

EVALUACIÓN PEDAGÓGICA DEL SIMULADOR DEL LABORATORIO QUÍMICO MODEL CHEMLAB.

Dr. Gonzalo Vidal Castaño. Profesor Auxiliar.

M. Sc. Hilda González Medina. Profesora Auxiliar.

Departamento de Química General. Facultad de Química. Universidad de la Habana.

gonzalo@fq.uh.cu hilda_gonzalez_00@yahoo.com

Resumen

El desarrollo de la computación y de la informática ha permitido la creación y el uso de simuladores del laboratorio en la educación química. Uno de los más conocidos es el Model ChemLab. En este trabajo se evalúan pedagógicamente las potencialidades del simulador Model ChemLab. Se concluye que aunque el mismo no propicia el desarrollo de habilidades generales cognitivas y no promueve el aprendizaje activo de la Química, puede ser muy útil si se emplea en el marco de un proceso de enseñanza aprendizaje concebido como una investigación dirigida, fundamentalmente en la realización de experimentos que sustituyan al laboratorio real.

INTRODUCCIÓN

La nueva sociedad de la información que se construye en el mundo, tendrá a la información como materia prima y a su procesamiento como base de todo el sistema económico. En estas circunstancias, la educación enfrenta el reto de desarrollar en los individuos habilidades para acceder a la información, seleccionarla, procesarla, trabajar cooperativamente y tomar decisiones; empleando sistemáticamente las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones en los procesos de enseñanza aprendizaje.

Por otra parte, en la educación química, una de las problemáticas fundamentales que hay que solucionar es el divorcio entre teoría y práctica. Esta división ha originado fronteras artificiales entre el aprendizaje de conceptos, la resolución de problemas de lápiz y papel y la realización de prácticas de laboratorio, que han alejado a la enseñanza del proceder de la ciencia misma (Gil Pérez, 1999). La práctica de laboratorio típica ha sido concebida para que los alumnos comprueben experimentalmente conceptos, leyes y teorías que el profesor les ha “enseñado” con anterioridad. Es poco efectiva para el aprendizaje de conceptos, pues las operaciones o técnicas operatorias que tiene que realizar el alumno, se han convertido en verdaderas recetas de cocina (Gallet, 1998).

Para la educación química, uno de los simuladores interactivos del laboratorio químico más conocido y empleados es el Model ChemLab, creado en la Universidad de McMaster, Canadá. La versión estándar incluye más de 20 simulaciones, el apoyo en línea y el acceso al sitio Web de actualización, donde pueden bajarse libremente laboratorios adicionales y el software actualizado. La versión profesional incluye, además, una herramienta que le permite al usuario construir sus propias simulaciones de laboratorio.

Los creadores del ChemLab lo recomiendan para la enseñanza de la Química en el nivel medio superior y superior en las siguientes situaciones:

- Cuando se requiera introducir las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones en un plan de estudios.
- Para el aprendizaje a distancia, ya que permite brindar experiencias de laboratorio en línea a los estudiantes.
- Si se necesita encontrar una alternativa a un experimento peligroso, caro o medioambientalmente arriesgado.
- Para la realización de demostraciones en clases.
- Para la preparación del estudiante antes de la realización de la práctica en el laboratorio real.
- Para desarrollar simulaciones de experimentos de laboratorio específicos de un programa de estudio.

Los requisitos técnicos del ChemLab son: Windows® 9x/NT con 8 MB RAM, 3 MB disponibles en el disco fijo, VGA o más alto. También está disponible para Mac OS 7.0 .

Este simulador ha continuado desarrollándose por el interés de los educadores en la posible aplicación de las simulaciones en la computadora, para el aula y para el aprendizaje a distancia. No obstante, cabría preguntarse:

- ¿Rompe el Model ChemLab con las características tradicionales de la educación química antes señaladas?.
- ¿Contribuye el Model ChemLab al desarrollo de habilidades generales cognoscitivas en los estudiantes?

Atendiendo a las interrogantes anteriores, el objetivo de este trabajo es evaluar pedagógicamente las potencialidades del simulador ChemLab para promover un aprendizaje activo de la química, que integre teoría y práctica; así como para desarrollar habilidades generales cognoscitivas en los estudiantes. Los criterios para la evaluación pedagógica del Model ChemLab se delimitarán en base a dos fuentes fundamentales:

- La alternativa que se ha propuesto para solucionar la problemática del divorcio entre la teoría y la práctica en la educación química.
- Las características que debe poseer un ambiente de aprendizaje virtual para promover un aprendizaje activo, según la estrategia que para la evaluación pedagógica de estos sistemas propuso por S. Britain (1999).

