

AUTOAPRENDIZAJE TUTORIZADO DE LOS ESTADOS DE LA MATERIA EMPLEANDO UN “SOFTWARE” INTERACTIVO

M^a Salud Climent Bellido*, M^a del Pilar Martínez Jiménez**, Gerardo Pedrós Pérez**,
Marta Varo Martínez**,
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Departamentos de Química Orgánica* - Física Aplicada**
qolcbem@uco.es // fa1majp@uco.es // fa1pepeg@uco.es // fa2vaman@uco.es

"La visualización de los Procesos Físicos y Químicos es de gran ayuda
para el aprendizaje de estas materias"





AUTOPRENSA DE TRABAJO DE LOS ESTADOS DE LA EXPERIENCIA EDUCATIVA CON SOFTWARE

Introducción

Contexto educativo del proyecto y fines de investigación

Descripción del software

Pantalla principal

Pantalla Laboratorio

Pantalla Gases

Pantalla Ley de Boyle

Pantalla Ley de Charles

Metodología de trabajo

Desarrollo y evaluación de la experiencia educativa

Diseño experimental de la investigación

Descripción del proceso seguido en las dos etapas de la experimentación

Evaluación de la experiencia

Análisis de los resultados

Conclusiones

Bibliografía



AUTOAPRENDIZAJE TUTORIZADO DE LOS ESTADOS DE LA MATERIA EMPLEANDO UN SOFTWARE INTERACTIVO

M. Salud Climent Bellido, Pilar Martínez Jiménez, Gerardo Pedrós Pérez, Marta Varo Martrín

Fecha de entrega: 8 marzo 2004

Fecha de aceptación: 20 abril 2004

RESUMEN

El sistema de créditos europeos (ECTS) se está aplicando de forma experimental en algunas de las Titulaciones de la Universidad de Córdoba. Con este nuevo concepto de crédito se pretende valorar todo el trabajo del alumno. En este artículo se presenta un software para el estudio interactivo de los estados de la materia, con el objetivo de la adaptación de la enseñanza al nuevo sistema educativo. En la primera parte, se presenta el programa como herramienta útil de trabajo. A continuación, se hace un estudio de esta nueva forma de aprendizaje, utilizando el software como medio visual de los procesos que el alumno debe aprender. Finalmente, se valora el conocimiento que el alumno ha adquirido utilizando esta herramienta didáctica, y se compara con los resultados obtenidos aplicando los métodos de enseñanza tradicional, basada en clases magistrales y toma de apuntes del alumno. Con este estudio hemos podido comprobar la eficacia de esta metodología, así como su aplicabilidad en los sistemas de créditos europeos.

PALABRAS-CLAVE

Estados de la Materia
Autoaprendizaje
Laboratorios Virtuales
Simulación
Sistema de Créditos Europeos (ECTS)

ABSTRACT

During this academical year, we are testing the new ECTS educational system in some of the Cordoba university studies. With this new credit concept, all the work of the students tend to be evaluated. This report presents an interactive software about the states of the matter we have developed so that it could be used for the new educational system. Firstly, we describe the application as an useful work tool and describe the methodology based on it. Finally, we evaluate the students' knowledge and compare the results obtained with this new tool and with the traditional one. As a consequence of that comparative study, we can conclude that the software described is useful for the ECTS system.

KEYWORDS

State of matter
Self-learning
Virtual Labs
Simulation
European Credit System (ECTS)



INTRODUCCIÓN

La Química es la ciencia que describe la materia, sus propiedades físicas y químicas, los cambios que experimenta y las variaciones de energía que acompañan a dichos procesos.

Las fuerzas intermoleculares se refieren a las fuerzas entre partículas individuales, átomos, iones y moléculas, de una sustancia. Estas fuerzas son las responsables del comportamiento no ideal de los gases y hacen posible la existencia de fases condensadas, es decir, líquidos y sólidos.

