

**LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS  
COMUNICACIONES PARA DESARROLLAR HABILIDADES  
EXPERIMENTALES EN QUÍMICA GENERAL**

***TECHNOLOGIES OF INFORMATION AND COMMUNICATION TO  
DEVELOP EXPERIMENTAL ABILITIES IN GENERAL CHEMISTRY***

**AUTORES**

Vicente Molina Padrón [yfmolina@uclv.edu.cu](mailto:yfmolina@uclv.edu.cu)

Doctor en Ciencias. Profesor Titular. Departamento de Ciencias de la Computación. Facultad de Matemática, Física y Computación. Jefe del Laboratorio Analítica del Aprendizaje del Centro de Investigaciones de la Informática, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Yolanda Rodríguez Rivero [yolyr@uclv.edu.cu](mailto:yolyr@uclv.edu.cu)

Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesora Titular. Departamento de Licenciatura en Química. Facultad de Química Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Johinell Molina Rodríguez [johinell@gmail.com](mailto:johinell@gmail.com)

Graduado de la Maestría en Computación Aplicada. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

**RESUMEN**

En el presente trabajo se describe la utilización de dos software, elaborados con fines didácticos, para simular la realización de prácticas de laboratorio y apoyar la docencia de la Química General. Los software fueron diseñados de manera que su ambiente visual semeja el interior de un laboratorio químico; al tiempo que se controla la interacción del estudiante con los equipos y utensilios, según los objetivos previstos en la práctica. Además de contribuir al ahorro de recursos y cuidado del medio ambiente, la introducción de los software en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química General favorece que los estudiantes adquieran las habilidades necesarias para realizar las prácticas en el laboratorio real, pues tienen la oportunidad

de repetir las prácticas virtuales tantas veces como lo consideren necesario. Asimismo, se facilita la autoevaluación y se incluyen instrucciones para el estudio independiente.

## **ABSTRACT**

The use of two software elaborated with didactic objectives, for simulating lab practices and support General Chemistry's learning is described in this paper, The software were designed so that their visual environment looked like the interior part of a chemical laboratory, at the same time, the student's interaction with the equipment and instruments it is monitored according to the objectives expected in the practice. Besides contributing to the saving of resources and care of the environment, the introduction of the software in the process of teaching-learning of General Chemistry allows the students to acquire the necessary abilities to carry out their practices in the real laboratory, since they have the opportunity to repeat the virtual practices as much as necessary. Also, the evaluation is facilitated and instructions for the independent study are included.

## **PALABRAS CLAVE**

Química General, laboratorios virtuales, prácticas de laboratorios, enseñanza-aprendizaje.

## **KEY WORDS**

General Chemistry, virtual laboratories, laboratory practices, teaching-learning.

## **INTRODUCCIÓN**

El rápido avance de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), el gran crecimiento que ha experimentado la utilización de INTERNET y la amplia cantidad de sitios disponibles en la red, hacen que la docencia deba adaptarse a este nuevo ambiente educacional.

Las teorías contemporáneas del aprendizaje han incorporado la utilización de las TIC como mediadoras en el proceso de enseñanza-aprendizaje; es decir, proponen aprovechar las computadoras por su capacidad para presentar, representar y transformar la información (simulación de fenómenos y procesos) y para promover formas específicas de interacción y cooperación.

En las nuevas teorías para el aprendizaje a través de la computadora, tiene mucha importancia el desarrollo de sistemas interactivos entre el estudiante y la máquina, y de sistemas colaborativos entre grupos de estudiantes. Esto se debe a que se sabe lo atractivo y fácil que resulta interactuar con sistemas que incluyan sonidos, imágenes y videos; además, que tengan posibilidades para el análisis y elaboración de respuestas de exámenes comprobatorios.

Así sucede con la enseñanza de la Química experimental en nuestras universidades, pues el uso de las TIC contribuye a compensar las insuficiencias relacionadas con la carencia de equipos, reactivos y utensilios de laboratorio.