DESARROLLO

Breve Descripción del Simulador Model Chemlab V2.0

El programa Model ChemLab v2.0 para Windows® y Mac® OS (Model Science) es la simulación interactiva de un laboratorio de química. En él se usan el equipamiento y los procedimientos comunes de laboratorio para simular los pasos involucrados en la realización de los experimentos. La simulación de cada práctica de laboratorio se halla en un módulo separado y constituye una extensión del programa ChemLab, por lo que es posible la realización de muchas y diferentes prácticas, usando una interfase común de laboratorio.

El ChemLab consta de dos ventanas, una de texto y otra de laboratorio, divididas por una barra (Figura 1).

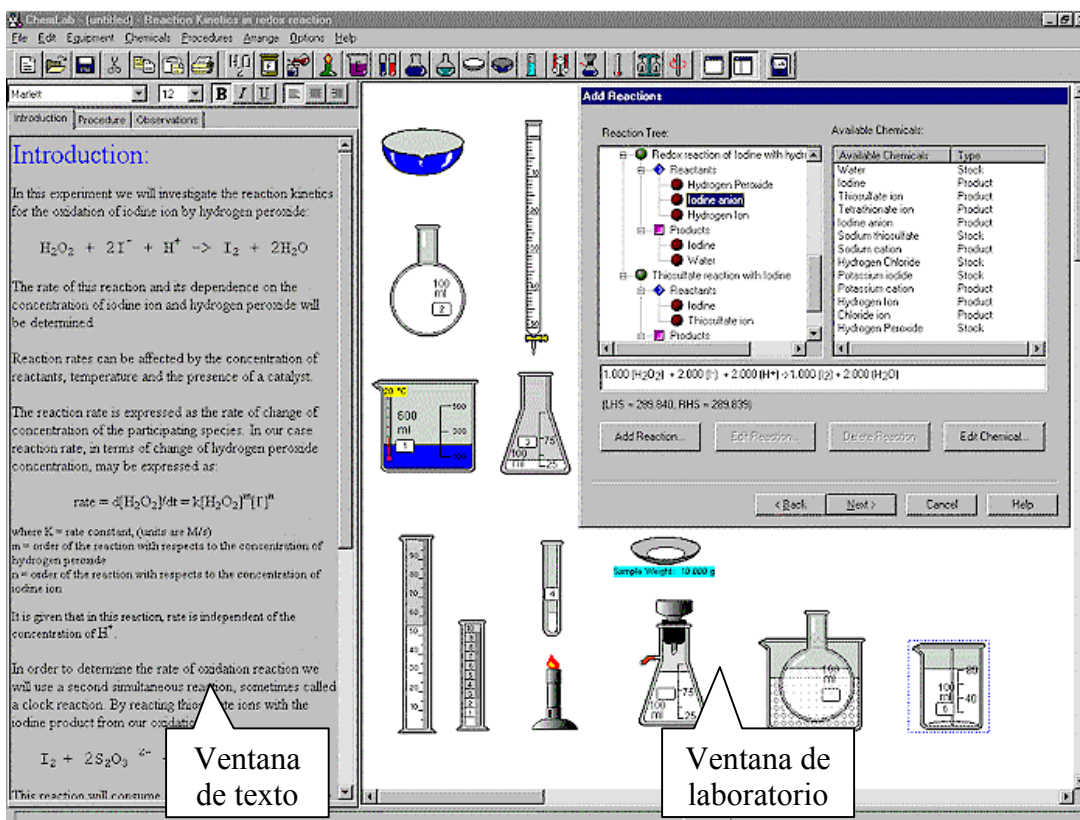


Figura 1

La ventana de texto sirve para la documentación textual en el ChemLab. Está dividida en 3 ventanas: Introducción, Procedimiento y Observaciones. La primera sólo sirve para leer la introducción a la práctica, la segunda permite leer el procedimiento que debe seguir el usuario para realizar el experimento en la ventana de laboratorio, y la tercera está diseñada para que el usuario anote las observaciones que se le indican en la ventana del procedimiento. Estas ventanas se seleccionan presionando la etiqueta de texto, localizada justo encima de la ventana de texto.