En el "Estado Sólido" las sustancias son rígidas y tienen forma definida. El volumen de los sólidos no varía en forma considerable con los cambios de temperatura y presión; en algunos sólidos denominados cristalinicos, las partículas individuales que los conforman ocupan posiciones definidas en la estructura cristalina. Las fuerzas de interacción entre las partículas individuales determinan la dureza y la resistencia del cristal.

En el "Estado Líquido" las partículas individuales están confinadas en un volumen dado. Los líquidos fluyen y toman la forma del recipiente que los contiene, sin que su volumen varíe. Los líquidos son difíciles de comprimir.

En el "Estado Gaseoso" las partículas que lo componen se mueven de forma caótica dentro del recipiente que los contiene, ocupando todo su volumen. Los gases son menos densos que los líquidos y los sólidos, se comprimen con facilidad y pueden expandirse hasta el infinito en ausencia de un recipiente que los contenga, con lo que las partículas individuales que contienen el gas estarán bastante separadas y no existirán fuerzas intermoleculares entre ellas, suposición que explica el comportamiento ideal de los gases.

La Química es la ciencia que describe la materia, [...] los cambios que experimenta...

Contexto Educativo del Proyecto y Fines de la Investigación

Debido al elevado número de alumnos matriculados en las ingenierías impartidas en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Córdoba, la docencia de asignaturas experimentales tales como Química, Física, etc. se hace difícil, especialmente con la entrada en vigor del nuevo sistema educativo de créditos europeos en el que se valora el trabajo global del alumno.

Ante esta situación, nuestro grupo de trabajo decidió desarrollar aplicaciones informáticas que, a modo de simuladores virtuales complementarios al material didáctico, facilitasen nuestra tarea docente. En un primer momento nos centramos en el desarrollo de laboratorios virtuales que estudiaran aspectos básicos de asignaturas tales como Física y Química; pero, a medida que hemos comprobado la eficacia de este método, hemos decidido abarcar problemas y conceptos cada vez más complejos.

Se pretende como objetivo último, comparar y analizar el resultado obtenido [...] cuando utilizan el método clásico o este sistema multimedia...

Concretamente, este trabajo trata de exponer los resultados obtenidos al trabajar con EDIEMA, un sistema virtual de simulación de marcado carácter pedagógico, que sirve de apoyo al estudio teórico práctico de la materia y los estados en que se presenta. Se trata de poder sustituir en parte a un laboratorio de Química para simular pruebas empíricas sobre la materia y sus estados y propiedades en un ordenador.

El sistema es un estudio simulado, de cada uno de los estados de la materia. En él se analizan experimentos relacionados con los gases, los líquidos y los sólidos, además de representar las distintas propiedades físicas de cada uno de ellos. Todo esto irá acompañado de una base teórica de consulta, en donde el usuario puede despejar cualquier duda referente al tema en estudio que se le pueda presentar.

Las principales ventajas que proporciona el sistema a desarrollar son las siguientes:

- Disponer de una herramienta nueva, que permite al profesor enseñar la materia como si estuviese en un laboratorio, mostrando a los alumnos experimentos y representaciones que de otro modo no podrían ver.
- Minimización de riesgos por contacto directo con las sustancias químicas.

De esta forma, con este software se pretende facilitar al alumno el estudio de los Estados de la Materia, aspecto de gran interés pero complejo por el gran número de experiencias que se necesitan para su correcto aprendizaje.

Se pretende como objetivo último, comparar y analizar el resultado obtenido en el aprendizaje de esta materia por parte de los alumnos cuando utilizan el método clásico o este sistema multimedia, con la finalidad de analizar la validez del proyecto y su uso en el nuevo sistema de crédi-

tos europeos que considera en gran medida el autoaprendizaje por parte del alumno.

DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

Para llevar a cabo los objetivos planteados se ha desarrollado un software de análisis, diseño y desarrollo de un sistema multimedia de apoyo al universitario, basado en el diseño en tres dimensiones de animaciones para la visualización por parte del usuario de los experimentos que explican las propiedades de los estados de la materia; gases, líquidos y sólidos, "*ESTUDIO DIDÁCTICO INTERACTIVO DE LOS ESTADOS DE LA MATERIA*". Este material, que ha sido publicado por la Universidad de Córdoba y subvencionado por "*El Proyecto nº02NPS059 de Innovación y mejora de la calidad docente*", se encuentra, por tanto, a disposición de cualquier profesor interesado que puede solicitarlo al servicio de publicaciones.

El marcado carácter pedagógico con el que se planteó el proyecto nos ha llevado a distinguir en él tres apartados: Tutorial, Simulación y Ejercicios. Además, la interactividad del software hace posible que el alumno no sea un simple observador sino que participe de forma activa en su proceso de aprendizaje. Por otra parte, una ventaja de esta forma de estudiar es que es posible aplicar el método científico basado en tres apartados: observación, representación e interpretación. Se simula un laboratorio virtual donde el alumno trabaja sin riesgo pero observando la experiencia que conduce al enunciado de leyes, hipótesis, etc.

Se ha obtenido un software multimedia de fácil uso, estructurado en pantallas en las que se distribuyen botones que permiten el avance de la aplicación de forma cómoda para usuarios poco expertos en informática. La estructura del software que se ha publicado, y en el que nos basamos para llevar a cabo el proyecto, se detalla a continuación.

...una ventaja de esta forma de estudiar es que es posible aplicar el método científico basado en tres apartados: observación, representación e interpretación...

En esta pantalla aparecen cinco botones: "*SIMULACIÓN DE ESTADOS*", "*TUTORIAL*" y "*EJERCICIOS*", que nos dan paso a cada una de

las secciones en las que se divide el software y los botones “VOLVER” y “SALIR”.

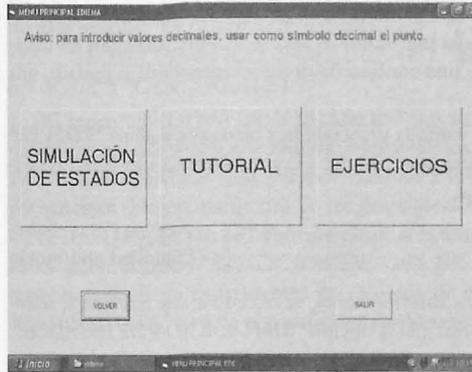


figura 1: PANTALLA PRINCIPAL

Así, por ejemplo, si hacemos clic sobre el botón “SIMULACIÓN DE ESTADOS”, veremos la pantalla “Laboratorio” en la cual podemos elegir qué estado vamos a estudiar; gaseoso, líquido o sólido.

Análogamente al seleccionar “TUTORIAL”, accedemos al tutorial teórico de la aplicación, donde podemos consultar cualquier duda teórica que haga referencia a los estados de la materia.

Por último, si hacemos clic sobre el botón “EJERCICIOS”, accedemos a la zona de evaluación de la aplicación. No obstante, antes de ello, el programa pedirá que identifiquemos que tipo de usuario somos. Para ello se cargará la pantalla “TIPO DE USUARIO”, con dos opciones posibles: “ALUMNO”, y “PROFESOR”.

Si el usuario hace clic sobre “ALUMNO” entrará a “HOJA DE EJERCICIOS DEL ALUMNO” lo que le permitirá realizar una evaluación de sus conocimientos a partir de unos test que previamente han sido creados por algún profesor.

Por el contrario, si nos identificamos como “PROFESOR” indicamos a la aplicación que es un profesor y que queremos entrar a la panta-

lla "HOJA DE EJERCICIOS DEL PROFESOR" lo que le permitirá crear test nuevos, modificar los existentes, imprimir test, etc. Si el usuario elige esta opción, se activará un cuadro de texto donde deberá escribir la contraseña de entrada a dicha pantalla, si es que la hay. Inicialmente la aplicación no tiene contraseña por lo que el acceso es libre para todos los usuarios. Puede establecer una contraseña desde el interior de la pantalla, una vez que haya entrado.