Desde hace varios años en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV) existe un colectivo de profesores y estudiantes de las Facultades de Química-Farmacología y de Matemática, Física y Computación que trabaja en la elaboración de programas informáticos para contribuir al perfeccionamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química General. Los resultados fundamentales pueden apreciarse en (Rodríguez, 2007) y (Rodríguez et al., 2014), así como en Negrín (2010), quien fundamenta la utilización de las TIC como medios de enseñanza para desarrollar las prácticas de laboratorio de Química General en la UCLV, teniendo en cuenta la finalidad, modalidad e información propias de esta actividad docente. Por otra parte, en (Molina, 2012) se describe el diseño e implementación del ambiente visual de presentación de las simulaciones de las prácticas de laboratorio y los requerimientos didácticos necesarios para lograr la interactividad, la autoevaluación del estudiante y la consulta de materiales docentes.

Dos de los temas de mayor complejidad para la realización de las prácticas en el laboratorio real son: Enlace Químico y Equilibrio Químico; ya que requieren de un conjunto de operaciones básicas que el estudiante desconoce al llegar a la Universidad. De manera que los alumnos que cursan carreras de perfil químico necesitan de una buena preparación, previa a la realización de las prácticas de laboratorio, para así lograr mayor efectividad cuando se enfrenten a estas. Precisamente en este artículo se describen los aspectos fundamentales de los laboratorios virtuales desarrollados por los autores para la preparación de los estudiantes en estos temas.

## **UN ACERCAMIENTO AL MARCO TEÓRICO QUE SUSTENTA LA EXPERIENCIA**

En la enseñanza de la Química, existe una interacción muy fuerte entre teoría y práctica; la práctica de laboratorio está frecuentemente concebida para que los alumnos comprueben experimentalmente conceptos, leyes y teorías enseñadas con anterioridad y adquieran determinadas habilidades manipulativas.

En la práctica, el experimento químico desempeña una función muy importante ya que:

- sirve como medio de advertencia de errores a los alumnos o de corrección de sus conocimientos;
- se emplea para la comprobación de la veracidad de una hipótesis o una predicción y para dar solución a un problema;
- por medio del experimento, los alumnos se familiarizan con las sustancias y los cambios que ocurren en estas;
- alumnos se apropian de los hechos más significativos para su comprobación, generalización y conclusiones;
- los sirve como una demostración irrefutable del conocimiento objetivamente científico, de la accesibilidad del conocimiento del hombre sobre el mundo y la posibilidad de la transformación de la naturaleza;
- incide en la esfera motivacional de los alumnos, lo que contribuye a elevar el interés de ellos por el estudio de la Química.

Con la introducción, de manera organizada, de laboratorios virtuales de Química General en el currículo de las carreras que reciben esta disciplina, se logra que los estudiantes profundicen en la preparación para las actividades que realizarán en el laboratorio real; lo que posibilita un conocimiento más claro y motivante y aumenta la posibilidad de autoestudio al poder realizarse las prácticas de manera virtual en horario no programado por el docente. De manera que, resulta muy apropiada la definición ofrecida por Ballesteros (2003), quien reconoce que la práctica de laboratorio es la forma organizativa docente espacio/temporal en que, bajo la guía del profesor y dados los objetivos y contenidos, se actúa de manera consciente sobre un objeto de estudio real o

virtual, con una instrumentación real o virtual, que posibilite al estudiante obtener, procesar y analizar información.

Como se aprecia, la planificación y ejecución de las prácticas de laboratorio debe atender al establecimiento de su *finalidad*, dada por los objetivos; la *modalidad* en su ejecución, condicionada por la relación espacio/temporal entre los diferentes factores, así como los *tipos de medios* a utilizar y la *información* adquirida, procesada y analizada.

Con el empleo de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la disciplina de Química es posible:

- lograr que la comprensión de un fenómeno experimental, un proceso químico, una ley, un principio o un teorema sea más objetiva;
- facilitar el análisis de los resultados que se obtienen al variar las hipótesis, las condiciones iniciales, los datos, etc.;
- enfatizar la comprensión y el análisis de resultados sobre los cálculos rutinarios, ya que las posibilidades gráficas permiten una mejor comprensión de muchos conceptos;
- posibilitar el trabajo colaborativo, pues los estudiantes pueden discutir los problemas que se les plantean y ayudarse mutuamente en la búsqueda de una solución;
- incidir positivamente en la motivación, pues el atractivo uso de la computadora es evidente, siempre que se garantice la interactividad.

Con relación a los medios didácticos, Valdés & González (2002) plantean que las prácticas de laboratorio pueden ser:

**Reales.** En este tipo de práctica tanto el medio como la instrumentación son reales. El estudiante se enfrenta al proceso real y a la instrumentación que se utiliza en la práctica social.