La ventana de laboratorio permite visualizar la simulación animada del laboratorio. En ella se agregan los utensilios o equipos de laboratorio. Estos objetos y las sustancias que se emplean pueden agregarse y utilizarse usando los comandos del menú principal, la barra de herramientas (Chem toolbar) o el menú contextual del botón derecho del ratón (Figura 2).

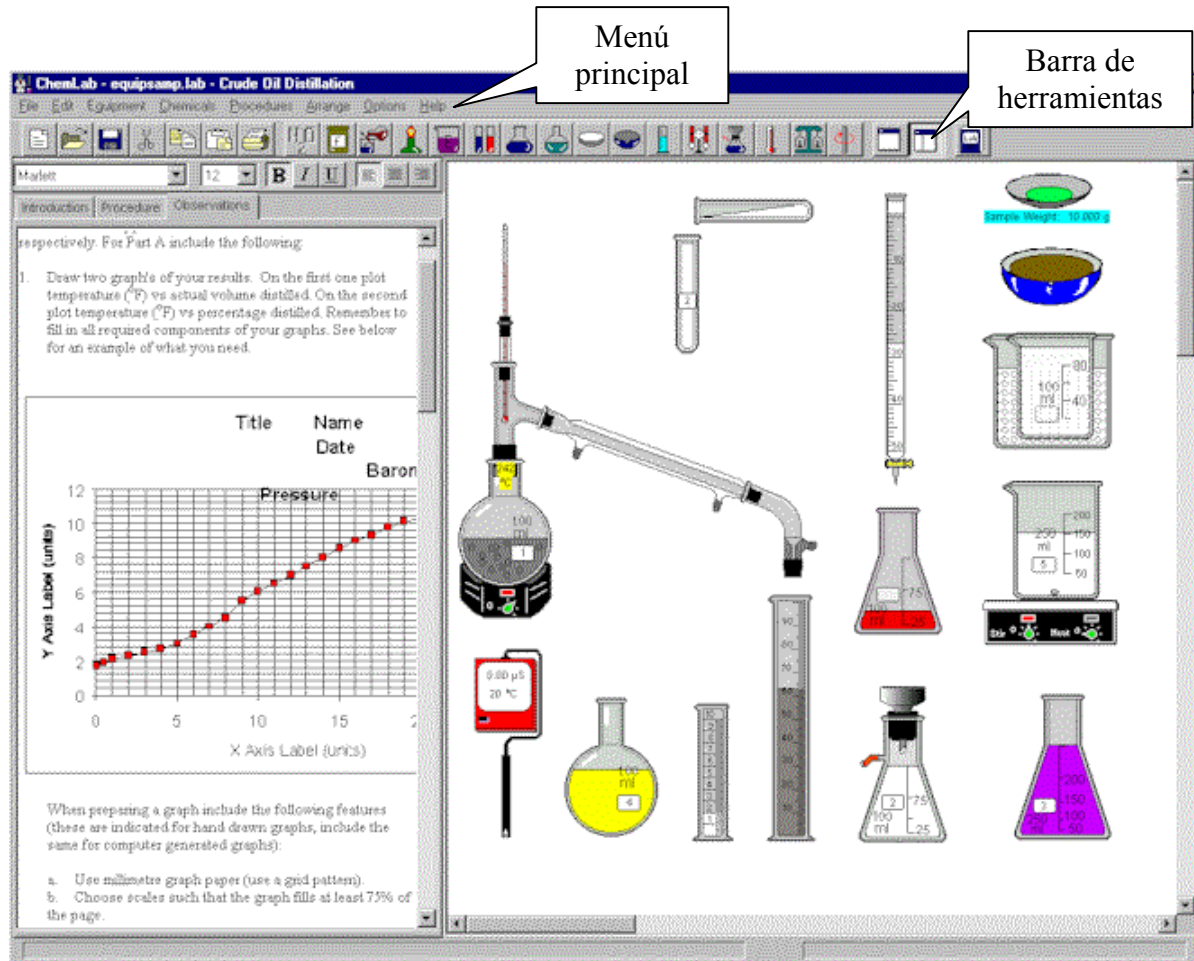


Figura 2

En el ChemLab el usuario dispone del equipamiento de laboratorio siguiente:

- Vasos de precipitado, frascos erlenmeyer, balones, tubos de ensayo, probetas graduadas, gotero, buretas, pipetas, vidrios reloj, kitasato con embudo buchner, quemador de gas bunsen, plancha de calentamiento con agitador magnético, varas de agitación, plato (cápsula) de evaporación, calorímetro, conductímetro, potenciómetro, entre otros.
- Balanzas: técnica, electrónica y de alta sensibilidad (analítica).
- Equipo de destilación, incluyendo el balón de destilación con manto calorífico, la cabeza de destilación y el condensador.

