A7.1. ¿Por qué es necesario mezclar hojas de té con agua y hervir esta mezcla?
- A7.2. ¿Qué instrumentos de laboratorio son necesarios para realizar el proceso de mezcla y calentamiento de la misma? ¿Qué variables se están controlando durante dicho proceso?
- A7.3. Tras el calentamiento de la mezcla inicial se obtiene una disolución que contiene ácidos tánicos y cafeína. ¿Qué nuevas sustancias químicas hay que usar y qué proceso hay que seguir para lograr precipitar los ácidos tánicos de dicha disolución?
- A7.4. ¿Por qué es necesario filtrar y evaporar la disolución anterior? ¿Qué instrumentos se utilizan en dichos procesos?
- A7.5. ¿Qué sustancias se utilizan en las fases posteriores como extractor y desecante? ¿Qué procedimientos e instrumentos se utilizan durante la extracción y desecación?
- A7.6. ¿Qué es lo que hay que hacer antes de realizar la destilación final para obtener la cafeína pura? ¿Dónde se recoge dicha sustancia y en qué estado físico se presenta?

les y evaluar su influencia en la adquisición de conocimientos científicos, mediante procesos de investigación educativa (Najjar, 1997). Por tanto, al desarrollar esta primera versión del LVQ nos hemos planteado una meta adicional que consiste en estudiar la utilidad didáctica de esta herramienta para alcanzar los citados fines educativos.

Por tal motivo hemos iniciado el desarrollo de una investigación educativa donde nos planteamos una serie de metas más específicas, relacionadas con el aprendizaje de los conceptos y procedimientos que utilizan los alumnos al realizar trabajos prácticos de química con ayuda de este programa de simulación. Los objetivos específicos que nos planteamos alcanzar en la citada investigación consisten en ayudar a los alumnos a:

- *Conocer las características de los principales instrumentos de laboratorio de química y adquirir destreza en el manejo de los mismos al desarrollar trabajos prácticos;*
- *Dominar algunas técnicas experimentales básicas del laboratorio de química tales como la preparación de disoluciones, destilación, precipitación, extracción, etc.;*
- *Desarrollar capacidades intelectuales que permitan realizar experiencias complejas, como la extracción de cafeína del té, mediante procesos de descubrimiento orientado.*

Para tratar de evaluar en qué medida la metodología propuesta para la utilización del LVQ ayuda a alcanzar tales objetivos, hemos iniciado el desarrollo de un estudio comparativo entre los resultados obtenidos por varios grupos de alumnos de primer curso de ingeniería de nuestro centro, en varias fases. En un estudio piloto, es decir en la primera etapa de la investigación se han recogido datos de un grupo de alumnos de control, que han realizado el programa de prácticas de laboratorio de la asignatura de química tras recibir información teórica en el aula sobre los fenómenos

que se iban a estudiar en el laboratorio. Una de estas prácticas ha sido la experiencia de extracción de la cafeína del té. Después se se han recogido datos de un grupo experimental de alumnos que han desarrollado los mismos contenidos teórico-prácticos utilizando el laboratorio virtual de química, como herramienta complementaria previa al desarrollo de la citada experiencia en el laboratorio real.

El análisis del grado de cumplimiento de los objetivos de aprendizaje sobre técnicas básicas del laboratorio de química, en el grupo de control, se ha realizado utilizando diversos instrumentos de evaluación. Estos alumnos, al finalizar la experiencia han presentado un informe escrito en el que exponen y analizan los resultados obtenidos, extraen conclusiones y responden a diversas cuestiones relacionadas con la interpretación de los procesos estudiados en el laboratorio. Posteriormente estos alumnos han realizado una prueba de evaluación, basada en un cuestionario escrito, donde se plantean diversas preguntas relacionadas con el aprendizaje de los conceptos y procedimientos citados anteriormente.

Tras desarrollar el laboratorio virtual de química descrito anteriormente hemos repetido la experiencia anterior, usando de forma complementaria dicha herramienta, con los alumnos del grupo experimental. Los contenidos educativos sobre conceptos y procedimientos de esta experimentación son los mismos que se han desarrollado en el grupo de control y que se han expuesto antes. Estos alumnos han trabajado en pequeños grupos durante varias sesiones, primero con el laboratorio virtual y después han pasado al laboratorio real, siguiendo un proceso similar a otras experiencias educativas de utilización de software de simulación en química (Moore et al., 1980). El tiempo dedicado al desarrollo de la experimentación ha sido similar en ambas etapas, ya que los alumnos del grupo experimental han sustituido la instrucción teórica por la primera sesión de tra-

bajo con el programa de ordenador, en la que han podido estudiar la información disponible en el módulo tutorial.

Después de trabajar con el software citado, desarrollando las diversas secuencias de actividades del programa-guía, tales alumnos han realizado los mismos trabajos prácticos de laboratorio que los del grupo de control, con la ventaja de que ya estaban familiarizados con los procedimientos necesarios para realizar tales trabajos. Finalmente estos alumnos también han elaborado un informe escrito del trabajo realizado en el laboratorio similar a los anteriores y han realizado la misma prueba de evaluación que los grupos de control.

