
Laboratorio químico virtual de fenómenos medioambientales SIMA

Virtual chemical laboratory of environmental phenomena SIMA

PAVEL CLAVELO ROBINSON; DIANA MONDEJA GONZÁLEZ

Departamento de Fundamentos Químicos y Biológicos. Facultad de Ingeniería Química. Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, pavel@quimica.cujae.edu.cu diana@quimica.cujae.edu.cu
Calle 127 s/n, Marianao, Ciudad de La Habana, Cuba. CP 19390

Resumen

En este trabajo se presenta el Laboratorio químico virtual SIMA, una aplicación educativa multimedia desarrollada para ilustrar algunos procesos químicos que dañan el medio ambiente y ayudan a estudiantes de carreras de Ingeniería en la comprensión de estos fenómenos. La aplicación se realizó en el Sistema Autor ToolBook II Instructor v. 6.5. Las prácticas ejecutadas en el laboratorio virtual se dedican a la contaminación atmosférica, incorporándose fenómenos y problemas que resultan interesantes y curiosos para los alumnos. En la evaluación desarrollada se pudo constatar, entre otros aspectos, que la aplicación del software en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la química contribuyó a la motivación de los estudiantes por el estudio de esta ciencia y fomentó también su respeto por los valores ecológicos.

Palabras clave: contaminación atmosférica, laboratorio virtual, experimentos químicos, lluvia ácida

Abstract

In this paper, the virtual chemical Laboratory SIMA is presented. It is a multimedia educational application developed to illustrate some chemical processes that damage the environment and to help students of Engineering majors to understand these phenomena. The application was carried out in the Author System Tool Book II Instructor v. 6.5. The experiments developed in the virtual laboratory were related with air pollution. They

incorporated problems that were interesting for the students. In the evaluation carried out, we could verify that the application of the software in the Chemistry learning and teaching process contributed to the motivation of the students for the study of this science and it also encouraged their respect for ecological values.

Key words: air pollution, virtual laboratory, chemical experiments, acid rain

INTRODUCCIÓN

Dentro de los posibles empleos de las computadoras se encuentra la práctica docente y, más específicamente, el proceso de enseñanza y aprendizaje, donde proporcionar a cada alumno uno de estos apasionantes medios para la resolución de problemas y la enseñanza individualizada, ayuda a una mejor formación académica y profesional. Esto también implica la necesidad de perfeccionar los métodos educativos para mejorar la amplitud, la profundidad y la calidad de la enseñanza (CLAVELO, 2000).

Las posibilidades interactivas, la integración de sonido e imagen, la hipernavegación y la simulación de la inteligencia humana, hacen de la computadora un poderoso medio para ser utilizado eficientemente en la representación de fenómenos químicos lo que abre un amplio camino a recorrer en la enseñanza de la química (GÓMEZ, 1998).

En muchos países, las necesidades de la vida moderna hacen cambiar a los educadores y profesores en sus viejos paradigmas de la educación, modernizar y renovar los programas de estudio de las diferentes asignaturas, incluyendo la química. Un currículo moderno de química debe “contener el material correspondiente sobre la influencia de la química en la vida de la sociedad, especialmente en la industria, el medio ambiente y la vida cotidiana” (ORLIK, 2002). Los programas de química, por tanto, pudieran tratar la influencia de sustancias y procesos químicos en el medio ambiente (TORRES, 1996), o lo que es igual, incorporar la dimensión ambiental en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la química.

La química como ciencia, tiene una directa relación con el medio ambiente, lo que se manifiesta de diferentes maneras y en distintos grados y alcance. Su papel en la determinación de variables ambientales e indicadores en diferentes matrices naturales (aguas, suelos, tejidos vivos, entre otros); en la evaluación de la toxicidad e influencia negativa en la salud; en el control de la calidad del medio ambiente, en general, y en otras muchas esferas, está ampliamente reconocida en el mundo de hoy (MONDEJA, 1998).