Se pueden realizar las operaciones comunes de laboratorio siguientes:

- Valorar disoluciones y construir curvas de valoración.
- Decantar, trasvasar y filtrar.
- Calentar o enfriar en baño de agua.
- Calentar con quemador bunsen.
- Calentar con plancha de calentamiento y agitar con agitador magnético.
- Agitar con varilla.
- Medir temperatura, masa, pH, conductividad, voltaje y volumen.

Al iniciar el ChemLab, se abre una caja de diálogo que contiene los títulos de las prácticas que es posible realizar, el nombre del módulo de simulación correspondiente a cada práctica y una breve descripción de la misma. Desde esta caja de diálogo se escoge el módulo de la simulación que se desea cargar. Esta acción cargará la ventana del texto, con las instrucciones necesarias para realizar el laboratorio y la ventana de laboratorio aparecerá vacía, es decir, en blanco.

Los diseñadores del Model ChemLab consideran que la actuación del alumno en la realización de una práctica de laboratorio, debe seguir el siguiente orden:

- 1°. Leer la introducción del laboratorio en la ventana de texto. En esa introducción encontrará las explicaciones teóricas básicas correspondientes a la práctica de laboratorio.
- 2°. Pulsar el botón de la etiqueta del procedimiento sobre la ventana de texto y leerlo. Se recomienda leer primero completamente el procedimiento antes de intentar realizar la práctica de laboratorio y, si no está seguro de cómo realizar una cierta acción, debe verificar las instrucciones en el manual del laboratorio o ayuda.
- 3°. Realizar el experimento siguiendo los pasos del procedimiento. Mientras está ejecutando el procedimiento se le recomienda al alumno que anote sus observaciones en la ventana de texto de observación, que se guardarán en el archivo de ChemLab.

Alternativa para el perfeccionamiento de la educación química

Para enfrentar la situación referente a la fragmentación entre la teoría y la práctica en la enseñanza de las ciencias y combatir el aprendizaje meramente reproductivo, existe desde hace algunos años la tendencia de introducir la investigación científica como un método importante para el aprendizaje significativo [(Bandiera, 1995); (Obaya, 1995)]. En la actualidad, la tendencia más importante es el denominado “aprendizaje como investigación dirigida”, que consiste en desarrollar dicho proceso siguiendo los procedimientos generales que utiliza el investigador científico para la generación de nuevos conocimientos, a partir situaciones problemáticas que creen en el estudiante conflictos cognoscitivos, contando con la orientación y ayuda sistemáticas del profesor [(Martínez, 1986); (Gil et al., 1999); (Gil et al., 2001); (García et al., 2000); (Reigosa et al., 2000)]

Una de las primeras variantes de esta alternativa es el denominado “Método Investigativo”, el cual posee tres fases fundamentales: la preparatoria, la ejecutiva y la comunicativa (Colectivo de autores, 1996) .

Fase preparatoria: El profesor plantea una situación problemática a los alumnos, a partir de la que se delimita el problema a investigar, se define el objetivo, se emiten hipótesis y se discuten las posibles formas de comprobarlas. En esta fase se planifica el trabajo de la siguiente etapa.

Fase ejecutiva: Los alumnos, en equipos o de manera individual, realizan las tareas planificadas para comprobar las hipótesis. El profesor tiene la responsabilidad de orientar y regular el trabajo de los alumnos, así como de propiciar el trabajo cooperativo.

Fase comunicativa: Es el momento de la preparación del informe del trabajo realizado, que debe reflejar todas las etapas el proceso de investigación. El informe puede ser presentado en una actividad colectiva.

La utilización del método investigativo en la enseñanza universitaria de la Química General ha sido investigada en Cuba, demostrándose que posibilita la formación de las acciones intelectuales de análisis, reflexión y generalización. (Urquijo, 1991); puede emplearse como método pedagógico central, contemplando tanto los aspectos cognoscitivos del aprendizaje, como los afectivos (Vidal, 1999) y es un marco propicio para el aprendizaje activo de las destrezas básicas del laboratorio químico (González et al., 2002).