**Con instrumentos virtuales.** Se dice que se utilizan “instrumentos virtuales” cuando en la computadora existen representaciones de diversos instrumentos de medición y actuación, con apariencia semejante a los reales. Para lograr lo anterior es necesario utilizar interfaces con el proceso y programas de computadora para sustituir a los instrumentos reales. En este tipo de

práctica de laboratorio el proceso es real, pero se utilizan medios computacionales con interfaces específicas para la adquisición de la información y la actuación sobre el proceso.

**Con entrenadores y procesos virtuales.** En este tipo de práctica la instrumentación es real, pero el medio o proceso es virtual. Como ejemplo se tienen los entrenadores de vuelo para pilotos de aviones, donde la cabina y la instrumentación son reales y se simulan por computadora las condiciones de vuelo.

**Simuladas.** Cuando tanto el proceso objeto de estudio como los instrumentos de medición y actuación son virtuales. Esta simulación (Gómez et al., 2002; Cardona, 2003) puede ser:

- muy técnica y tener poca o ninguna representación en pantalla de la realidad del laboratorio;
- con elementos de representación del entorno del laboratorio para dar una mayor sensación de realidad;
- con elementos tridimensionales de los objetos bajo estudio y del propio laboratorio, con soporte multimedia, utilizando los colores como información - por ejemplo en reactivos químicos;
- Simulaciones y actuaciones con “Realidad Virtual”. Además de poseer las características de los laboratorios virtuales, se incorporan elementos sensoriales, que posibilitan aún más el acercamiento a la realidad.

## **CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE LABORATORIOS VIRTUALES**

### **LABORATORIO VIRTUAL “Determinación de la dureza del agua”**

La aplicación “Dureza del agua” (Molina et al., 2011-a) cuenta con cuatro menús o componentes fundamentales, los que se muestran en la Figura 1:

**Ayuda**, con los submenús *Ayuda aplicación* y *Aspectos teóricos*.

**Biblioteca**, con los submenús *Galería de Imágenes* y *Galería de Videos*.

**Práctica de laboratorio**, con los submenús *Comenzar práctica* y *Evaluación*.

**Gestión del profesor**, con el submenú *Historial*.

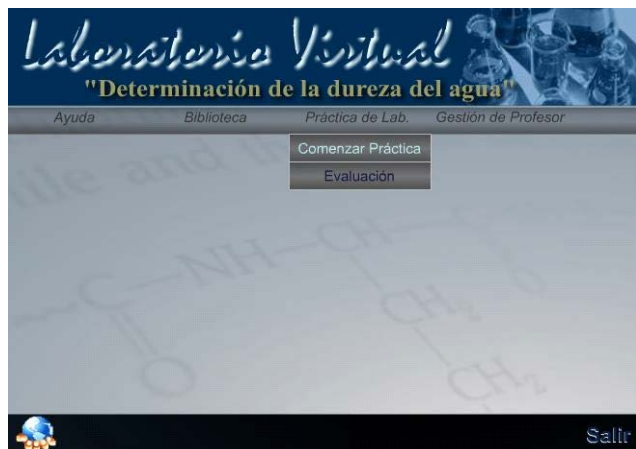


Figura 1. Presentación de la aplicación “Dureza del agua”

**Menú Ayuda:** Cuando el usuario accede a este menú se despliegan dos submenús: *Ayuda aplicación* y *Aspectos teóricos*. Al acceder al submenú *Ayuda aplicación* aparece el manual de usuario del software. Al acceder al submenú *Aspectos teóricos* (ver Figura 2) se pueden observar los pre-requisitos de la práctica, los objetivos, la técnica operatoria a seguir, las orientaciones para la confección del informe final, así como una amplia introducción teórica del tema objeto de estudio.