Con los datos de la evaluación, correspondientes a los informes de prácticas y de la prueba posterior, hemos comenzado a realizar un análisis comparativo sobre el grado de consecución de los objetivos de aprendizaje que han alcanzado los alumnos del grupo de control y del grupo experimental en esta primera fase de la experimentación educativa. No disponemos todavía de datos concluyentes debido a que las muestras de sujetos de ambos grupos no eran muy numerosas. No obstante, podemos avanzar una síntesis de los resultados obtenidos en esta experiencia piloto, destacando algunos de los aspectos que nos parecen más relevantes como son los siguientes:

- Los estudiantes del grupo experimental que han utilizado el programa de simulación de experiencias de química junto con el programa-guía de actividades, además de las experiencias de laboratorio, han alcanzado mejores resultados en la evaluación final que los estudiantes del grupo de control, que sólo han realizado las prácticas de laboratorio.
- El uso del programa de simulación, como recurso complementario al desarrollo de las prácticas de laboratorio real, ha servido de ayuda efectiva a los estudiantes del grupo experimental a comprender mejor

las técnicas y conceptos básicos que se utilizan en las experiencias de química, contribuyendo especialmente a mejorar el rendimiento de los alumnos que presentan mayores deficiencias de aprendizaje.

- Tales hechos resultan coherentes o convergentes con los resultados obtenidos en otras investigaciones anteriores, donde se ha puesto de manifiesto que el uso de software educativo y el desarrollo de actividades adecuadas ayuda a mejorar el rendimiento de los estudiantes

en el desarrollo de trabajos prácticos, en ciencias experimentales como la química (Moore et al, 1980) y la física (Rieber, 1989).

Por tales motivos, y con objeto de poder avanzar en esta área de trabajo, pretendemos seguir estudiando en el futuro la influencia educativa de los laboratorios virtuales como herramientas complementarias al estudio experimental de fenómenos físicos y químicos. Para poder profundizar en esta línea de investigación y obtener

resultados más consistentes consideramos necesario mejorar el diseño experimental (ampliar el número de sujetos de ambos grupos, validar las pruebas de evaluación...) e investigar el papel específico que desempeñan en el aprendizaje las actividades realizadas por los alumnos al utilizar programas de simulación, diferenciando entre tareas de tipo mecánico o superficiales y tareas que favorecen la reflexión activa y la reestructuración de conocimientos (Najjar, 1997).



REFERENCIAS

- ANDERSSON, B. (1984). *The pupil's perspective: Chemical reactions*. Göteborg, University Press.
- BARBERÁ, O. Y VALDÉS, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: Una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 365-379.
- CARTER, A. & GAMMON, S.G. (2000). *Life before and after Computers in the General Chemistry Laboratory*. *Journal of Chemical Education*, 77 (8), 1081-1085.
- CLIMENT, M.S., MARTÍNEZ, M.P. Y POLO, J. (2000). *Laboratorio Virtual de Química*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.
- CROS, D., CHASTRETTE, M. Y FAYOL, M. (1988). Conceptions of second year university students of some fundamental notions in chemistry. *International Journal of Science Education*, 10(3), 331-336.
- DE JONG, O. (1996). La investigación activa como herramienta para mejorar la enseñanza de la química. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), pp.279-288.
- DRIVER, R. (1989). Más allá de las apariencias: la conservación de la materia en las transformaciones físicas y químicas. En R. Driver, E.Guesne y A. Tiberghien (eds): *Ideas científicas en la Infancia y la adolescencia*, Madrid: Morata.
- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. (1990). *La ciencia de los alumnos*. Velez-Málaga. Elzevir.
- KEMPA, R.F. (1986). Resolución de problemas de Química y estructura cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), pp.99-110.
- LORENS, J.A. (1991). *Comenzando a aprender química. De las ideas alternativas a las actividades de aprendizaje*. Madrid: Visor.
- MARTÍN-SÁNCHEZ M.T. y MARTÍN-SÁNCHEZ M. (2000). Algunas reflexiones sobre la enseñanza de la Química a nivel elemental. *Anales de la R.S.E. de Química*, 96(4), 40-44
- MARTÍNEZ-JIMÉNEZ, M.P. & COLS. (1997). Interactive physics simulations appeal to first-years students. *Computers in Physics*, 11, 31-36.
- MOORE, C., SMITH, S. & AVNER R. A. (1980): Facilitation of Laboratory Performance Through CAI. *Journal of Chemical Education*, 57 (3), 196-198.
- NAJJAR, L. A (1997): Framework for Learning from Media: The Effects of Materials, Tasks, and Tests on Performance. *Technical Report GIT-GVU-97-21*. <http://www.cc.gatech.edu/gvu/reports>.
- PAYÁ, J. (1990). Los trabajos prácticos en de Física y Química: Una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(2), 211-219.
- POMES, J. (1991). La metodología de la resolución de problemas y el desarrollo cognitivo. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), pp.78-82.
- PONTES, A. (1999): Utilización del ordenador en la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 19, pp.53-64.
- PONTES, A., MARTÍNEZ, M.P. y BENAVIDES, J.I. (2000). Diseño de actividades para mejorar la utilidad didáctica de los programas de simulación. *II Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitaria*. Universidad de la Habana.
- POZO, J.I., GOMEZ, M.A., LIMON, M. y SANZ, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: CIDE.
- PRO BUENO, A. (1998). ¿Se pueden enseñar los contenidos procedimentales en la clase de ciencias?. *Enseñanza de las ciencias*, 16(1), pp.21-42.
- RIEBER, L. P. (1989). The effects of computer animated elaboration strategies and practice on factual and application learning in an elementary science lesson. *Journal of Educational Computing Research*, 5, 431-444.
- SÁNCHEZ GÓMEZ, P.J. (2000). Una propuesta innovadora para una práctica tradicional: la elaboración de jabón como un problema abierto. *Anales de la R.S.E. de Química*, 96(1), 34-41
- WEINER, S W. & CERPOVICZ, P.F. (2000). Using computer assisted learning to teach molecular reaction dynamics. *Journal of Chemical Education*, 77(3), 401-406.