Gil Pérez et al. (1999), recomiendan que para el buen desempeño del alumno, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos esenciales:

- Discutir cuál puede ser el interés de la situación problemática abordada.
- Realizar un estudio cualitativo de la situación, intentando acortar y definir de manera precisa el problema, tomando decisiones sobre las condiciones que se consideran reinantes, etc.
- Emitir hipótesis fundadas sobre los factores de lo que puede depender la magnitud buscada y sobre la forma de esta dependencia.
- Elaborar y explicitar posibles estrategias de resolución (en plural) antes de proceder a esta, para posibilitar una contrastación rigurosa de la hipótesis y mostrar la coherencia del cuerpo de conocimientos de que se dispone.
- Realizar la resolución del problema verbalizando al máximo, fundamentando lo que se hace y evitando el puro ensayo y error u operativismos carentes de significación física.
- Analizar cuidadosamente los resultados a la luz del cuerpo de conocimientos y de las hipótesis elaboradas y, en particular, de los casos límites considerados.
- Considerar las perspectivas abiertas por la investigación realizada, contemplando, por ejemplo, el interés de abordar la situación a un nivel de mayor complejidad, sus implicaciones teóricas o prácticas.
- Elaborar una memoria que explique el proceso de resolución y que destaque los aspectos de mayor interés en el tratamiento de la situación considerada.

La investigación, como método pedagógico, brinda la posibilidad de que las prácticas de laboratorio de química dejen de ser el tipo de clase donde el alumno va a realizar determinados experimentos con el fin de comprobar aspectos teóricos que anteriormente le había comunicado el profesor, para convertirse en una actividad en la que el alumno va a comprobar lo que él ha pensado acerca de la información que ha obtenido y procesado por sí mismo, con la orientación y

la ayuda sistemáticas del profesor. De esa manera se debe producir una verdadera integración de la teoría y la práctica (Vidal, 1999).

La evaluación de los ambientes de aprendizaje virtuales

Los defensores de los ambientes de aprendizaje virtuales (AAV) justifican su empleo atendiendo a sus potencialidades para permitir un acercamiento al aprendizaje activo del estudiante. Sin embargo, en muchos de esos sistemas no se hace explícito o evidente el modelo pedagógico aplicado en sus diseños. Así, pueden existir sistemas de AAV que desde el punto de vista informático posean una buena calidad, pero que por sus características pedagógicas conduzcan a un aprendizaje totalmente reproductivo. Por esa razón, S. Britain (1999) elaboró y propuso una estrategia de evaluación para determinar las características pedagógicas implícitas de los sistemas informáticos educativos, con la finalidad de ayudar a los educadores a escoger el sistema de software pedagógicamente más apropiado para lo que deben enseñar.

La estrategia de evaluación propuesta por S. Britain se fundamenta el modelo interactivo o conversacional propuesto por Laurillard (1993) para la educación presencial, derivado de la Teoría Pedagógica de la Conversación desarrollada por Gordon Pask.

En el modelo interactivo el profesor debe ser capaz de construir la actividad de aprendizaje del alumno a partir de una conversación con él, considerando el nivel de sus concepciones y la identificación de una meta de aprendizaje para el tema en cuestión. De esta forma, para evaluar un ambiente de aprendizaje virtual, usando el modelo interactivo, las características principales a tener en cuenta son:

- **Las herramientas discursivas.** Son los medios que se emplean en el AAV para conducir las conversaciones. Las conversaciones entre el estudiante y profesor son el centro del modelo interactivo y la manera en que el diálogo se estructura visualmente es muy importante para ambos.
- **La adaptabilidad.** El AAV debe brindar la posibilidad de adaptar las actividades de aprendizaje de un tema a las necesidades, que fueron reveladas en la conversación, de un estudiante individual o de un grupo particular de estudiantes.
- **Interactividad.** En un AAV el estudiante no debe ser un observador pasivo del micromundo construido por el profesor, sino que debe ser un sujeto activo, permitiéndosele reestructurar el material que se le ha presentado, agregar sus propios recursos, hacer anotaciones en el material, enviar y ejecutar simulaciones, etc.
- **Reflexión.** Los AAV deben permitirle al profesor ayudar al estudiante a vincular una retroalimentación detallada de sus acciones al objetivo del tema.