Las aplicaciones informáticas en la enseñanza de la química cobran cada día más importancia, ya que permiten la integración de la información química, así como la simulación de experimentos costosos y peligrosos. Existe una amplia variedad de software que, con uno u otro enfoque y clasificados de una u otra forma, abordan el tema de la enseñanza de la química, teniendo en cuenta algunos contenidos: como la tabla periódica, el enlace químico, el equilibrio químico, la electroquímica, entre otros (GÓMEZ, 1997; IRGUM, 1999; MARTÍN, 1997; JACOBSEN, 1997). También se han desarrollado numerosos programas de simulación aplicados a la química, entre ellos se puede mencionar al ChemLab, programa que consta de una interfaz amigable similar a un laboratorio químico real y, en su ejecución, el profesor y el estudiante pueden seleccionar la práctica de su interés y simular la obtención de un determinado producto (Model Science, 2000). Sin embargo, son pocos los software que muestran, empleando de manera apropiada las ventajas que aporta la multimedia, los importantes vínculos que existen entre la química y el medio ambiente.

Todos los sistemas escolares reconocen la necesidad de disponer de laboratorios para el estudio de la química. Con el fin que los estudiantes puedan realizar prácticas que impliquen la utilización de aparatos costosos de los que no se dispone en un laboratorio de alumnos, se puede recurrir a la introducción de algunas prácticas simuladas por ordenador (TRAMMELL, 1993; MARTÍN, 1996; YARON, 2002). Ello permite al estudiante conocer la técnica correspondiente y habituarse a la obtención de resultados con aparatos que más adelante se encontrará en su práctica profesional (ARRIZABALAGA, *et al.*, 1994).

La simulación por ordenador se ha revelado de gran ayuda en la experimentación de laboratorio en muy diversos aspectos de la enseñanza de la química. De esta forma experimentos que no podrían ser realizados por los estudiantes (debido a limitación de tiempo, reactivos costosos, instrumentación cara o alto grado de dificultad de manipulación), se pueden programar de forma interactiva para su realización simulada en un ordenador (ANDRÉS, *et al.*, 1994). Los programas de simulaciones son efectivos cuando se necesita mostrar detalles de experimentos complejos, métodos de investigación instrumental y otros pero, por supuesto, no pueden sustituir completamente las actividades reales de experimentación, ya que no permiten por sí solos que los alumnos que cursan la química lleguen a adquirir las habilidades necesarias para un desempeño profesional satisfactorio. La sustitución de la práctica de laboratorio real por un software de laboratorio químico virtual, sólo debe realizarse en aquellas prácticas en que sean mínimas las actividades manipulativas que debe ejecutar y aprender el alumno, especialmente en las que la observación y la medición sean los métodos fundamentales de trabajo. (Ministerio de Educación Superior, 2001).

Algunos procesos químicos que ocurren en la naturaleza y otros desarrollados por el hombre causan problemas en el medio ambiente, al provocar, por ejemplo, la lluvia ácida, el efecto invernadero, la disminución de la capa de ozono, el *smog* fotoquímico, la inversión térmica. Una de las principales ventajas que tendría la utilización de la simulación por computadora en el estudio de los fenómenos ambientales consistiría en presentar el “mundo real” al estudiante en el interior del aula mejorando al mismo tiempo su comprensión del fenómeno ambiental de interés, teniendo en cuenta que la simulación es esencialmente un proceso que enseña a experimentar y a comprender situaciones cambiantes (TAYLOR, 1993). La tecnología permite, mediante demostraciones y simulaciones digitales, realizar actividades de laboratorio vinculadas con problemas ambientales, tales como los anteriormente mencionados, sin los riesgos y los costos asociados a los experimentos reales. Con las Nuevas Tecnologías de Infor-

mación y Comunicación se pueden lograr representaciones ejecutables que permitan al alumno modificar condiciones, controlar variables y manipular el fenómeno ambiental cuyo estudio se acometa. En consecuencia el problema científico de esta investigación expresa: ¿Cómo ayudar a los estudiantes de primer año de las carreras de Ingeniería en el Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” que cursan la química general a comprender mejor algunos procesos químicos que dañan el medio ambiente, haciendo uso de las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación?