Por último, en la pantalla principal hay otros dos botones "VOLVER" y "SALIR" que nos permiten acceder a la pantalla anterior y cerrar el programa respectivamente.

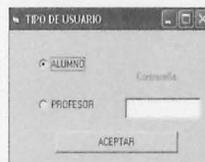


figura2: VENTANA DE SELECCIÓN DE USUARIO

Pantalla Laboratorio

Como se ha dicho anteriormente, se accede a este apartado al seleccionar en la pantalla principal la opción "SIMULACIÓN DE ESTADOS". Esta ventana nos permite elegir qué estado vamos a estudiar. Como se muestra en la siguiente figura, aparecen los botones "GASES", "LÍQUIDOS", "SÓLIDOS", "VOLVER" y "SALIR".

Cada uno de los botones "GASES", "LÍQUIDOS" y "SÓLIDOS" dan paso a las pantallas a las que dan nombre y que nos permiten realizar un estudio pormenorizado de cada uno de los estados de la materia y sus propiedades.

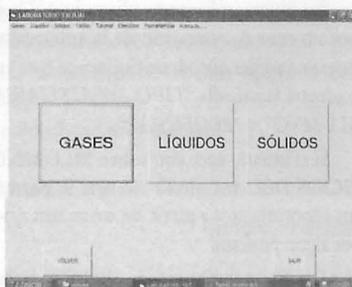


figura3: PANTALLA LABORATORIO

Pantalla Gases

Esta pantalla nos permite realizar un estudio en profundidad de los gases y sus propiedades. Podemos apreciar 5 marcos o partes distintas dentro de la pantalla; “ESTUDIO DE VARIABLES”, “LEYES GASES IDEALES”, “TEORÍA CINÉTICO MOLECULAR”, “RECOGIDA DE GAS EN AGUA” Y “GASES REALES”.

El marco “ESTUDIO DE VARIABLES” nos permite estudiar las variables que intervienen en el comportamiento de los gases. El marco “LEYES GASES IDEALES” nos permite estudiar a fondo cuáles son las leyes que rigen el comportamiento de los gases ideales. El marco “TEORÍA CINÉTICO MOLECULAR” permite estudiar la teoría cinético molecular de los gases. El marco “RECOGIDA DE GAS EN AGUA” muestra una representación de un experimento de recogida de gas en agua. El marco “GASES REALES” estudia el comportamiento real de los gases.

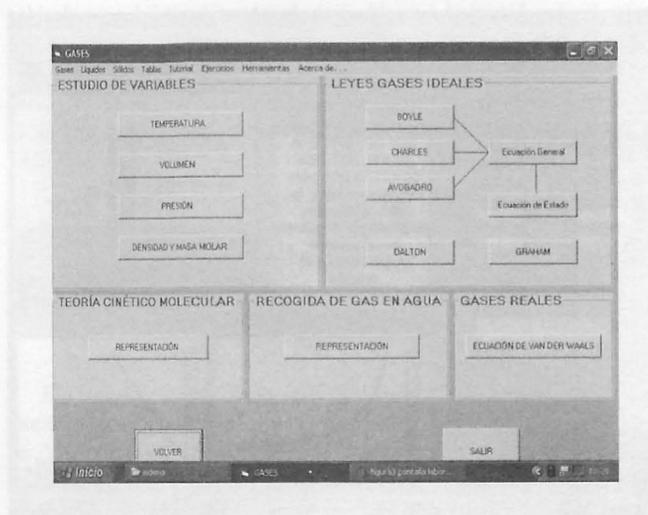


figura3: PANTALLA GASES

A continuación se muestran como ejemplo las pantallas que presentan la realización de las experiencias correspondientes a cada ley. A título de ejemplo se muestran el estudio de la *ley de Boyle* y el estudio de la *ley de Charles*.