En cuadro siguiente se muestran los principales momentos de una estrategia propuesta por S. Britain para la evaluación pedagógica de los AAV.

Actividad	Herramientas y Estructuración
1. El profesor presenta su concepción	¿De qué herramientas dispone el profesor?. ¿Puede reunir fácilmente diferentes formatos multimedios para la presentación de una concepción?. ¿Pueden éstos ser transformados rápidamente para presentar la concepción de una manera diferente?

2. El estudiante presenta su concepción	¿Puede interactuar el estudiante con el profesor a través del sistema?. ¿Tiene el estudiante las capacidades para elaborar recursos multimedios?. ¿Cómo se comunica el estudiante con el profesor?.
3. El profesor prepara el micromundo	Herramientas de elaboración de multimedios para crear materiales del curso, incluidos o vinculables al programa de simulación, así como software de comprobación tales como programas de creación de exámenes, etc. El micromundo debe ser lo suficientemente versátil para ser adaptado a un estudiante individual, sobre la base del diálogo interactivo continuado con ese estudiante.
4. El estudiante actúa recíprocamente con el micromundo	Vea 3, pero aplicándolo desde el lado del estudiante.
5. El profesor proporciona retroalimentación al estudiante	¿Puede el profesor usar las herramientas de comunicaciones para proporcionar retroalimentación a los estudiantes en el contexto de sus actividades?. La retroalimentación debe relacionarse fácilmente a la acción, es decir, cualquier hilo de la discusión debe unirse o debe empotrarse en el dominio de acciones.
6. El estudiante modifica sus acciones	¿Puede regresar el estudiante a las actividades y puede modificar sus acciones basadas en la retroalimentación recibida del profesor?.

Criterios para la Evaluación Pedagógica del Model Chemlab

La integración de la perspectiva del aprendizaje como investigación dirigida y de elementos de la estrategia evaluativa de ambientes de aprendizaje virtuales propuesta por S. Britain, permitió establecer los criterios evaluativos siguientes:

ACTIVIDAD	Criterios
El profesor presenta su concepción	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Se plantean situaciones problemáticas que generen interés y proporcionen una concepción preliminar de la tarea, teniendo en cuenta las ideas, la visión del mundo, las destrezas y las actitudes de los estudiantes?. • ¿Se propone a los estudiantes el estudio cualitativo de las situaciones problemáticas planteadas y la toma de decisiones para acotar problemas precisos, así como concebir un plan para su tratamiento?. • ¿Se orienta a los alumnos el tratamiento científico de los problemas planteados?. • ¿Puede el profesor reunir fácilmente formatos multimedios diferentes dentro del ChemLab para la presentación de las situaciones problemáticas?. ¿Pueden éstos ser transformados rápidamente para ser presentados de una manera diferente?.

<p>El alumno presenta su concepción</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Se facilitan la emisión de hipótesis, la elaboración de modelos, como una ocasión para que las ideas previas de los estudiantes sean utilizadas para hacer predicciones?. • ¿Se promueve la elaboración de estrategias para la contrastación de las hipótesis a la luz del cuerpo de conocimientos de que se dispone, incluyendo, en su caso, diseños experimentales?. • ¿Puede interactuar el estudiante con el profesor a través del sistema?. • ¿Puede el estudiante elaborar recursos multimedia?. • ¿Cómo se comunica el estudiante con el profesor?.
<p>El profesor prepara el micromundo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Dispone el profesor de herramientas de elaboración de multimedia para crear materiales del curso, incluidos en el programa de simulación?. • ¿Dispone el profesor de herramientas de elaboración de multimedia o de software incluidos para el control del aprendizaje?.
<p>El estudiante actúa recíprocamente con el micromundo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Lleva a cabo el estudiante las estrategias para la comprobación de sus hipótesis y analizar los resultados, cotejándolos con los obtenidos por otros grupos de alumnos, estudiando su coherencia con el cuerpo de conocimientos?. • ¿Dispone el estudiante de herramientas de elaboración de multimedia para crear materiales del curso, incluidos en el programa de simulación?.
<p>El profesor proporciona retroalimentación al estudiante</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Puede el profesor plantear el manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones para hacer posible la profundización y el afianzamiento de los mismos, mostrando el carácter de cuerpo coherente que tiene toda ciencia?. • ¿Puede el profesor favorecer, en particular, las actividades de síntesis como esquemas, memorias, recapitulaciones, mapas conceptuales, etc., la elaboración de productos y la concepción de nuevos problemas?. • ¿Puede el profesor usar las herramientas de comunicaciones para proporcionar retroalimentación a los estudiantes en el contexto de sus actividades?. • ¿La retroalimentación puede relacionarse fácilmente a la acción, es decir, cualquier hilo de la discusión puede unirse o empotrarse en el dominio de acciones?.
<p>El estudiante modifica sus acciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Puede regresar el estudiante a las actividades y modificar sus acciones basándose en la retroalimentación recibida del profesor?.