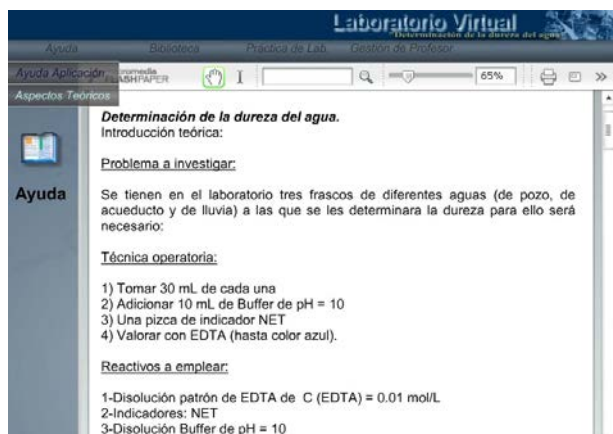


Figura 2. Aspectos teóricos a tener en cuenta en la práctica

**Menú Biblioteca:** Al acceder a este menú se observan los submenús *Galería de imágenes* y *Galería de videos*. Al dar clic sobre el primero aparece en pantalla una serie de fotos del



desarrollo (paso por paso) de esta práctica en el laboratorio real. Por ejemplo, en la Figura 3 se muestran dos de las imágenes, donde se aprecia el cambio de coloración de la sustancia al añadir el reactivo.



Figura 3. Galería de imágenes

Por su parte, el submenú *Galería de videos* permite reproducir un conjunto de videos, tomados durante el desarrollo de la práctica en el laboratorio real.

**Menú Práctica de laboratorio:** Al acceder a *Práctica de laboratorio* y hacer la elección del submenú *Comenzar Práctica* (ver Figura 4) se inicia la simulación de la práctica, siguiendo un grupo de pasos lógicos.



Figura 4. Comenzar Práctica

### **Paso 1.** *Selección de los materiales y reactivos*

Cuando se inicia la práctica aparecen en el estante (ver Figura 5) varios utensilios de laboratorio y el estudiante debe ir seleccionando la cristalería necesaria para la realización del experimento.



Al dar clic sobre cualquiera de ellos éste aparece al frente de la pantalla. A la derecha se muestra un cuadro de texto que va orientando al usuario con los pasos a seguir. Si la selección es incorrecta aparecerá en pantalla una advertencia de error.



Figura 5. Selección de la cristalería de laboratorio

### **Paso 2.** Selección del reactivo valorante y de la muestra a analizar

Después de haber seleccionado la cristalería de forma correcta, el usuario debe seleccionar el reactivo valorante dando clic sobre el frasco que lo contenga. Si la selección es correcta, el reactivo seleccionado llena la bureta en pantalla. Si la selección es incorrecta aparecerá una advertencia similar a la mostrada en la Figura 5.

En la imagen del laboratorio hay dos fregaderos, con sus llaves, y sendos recipientes con agua de pozo y de lluvia. El usuario puede seleccionar cualquier tipo de agua para el análisis.

Para seleccionar el volumen de muestra se deja apretado el clic izquierdo sobre la llave hasta que el volumen de agua en el matraz (al centro de la Figura 6) alcance los 25 ml (según se plantea en la técnica operatoria). Si el usuario se pasa de este volumen el software, automáticamente, lo reduce a 25 ml y muestra una ventana de advertencia.



Figura 6. Selección de la muestra problema

### Paso 3. Selección del indicador

Una vez elegidos el reactivo y la muestra problema, el usuario debe seleccionar el indicador a utilizar (ver frascos a la izquierda de la Figura 7). Si lo hace de forma correcta, aparece una ventana brindando una breve información del indicador seleccionado; si lo hace de forma incorrecta entonces aparece la ventana de advertencia.



Figura 7. Selección del indicador

### Paso 4. Selección del buffer de pH

Como se muestra en la Figura 8, la aplicación despliega una lista de buffers de pH con escala de 1 hasta 14 y el usuario debe seleccionar el óptimo para el trabajo con el indicador seleccionado en el paso anterior. En dependencia de lo acertado de la elección, aparecerá la ventana de aviso.



Figura 8. Selección del buffer y ventanas de aviso

### **Paso 5. Valoración complejométrica y determinación de la dureza del agua**

Una vez que se han seleccionado todos los utensilios y reactivos, comienza la valoración complejométrica; pero antes se debe activar el agitador magnético (botón verde en la Figura 9). Si el usuario no activa el agitador antes de la valoración aparecerá en pantalla la ventana de advertencia.



Figura 9. Agitador

Para comenzar la valoración se debe dar clic sobre la llave de la bureta; entonces, el volumen del reactivo valorante comenzará a descender hasta que la solución del matraz llegue al cambio de color (ver Figura 10); el usuario debe dar un segundo clic sobre la llave de la bureta para detener la valoración.