Pantalla Ley de Boyle

Esta pantalla estudia cómo varía el volumen ocupado por un gas en función de la presión a la que es sometido. En ella aparecen tres marcos, "ECUACIÓN", "DATOS DE ENTRADA" y "RESULTADO"; los botones "VER ANIMACIÓN", "ANTERIOR" Y "SIGUIENTE" para controlar la representación gráfica, dos gráficas V-P y V-1/P que se generarán dependiendo del paso de la la representación que estemos viendo y los botones "VOLVER" y "SALIR"

La pantalla es la siguiente:

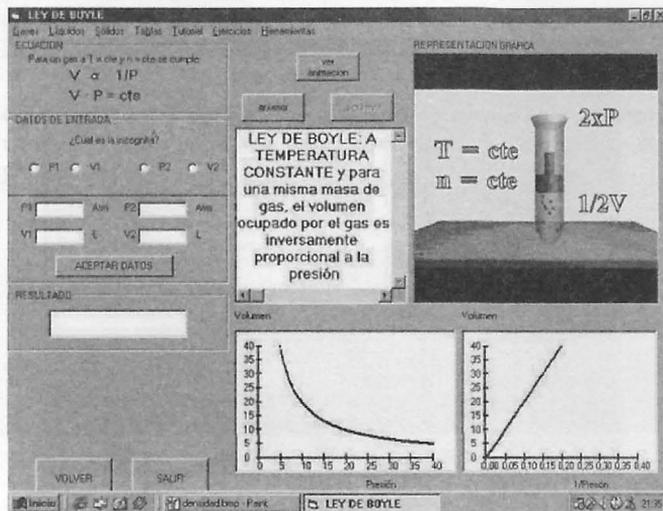


figura.3: PANTALLA LEY DE BOYLE

En el marco "ECUACIÓN" aparece la expresión matemática que se deriva de la ley de Boyle, y que dice, que *a temperatura constante el volumen ocupado por una cantidad n también constante de gas, es inversamente proporcional a la presión ejercida sobre el gas*. Esta relación será mostrada en las gráficas V-P y V.1/P.

Por lo que al Marco "DATOS DE ENTRADA" respecta, hace posible calcular 4 variables distintas P_1 , V_1 , P_2 o V_2 según la ecuación que se deriva de la Ley de Boyle $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$. Para seleccionar qué variable quiere calcular, el usuario debe de hacer clic sobre la opción que corresponda (P_1 , P_2 , V_1 , V_2). Con esta acción, queda seleccionada una variable concreta como incógnita, bloqueando la entrada de datos en el cuadro de texto correspondiente a la misma.

Una vez que el usuario ha seleccionado qué variable quiere calcular, tiene que introducir el valor de las otras tres variables que intervienen en la ecuación. Para ello dispone de cuatro cuadros de texto, uno para cada variable. Siempre habrá un cuadro de texto bloqueado impidiendo al usuario introducir cualquier valor en él, éste será el que se corresponda con la variable seleccionada como incógnita. Una vez que el usuario haya introducido los tres datos necesarios, sólo tiene que hacer clic sobre el botón "ACEPTAR DATOS" para calcular y ver el resultado en el marco "RESULTADO".

La "Representación Gráfica" muestra una simulación de cómo afecta un cambio de presión al volumen ocupado por un gas cualquiera. Para ver la simulación el usuario puede usar los botones "VER ANIMACIÓN", "ANTERIOR" y "SIGUIENTE".

Pantalla Ley de Charles

Esta pantalla estudia cómo varía el volumen ocupado por un gas en función de la temperatura a la que es sometido. En ella aparecen tres marcos, "ECUACIÓN", "DATOS DE ENTRADA" y "RESULTADO"; los botones "VER ANIMACIÓN", "ANTERIOR" y "SIGUIENTE" para controlar la representación gráfica; una gráfica V-T que se generará dependiendo del paso de la representación que estemos viendo; y los botones "VOLVER" y "SALIR".