Evaluación Pedagógica del Model Chemlab

La aplicación de los criterios establecidos para la evaluación del Model ChemLab permitió determinar las características del Model ChemLab siguientes:

ACTIVIDAD	CARACTERÍSTICAS
El profesor presenta su concepción	<ul style="list-style-type: none"> • En los diferentes módulos no se plantean situaciones problemáticas, por lo que no se delimitan problemas a abordar, ni se orienta un proceder verdaderamente científico para el aprendizaje. • La versión profesional del Model ChemLab le permite al profesor construir nuevos módulos de simulación para incluir prácticas de laboratorio de su programa de estudio.
El alumno presenta su concepción	<ul style="list-style-type: none"> • No se facilita la emisión de hipótesis, por lo que no se promueve que estudiante elabore sus propias estrategias o procedimientos experimentales. • El estudiante no puede interactuar con el profesor a través del sistema. • En la ventana de laboratorio el estudiante puede emplear el equipamiento disponible, combinar objetos y realizar operaciones básicas de laboratorio, aun cuando no esté realizando la práctica de laboratorio correspondiente a un módulo predeterminado del ChemLab. • El estudiante puede guardar todo su trabajo, incluyendo las acciones experimentales y las observaciones, en un documento con la extensión *.lab, que es ejecutable mediante el ChemLab. El ChemLab no posee propiamente una herramienta de comunicación como el correo electrónico, por lo que el profesor sólo puede acceder al documento elaborado por el alumno si conoce su ubicación en la red (en una computadora), o si el alumno se lo envía mediante un servicio de correo electrónico externo.
El profesor prepara el micromundo	<ul style="list-style-type: none"> • El profesor dispone del “Lab Wizard”, en la versión profesional del ChemLab, que le permite crear módulos de simulación para las prácticas específicas del programa de estudios que desarrolla. El profesor no dispone de otras herramientas para la elaboración de multimedios, ni para el control del aprendizaje.

<p>El estudiante actúa recíprocamente con el micromundo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El estudiante no realiza los experimentos para la comprobación de sus hipótesis, sino para obtener los datos que se le indica en la ventana de procedimientos que debe anotar en la ventana de observaciones. El trabajo del alumno se concibe de manera individual y tiene la posibilidad de repetirlo cuantas veces considere oportuno. • En la ventana de observaciones el alumno puede redactar textos, pegar imágenes de los utensilios del propio ChemLab, otras imágenes y pegar documentos.
<p>El profesor proporciona retroalimentación al estudiante</p>	<ul style="list-style-type: none"> • A través del ChemLab, el profesor tiene pocas posibilidades de plantearle a los estudiantes el uso de los conocimientos adquiridos en un módulo determinado en una gran diversidad de situaciones diferentes a la que plantea el módulo correspondiente. Esto limita la posibilidad de que los estudiantes profundicen y el afiancen dichos conocimientos. • En el ChemLab, el profesor no tiene la posibilidad de favorecer las actividades de síntesis ni la concepción de nuevos problemas por los estudiantes. • El profesor no dispone de herramientas de comunicaciones para proporcionar retroalimentación a los estudiantes en el contexto de sus actividades, a través del ChemLab. • La retroalimentación no está concebida dentro del ChemLab, por lo que el profesor podría realizarla sólo a través de una herramienta de comunicación externa al programa. Queda a la intencionalidad del profesor relacionar la retroalimentación que le ofrece al estudiante con las acciones que éste ejecuta.
<p>El estudiante modifica sus acciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El estudiante puede regresar a las actividades y modificar sus acciones, basándose en la retroalimentación que haya recibido del profesor de forma externa al programa ChemLab, siempre que haya guardado su trabajo anterior en un documento con la extensión *.lab .