La introducción de Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación tiene un gran potencial para transformar aspectos importantes de la educación siempre que el software educativo que se utilice tenga buena calidad. En la evaluación de la calidad del software debe dársele mayor peso al contenido tratado y a sus potencialidades pedagógicas, que a sus aspectos informáticos o técnicos. En caso contrario pudieran existir programas que desde el punto de vista informático posean muy buena calidad, pero que por sus características pedagógicas conduzcan a un aprendizaje totalmente reproductivo.

Como hipótesis se plantea que la incorporación de programas apropiados para el estudio de procesos químicos que afectan el medio ambiente contribuirá a que los estudiantes de química general comprendan mejor los fenómenos estudiados siempre que el programa, como objeto pedagógico, posibilite que el profesor y el estudiante incorporen los contenidos desarrollados a su proceso de enseñanza y de aprendizaje.

Así el objetivo general de la investigación es elaborar programas educativos adecuados para ilustrar algunos procesos químicos que dañan el medio ambiente y que ayuden a la comprensión de estos fenómenos a los estudiantes de primer año de las carreras de Ingeniería del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la química general.

METODOLOGÍA

El trabajo realizado contempló tres etapas: I) Selección de las prácticas a desarrollar en el laboratorio químico virtual SIMA, II) Elaboración de los programas informáticos para las prácticas escogidas y III) Valoración de la calidad del software educativo elaborado.

I) Las prácticas de laboratorio de química general que realizan los estudiantes de las carreras de Ingeniería garantizan la adquisición de habilidades prácticas que debe poseer un egresado de este perfil para su desempeño profesional. De esta forma, las prácticas que se desarrollen en el laboratorio virtual mejorarán la preparación química de los estudiantes por resultar una extensión del laboratorio real. En la selección de las prácticas a desarrollar en el laboratorio virtual se tuvieron en cuenta problemas ambientales de repercusión social importante, tales como la lluvia ácida, el efecto invernadero, ya que el estudiante podría comprender más fácilmente los fenómenos que suceden en la atmósfera y sus efectos, así como se favorecería otro propósito fundamental: el vínculo de la química con el medio ambiente.

II) El Laboratorio químico virtual SIMA es una aplicación Educativa Multimedia del tipo simulador. Para su realización seleccionaron el sistema Autor ToolBook II Instructor v. 6.5. Por conocer las posibilidades que tiene este sistema para elaborar programas educativos con el uso de la multimedia.

III) La valoración de la calidad del software educativo elaborado tomó en cuenta los aspectos siguientes:

Aspectos	Qué se evalúa
Facilidad de manejo fácil de utilizar	Medida en que el sistema es fácil de aprender y
Contenido	Calidad de la información científica y pedagógica
Comunicación	Recursos para transmitir el mensaje
Método	Selección y organización de la información

La evaluación del Laboratorio químico virtual SIMA se realizó durante su utilización real por el profesor y los estudiantes para juzgar su eficiencia y los resultados que con él se obtienen. De esta forma, la evaluación permite valorar en qué medida el uso del programa informático mejora el aprendizaje de los alumnos, describir cómo han de utilizar los profesores el software para mejorar su enseñanza y de qué formas el profesor y los

alumnos interaccionan en el aula cuando se utiliza la aplicación (MARQUÉS, 2000). En esta etapa se involucraron a profesores que no intervinieron en la investigación, valiosa fuente de información sobre las virtudes y los defectos, tanto pedagógicos como informáticos, que los programas poseen. La información se obtuvo empleando la observación y la encuesta, basadas en cuestionarios elaborados para tal efecto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el esquema se muestran las prácticas de laboratorio desarrolladas en el Laboratorio químico virtual SIMA. Estas prácticas se diseñaron tomando en cuenta experimentos desarrollados en el laboratorio real (BULWIK y LASTRES, 1995; RUIZ LOYOLA y colaboradores, 1997; Energy and Science Projects For Students, 2000; Procter & Gamble, 2000).