Figura 10. Colores del indicador (Inicio y fin de la valoración)

Al dar clic en la lupa se amplía la imagen de la bureta y se puede observar, como se muestra en la Figura 11, el volumen utilizado del reactivo; con este dato el estudiante puede calcular la dureza del agua analizada. Si lo requiere, puede consultar la técnica operatoria o la introducción teórica en la aplicación.



Figura 11. Vista ampliada de la bureta

Una vez concluido el experimento, el estudiante debe responder un cuestionario; para ello, debe dirigirse al submenú *Evaluación* (mostrado en la Figura 1). Al dar clic en este componente aparecen varias preguntas, con selección de respuestas (ver Figura 12), que el estudiante debe responder antes de ver su evaluación final. La evaluación final tendrá en cuenta los errores cometidos en el desarrollo de la práctica y las respuestas al cuestionario.

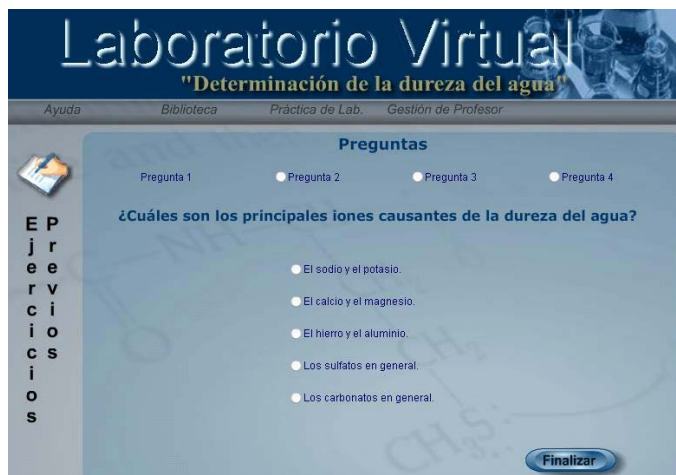


Figura 12. Cuestionario

Una vez seleccionada la respuesta correcta para cada pregunta, se activa el botón *Finalizar* y la aplicación genera un informe de los errores cometidos y se le da una evaluación final al estudiante (ver Figura 13).

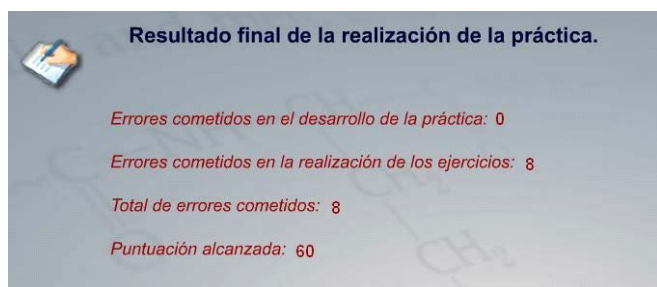


Figura 13. Evaluación final del estudiante

**Menú Gestión del Profesor:** La Figura 14 nos muestra cómo el profesor, con una cuenta de administración, puede revisar el historial que deja cada usuario y ver los errores cometidos durante la realización de la práctica y en la resolución del cuestionario.



Figura 14. Componente Gestión del Profesor

## LABORATORIO VIRTUAL “*Propiedades de las sustancias*”

La aplicación *Propiedades de las sustancias* (Molina et al., 2011-b) presenta la ventana inicial con los cuatro menús o componentes principales. Los menús *Ayuda*, *Biblioteca* y *Gestión del profesor* son similares a los descritos en la aplicación “*Dureza del agua*”.

**Menú Práctica de laboratorio:** Al acceder a *Práctica de laboratorio* y dar clic en *Comenzar práctica* aparece varias sustancias designadas por letras (ver Figura 15) y se habilita una barra de herramientas con los ensayos: *conductividad*, *solubilidad en agua*, *solubilidad en CCl<sub>4</sub>* y *determinación de la temperatura de fusión*.

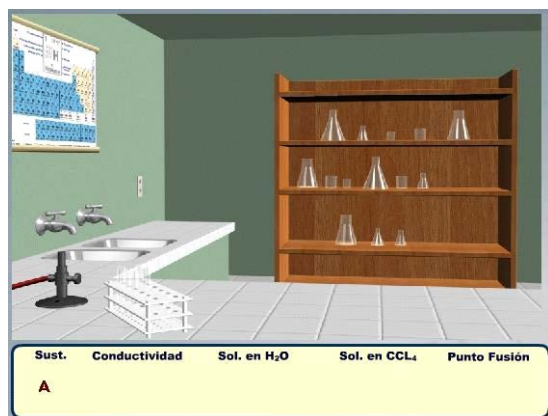


Figura 15. Sustancia A y los ensayos a realizar.