Resulta evidente que el Model ChemLab responde a la concepción tradicional de la práctica de laboratorio de Química, pues a través del programa los estudiantes solo pueden comprobar experimentalmente conceptos, leyes y teorías que se le han informado con anterioridad. Su formato se corresponde con el de los manuales de laboratorio tradicionales, que generalmente constan de una introducción para cada práctica, una técnica operatoria o procedimiento y las indicaciones de los datos que debe obtener el estudiante en el trabajo empírico.

CONCLUSIONES

La evaluación pedagógica del Model ChemLab permite arribar a las conclusiones siguientes:

- Es uno de los mejores y quizás el más integral simulador del laboratorio químico básico pues en él se pueden realizar muchas y muy variadas actividades químicas relacionadas con la obtención, purificación y caracterización de sustancias.
- Por su estructura semejante a la de un manual de laboratorio tradicional y la forma en que se concibe que debe tener lugar la actuación del alumno, no promueve un aprendizaje verdaderamente activo de la Química ni la integración entre la teoría y la práctica.
- No ha sido concebido para desarrollar habilidades generales cognoscitivas en los estudiantes.
- Pudiera ser muy útil para la educación química presencial y a distancia, si se emplea en el marco de un proceso docente concebido para que el aprendizaje del estudiante se produzca como un proceso de investigación dirigida, aprovechando, además, las facilidades que brinda la versión profesional para que el profesor construya módulos de simulación para su programa de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Bandiera, J.; Dupre, F.; Ianniello, M.G.; Vicentini, M. Una investigación sobre las habilidades para el aprendizaje científico. *Enseñanza de las Ciencias*, **13**, [1], 46-54, 1995.
- Britain, S. A framework for pedagogical evaluation of virtual learning environments. *JISC technology applications programme*. University of Wales – Bangor. <http://www.Jtap.ac.uk>, 1999.
- Colectivo de autores. *Los métodos participativos: ¿una nueva concepción de la enseñanza?*. CEPES, Universidad de la Habana, Cuba, 1996, 118-119.
- Gallet, C. Problem-solving teaching in the chemistry laboratory: leaving the cooks... *Journal of Chemical Education*, **75**, [1], 72-77, 1998.
- García, J.J. La solución de situaciones problemáticas: una estrategia didáctica para la enseñanza e la Química. *Enseñanza de las ciencias*. **18** [1], 113-130, 2000.
- Gil Pérez, D; Furió, C; Valdés, P; Salinas, J; Martínez-Torregrosa, J.; Guisáosla, J.; González, E.; Dumas-Carré, F. ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?. *Enseñanza de las ciencias*. **17** [2], 311-320, 1999.
- Gil, D.; Guzmán, M. Enseñanza de las ciencias y las matemáticas. <http://www.campus-oei.org/oeivirt/ciencias.htm#Indice>, 2001.
- González, H.; Spengler, I.; Vidal, G. Aprendizaje activo de las destrezas básicas del laboratorio químico. *Revista de Educación en Ciencias*, **3**, [1], 34-36, 2002.
- <http://www.modelscience.com\ChemLab>About ChemLab.html>
- Laurillard, D. *Rethinking University Teaching – a framework for the effective use of educational technology*, London: Routledge, 1993. Tomado de: Britain, S. A framework for pedagogical evaluation of virtual learning environments. JISC technology applications programme. University of Wales – Bangor. <http://www.Jtap.ac.uk>, 1999.

- Martínez, M. *Categorías, principios y métodos de la enseñanza problémica*. ENPES, La Habana, Cuba, 1986.
- Model Science. <http://www.modelscience.com>
- Obaya, A. Un procedimiento de la ciencia a nivel universitario. *Revista de la Sociedad de Química de México*, **39**, [2], 83-93, 1995.
- Reigosa, C.E.; Jiménez, M.P. La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*. **18** [2], 275-284, 2000.
- Urquijo, P.D. *Estudio de la formación de las acciones intelectuales de análisis, reflexión y generalización durante la enseñanza de las prácticas de laboratorio de Química General en estudiantes universitarios*. Tesis doctoral. La Habana, Cuba, 1991.
- Vidal, G. *Una concepción didáctica integradora de la Química General para las carreras de ciencias naturales*. Tesis doctoral. La Habana, Cuba, 1999.