Práctica	Objetivo
Formación de lluvia ácida	Demostrar cómo se forma la lluvia ácida
Efecto invernadero	Interpretar qué es el efecto invernadero
CO y contaminación del aire	Ilustrar cómo detectar CO en el aire
Inversión térmica	Mostrar qué es la inversión térmica

La aplicación Laboratorio químico virtual SIMA, diseñada fundamentalmente para estudiantes de primer año de las carreras de ingeniería del Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" que cursan la química general, incorpora el diálogo para alcanzar los objetivos pedagógicos y la multimedia para reforzar el proceso de enseñanza y aprendizaje. En la elaboración de los programas informáticos para cada una de las prácticas se tuvieron en cuenta los objetivos a lograr con la actividad del alumno, la presentación de los contenidos específicos y las herramientas a utilizar, las formas en que el usuario y el sistema intercambian información, entre otros aspectos.

Una de las prácticas desarrolladas es, como antes se expresara, la formación de lluvia ácida. Este experimento posibilita la utilización de los conocimientos que tienen los estudiantes sobre los óxidos de azufre, y el objetivo es mostrar, mediante una práctica de laboratorio virtual sencilla, el fenómeno químico que origina una parte de la lluvia ácida y demuestra su existencia. El estudiante accede a una breve introducción teórica, a la técnica operatoria y a las preguntas iniciales. Luego se da paso a la Selección de reactivos, (figura 1) de equipos y materiales de laboratorio (figura 2).



Fig. 1 Selección de reactivos



Fig. 2 Selección de equipos

A continuación se da paso a la simulación y a la ejecución de la práctica (figuras 3 y 4). El estudiante debe arrastrar con el ratón los materiales de laboratorio que se encuentran a la derecha de la pantalla y una vez que los coloque correctamente activar el botón de ejecución de la simulación.



Fig. 3 Simulación de la Práctica



Fig. 4 Ejecución de la Práctica

Durante la ejecución de la práctica, se evapora agua en un ambiente cerrado, se quema azufre para producir dióxido de azufre y ya se tiene la lluvia ácida que se identifica mediante el empleo de indicadores. Una vez ejecutada la práctica, el estudiante debe responder las preguntas finales y el programa muestra la calificación del alumno. Cada práctica se representa por una aplicación diferente.

En la primera evaluación realizada, el programa SIMA se utilizó con estudiantes (33), bajo la observación de profesores (7). En el intercambio de opiniones realizado los profesores expresaron que se hace un buen uso de los contenidos de química y que los mismos están presentados de una forma correcta desde el punto de vista científico y pedagógico. Mostraron interés por utilizar el programa en sus cursos. Al concluir la utilización del programa, los estudiantes respondieron por escrito las preguntas:

1. ¿Crees que el programa considera los conocimientos de química que tienes?
2. ¿El programa te permitió relacionar con facilidad los conocimientos que tenías con los nuevos?
3. ¿El programa SIMA facilita el aprendizaje de los conocimientos que brinda?
4. ¿Los contenidos propuestos tienen un orden correcto en el programa?
5. ¿La información que se incluye en el programa SIMA resulta útil?
6. ¿Puedes responder a las preguntas que aparecen en el programa con los contenidos que se incorporan?
7. ¿El programa SIMA da orientaciones ante errores?
8. ¿Ha resultado claro para ti el lenguaje utilizado en el programa?
9. ¿Las imágenes o los videos incluidos facilitan la comprensión de los textos?
10. ¿Te resultó comprensible el programa SIMA para su ejecución?
11. ¿Te motiva a estudiar química la forma de presentar el contenido en el programa?
12. ¿Consideras que este programa te ayuda para tu trabajo en el laboratorio químico?
13. ¿Es útil este programa para fomentar tu preocupación por el cuidado del medio ambiente?
14. ¿Los fenómenos químicos estudiados en el laboratorio virtual te hacen meditar en los daños producidos al medio ambiente por las acciones del hombre?
15. ¿Los fenómenos ambientales mostrados ocasionados por la contaminación atmosférica despertaron tu interés por estudiarlos con mayor profundidad?