- *Ensayo de conductividad*

Al dar clic en la opción *Conductividad* aparece en pantalla (ver Figura 16) un circuito compuesto por una fuente de corriente, un bombillo y la sustancia problema en un tubo de ensayo, la cual es la encargada de cerrar el circuito; para esto, el usuario tendrá que dar clic en el cable azul para introducirlo en la muestra. Al cerrarse el circuito se encenderá el bombillo si la muestra conduce la corriente eléctrica.



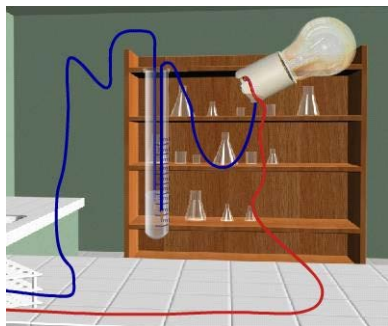


Figura 16. Bombillo encendido (ensayo de conductividad positivo).

- *Ensayos de solubilidad*

Al seleccionar *solubilidad en agua* o *solubilidad en  $CCl_4$* , aparece en pantalla (ver Figura 17) un tubo de ensayo con una muestra de la sustancia a analizar y se simula el proceso de disolución con el disolvente seleccionado.

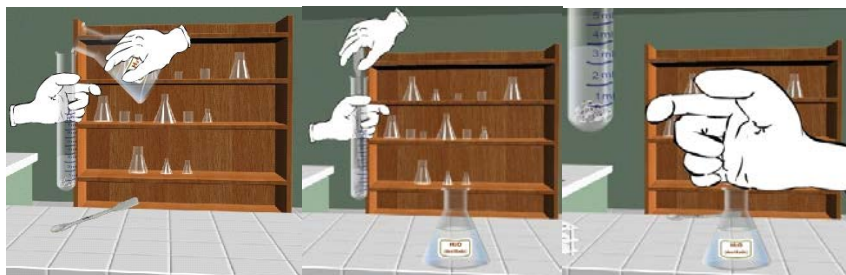


Figura 17. Ensayo de solubilidad en agua (sustancia no soluble).

- *Determinación de la temperatura de fusión.*

Al seleccionar este ensayo, aparece en pantalla una microplatina (ver Figura 18) y se observa el valor de la temperatura de fusión para la sustancia analizada.





Figura 18. Determinación del punto de fusión

Al concluir todos los ensayos para la primera muestra, aparece en la tabla una segunda sustancia (B) para el análisis y, así sucesivamente, hasta la muestra H. Una vez concluidos todos los ensayos, el estudiante debe seleccionar el tipo de enlace en dependencia de todo lo observado; para ello da clic en el submenú *Evaluación práctica* (ver Figura 19) y completa la tabla que allí aparece.

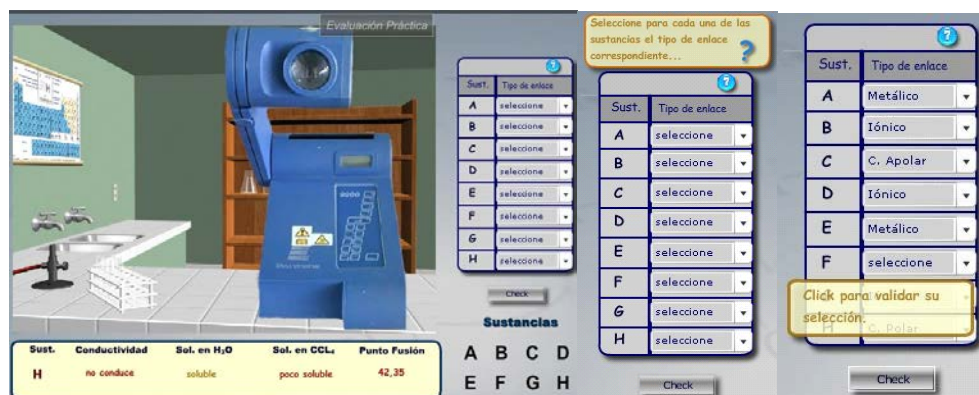


Figura 19. Selección del tipo de enlace para cada muestra analizada.

Al dar clic en el botón *Check*, se genera un informe de los errores cometidos (ver Figura 20) y se da la opción de repetir la práctica.

Tabla de Resultados							
Sust.	Conductividad	Solubilidad en H <sub>2</sub> O	Solubilidad en CCl <sub>4</sub>	Punto de fusión	Tipo de enlace seleccionado	Tipo de enlace correcto	OK
A	conduce	poco soluble	poco soluble	689,8	Metálico	metálico	✓
B	conduce	soluble	poco soluble	212	Iónico	iónico	✓
C	conduce	poco soluble	poco soluble	1083	C. Apolar	metálico	✗
D	no conduce	poco soluble	poco soluble	>3500	Iónico	covalente (enrejado, crist.)	✗
E	no conduce	soluble	poco soluble	171	Metálico	cov. apolar	✗
F	no conduce	poco soluble	soluble	112,8	Iónico	cov. apolar	✗
G	conduce	soluble	poco soluble	398	Iónico	iónico	✓
H	no conduce	soluble	poco soluble	42,35	C. Polar	cov. apolar	✓

**¡Advertencia!**  
 Ha seleccionado correctamente "4" enlaces de 8 posibles.  
 Su promedio de efectividad es de: 50%

Repetir práctica

Figura 20. Informe de errores y puntuación alcanzada.

## CONCLUSIONES

En los software elaborados se establece un ambiente visual de presentación de las simulaciones de las prácticas de laboratorio, que cumple con los requerimientos didácticos de tener semejanza con la imagen de un laboratorio real, ser interactivo, facilitar la preparación previa, el estudio independiente y la autoevaluación del alumno.

La utilización de estos software en las carreras de perfil no químico ha permitido sustituir las prácticas de laboratorio reales por las virtuales, y suplir así la carencia de utensilios y reactivos químicos; mientras que su aplicación en las carreras de Licenciatura e Ingeniería Química ha permitido que los estudiantes realicen el entrenamiento previo al laboratorio real; lo que ha posibilitado atenuar las deficiencias que traen los estudiantes de la enseñanza precedente. Asimismo, se contribuye al ahorro de recursos, al cuidado del medio ambiente y a la formación integral de los estudiantes con la utilización de las TIC.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ballesteros, R. (2003) Estrategia didáctica para la selección y ejecución de las prácticas de laboratorio sobre sistemas supervisores en la Carrera en Ingeniería en Automática, *Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas*, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara.
- Cardona, J. (2003) Experiencia Pedagógica en el Curso Introducción al Prototipado y la Manufactura Virtual. *Memorias del IX Congreso Internacional de Informática en la Educación. Convención Informática 2003*. La Habana.
- Gómez, M., et al. (2002) Desarrollo de un Laboratorio Virtual para la Enseñanza de la Química Analítica (I): Análisis por Vía Seca. *Memorias de TelEduc'02. Simposio Internacional de Tele - Educación y Formación Continua*. La Habana.
- Molina, J. (2012) Simulación de prácticas de laboratorio como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química General. *Tesis de Maestría en Computación Aplicada*, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara.

- Molina, J., Molina, V., Negrín Y.& Rodríguez, Y., (2011-a). *Laboratorio Virtual "Dureza del agua" (LVDA)*. Registro CENDA 214-2011. Habana.
- Molina, J., Molina, V., Negrín Y.& Rodríguez, Y., (2011-b). *Laboratorio Virtual "Propiedades de las sustancias" (LVPS)*. Registro CENDA 216-2011. Habana.
- Negrín, Y. (2010) Laboratorios virtuales para la enseñanza de la Química General, *Tesis de Maestría en Nuevas Tecnologías para la Educación*, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara.
- Rodríguez, Y. (2007). Modelo Teórico Metodológico para el Perfeccionamiento del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Química General. *Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas*. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Santa Clara.
- Rodríguez, Y., Molina, V., Martínez, M. & Molina, J. (2014). El proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química General con el empleo de laboratorios virtuales. *Revista Avances en Ciencias e Ingeniería*, 5(1), 67-79 (Enero/Marzo, 2014).
- Valdés, V. & González, J. (2002) *Consideraciones sobre el desarrollo de los software educativos*. Universidad Central de Las Villas-Universidad de Vigo.