Las respuestas debían considerar una escala de cinco valores, correspondiendo el 1 al mejor y el 5 al peor.

En el análisis de los resultados, las preguntas se agruparon por los aspectos a evaluar. Los resultados por niveles se expresaron en frecuencia (%) de respuestas. El nivel NR es que no responde la pregunta.

Facilidad de manejo del programa

Pregunt a	Niveles					
	1	2	3	4	5	NR
1	60,6	18,2	18,2	-	3,0	-
2	54,5	30,3	12,2	-	3,0	-
3	57,6	33,4	3,0	3,0	3,0	-

Frecuencia mayor que 50% para el nivel 1 y más del 78% para los niveles 1 y 2, lo que indica que el programa resulta fácil de utilizar.

Selección y organización de la información

Pregunt a	Niveles					
	1	2	3	4	5	NR
4	69,7	18,2	9,1	3,0	-	-
5	60,6	21,2	12,2	3,0	3,0	-
6	72,7	15,2	3,0	-	6,1	3,0

Frecuencia mayor que 50% para el nivel 1 y más del 80% para los niveles 1 y 2. Esto muestra que la selección y la organización de la información fueron adecuadas.

Recursos para transmitir el mensaje

Pregunt a	Niveles					
	1	2	3	4	5	NR
7	51,5	33,3	9,1	6,1	-	-
8	66,6	18,2	6,1	3,0	6,1	-
8	72,7	15,2	3,0	-	6,1	3,0
10	60,6	33,3	-	6,1	-	-

Frecuencia mayor que 50% para el nivel 1 y mayores que el 80% entre los niveles 1 y 2. Los criterios de diseño utilizados y el esquema de navegación resultan consistentes con un ambiente virtual de aprendizaje.

Calidad de la información

Pregunt a	Niveles					
	1	2	3	4	5	NR
11	78,7	9,1	6,1	-	6,1	-
12	75,8	12,1	-	3,0	6,1	3,0
13	81,7	6,1	6,1	-	6,1	-
14	75,8	12,1	6,1	-	3,0	3,0
15	78,7	9,1	-	3,0	6,1	3,0

Frecuencia mayor (más del 75%) de respuestas para el nivel 1 de toda la encuesta, y más del 85% entre los niveles 1 y 2. Hay motivación para el estudio de la química y de los problemas ambientales, asociada a la forma de presentar el contenido. Existe el criterio que este software les ayude para su trabajo en el laboratorio. Se percibe que el programa hace reflexionar sobre el cuidado del medio ambiente.

CONCLUSIONES

- La incorporación del Laboratorio químico virtual SIMA en el proceso educativo de la química ayuda a los estudiantes a comprender mejor los daños que provocan al medio ambiente, algunos procesos químicos cuyas consecuencias se simulan en dicho laboratorio.
- La realización de un mayor número de prácticas por parte de los estudiantes mejora su formación química pues a las desarrolladas en el laboratorio real se adicionan las prácticas ejecutadas en el Laboratorio químico virtual SIMA:
- Las prácticas ejecutadas en el Laboratorio químico virtual SIMA se dedican a la contaminación atmosférica, haciéndose referencia a fenómenos y problemas que resultan interesantes y curiosos para los alumnos.
- Los experimentos desarrollados propician la reflexión que la química forma parte de nuestro entorno. Esto, a su vez, ayuda a que los alumnos se estimulen a estudiar química, fomentando también su respeto por los valores ecológicos.

RECOMENDACIONES

- Incorporar el Laboratorio químico virtual SIMA en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la química para estudiantes de carreras de Ingeniería por las ventajas que implicará su utilización, según se constató en las primeras evaluaciones del programa realizadas.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRÉS F., ARRIZABALAGA, A., QUINTANA, M.A., Realización de programas informáticos para el aprendizaje experimental: conductividad de electrolitos en disolución. *Enseñanza Superior de la Química en lenguas internacionales de origen latino* (ESQLIOL II). Libro de actas. Universidad de Valladolid, 1994.
- ARRIZABALAGA, A., ANDRÉS, F., QUINTANA, M.A., Aplicaciones de la informática en el laboratorio de fisicoquímica en una facultad de farmacia. *Enseñanza Superior de la Química en lenguas internacionales de origen latino* (ESQLIOL II). Libro de actas. Universidad de Valladolid, 1994.
- BULWIK M., LASTRES L., El efecto invernadero en la clase de química, *Educación Química*, 6(3), 186-192, 1995.
- CLAVELO, P., SIMA. Simulador para la enseñanza de algunos fenómenos del medio ambiente relacionados con la química. Tesis presentada en opción al título de Master en Informática Aplicada. Ciudad de La Habana, Cuba, 2000.

- Colectivo de autores, Sistema de programas informáticos para la enseñanza universitaria de la química experimental, Ministerio de Educación Superior, Cuba, 2001.
- Energy and Science Projects For Students. Greenhouse Effect. <http://www.energyquest.ca.gov/projects/greenhouse.html>, 2000.
- GÓMEZ, M., SistRedox Entrenador inteligente hipermedia para la enseñanza del tema electroquímica. Tesis presentada en opción al título de Master en Informática Aplicada. Ciudad de La Habana, Cuba, 1997.
- GÓMEZ, M., Un sistema entrenador inteligente hipermedia para la ejercitación del tema de electroquímica en la asignatura Química General, <http://www.portalzonda.com.ar/Congreso/papers/1998/EDU6.PDF>, 1998.
- IRGUM K., Chemistry Teaching Resources, <http://www.anachem.umu.se/eks/pointers.htm>, 1999
- JACOBSEN, J., MOORE, J., Chemistry comes alive!, *Journal of Chemical Education*, V. 74, 607, 1997.
- MARQUÉS, P., Elaboración de materiales formativos multimedia. Criterios de calidad. XII Congreso Nacional y I Iberoamericano de Pedagogía. Madrid, 2000.
- MARTIN, J., Periodic table game, *Journal of Chemical Education*, V. 74, 346, 1997.
- MARTIN, S., Simulations and interactive resources, *Journal of Chemical Education*, V. 73, 324, 1996.
- Model Science Software products: Model ChemLab, <http://modelscience.com/products.html>, 2000.
- MONDEJA, D., Proyecto química y formación ambiental. Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría". Ciudad de La Habana, Cuba, 1998
- ORLIK, Y., *Química: métodos activos de enseñanza y aprendizaje*. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D.F., 2002.
- Procter & Gamble. P&G y la comunidad. Humo enfriado. México, 2000. http://pg.com.mx/comunidad/guar_aire_lecc3_e1.php
- RUIZ, B.; GARCÍA, G.; RAMÍREZ, P.; TSUMURA, R.; SEGURA, D., Una experiencia sencilla para un fenómeno complejo, *Educación Química*, 8(3) 168-170, 1997.
- TAYLOR, J.L., *Guía de simulación y de juegos para la educación ambiental*. Librograf S.A.. España, 1993.
- TORRES, E.; VALDÉS, O., *Cómo lograr la educación ambiental de tus alumnos*. Editorial. Pueblo y Educación. Cuba, 1996.
- TRAMMELL, G., Demonstrations in Organic Chemistry, *Journal of Chemical Education*, V. 70, 301-302, 1993.
- YARON, D.; LANGE, D. *Virtual Chemistry Laboratory v. 1.2.4*, The iridium Project's, <http://ir.chem.cmu.edu/irproject/applets/virtuallab/>, 2002.

Received 17.04.2003, approved 02.03.2004