Como en el apartado anterior, en el marco "ECUACIÓN" aparece la ecuación que se deriva de la ley de Charles, y que dice, que *a presión constante el volumen ocupado por una cantidad n también constante de gas, es proporcional a la temperatura del gas*. Esta relación será mostrada en la gráfica V-T.

De forma totalmente análoga a la vista anteriormente, el marco "DATOS DE ENTRADA" permite calcular 4 variables distintas T_1 , V_1 , T_2 o V_2 según la ecuación que se deriva de la Ley de Charles $V_1/T_1 = V_2/T_2$. Para seleccionar qué variable quiere calcular, el usuario debe de hacer clic sobre la opción que corresponda (T_1 , T_2 , V_1 , V_2). Con esta acción, queda seleccionada una variable concreta como incógnita, bloqueando la entrada de datos en el cuadro de texto correspondiente a la misma. El usuario tendrá que introducir los valores de las otras tres variables.

De forma similar el resto de pantallas simulan las experiencias para los tres estados de la materia.

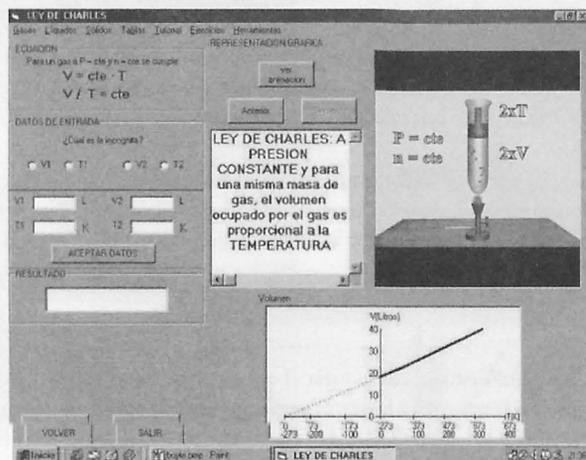


figura3: PANTALLA LEY DE CHARLES

De esta forma se ha obtenido una interfaz fácil de usar, clara y dinámica, que no requiere amplios conocimientos de informática por parte del usuario. Al mismo tiempo el entorno de trabajo para el usuario es agradable.

Por otra parte, se ha conseguido un software consistente, capaz de responder de manera adecuada a cualquier entrada introducida por el usuario y flexible con la que el usuario puede en cualquier momento cambiar del estudio de un estado a otro, acceder a la hoja de cuestionarios, tutorial, ayuda, tablas y herramientas y sin conducir al mismo a través de ningún patrón de comportamiento.

Para ello, se ha utilizado lenguaje HTML en la elaboración de algunas de las partes de la aplicación. Éste es el caso del módulo de problemas, el manual de usuario o el tutorial de la aplicación. Todos ellos presentan un diseño fácil de utilizar. Se pretendía que se tuviera a simple vista el mayor volumen de información relacionada posible. Esto no significa que el usuario vea exceso de información, pero si visualiza el lugar en el que se encuentra y a los que se puede dirigir sin perderse en el documento. Además, cada una de las partes en las que se puede dividir la pantalla son adaptables en cuanto a su proporción de ocupación en la misma facilitando una visión más amplia de aquellos aspectos de mayor interés.

La visualización de los vídeos realizados ha sido cuidadosamente tratada. De manera que la perspectiva de visión tomada, así como los colores y los elementos elegidos, hagan más fácil el aprendizaje por parte del usuario. Es decir, que son eminentemente educativos.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología seguida para su aplicación consiste en entregar a cada alumno un CD que contenga al software con el que ha de trabajar, bajo la tutela de un profesor que debe guiar al alumno para que éste utilice correctamente la herramienta de trabajo. Así mismo, cualquier duda que le surja durante el período de aprendizaje puede consultarla de forma individual al profesor, consiguiendo de esta forma que el alumno sea parte activa de su propio aprendizaje.

Por otra parte, y a pesar de que el software descrito es sencillo de utilizar y contiene además un módulo de ayuda que proporciona suficiente in-

... se ha obtenido una interfaz fácil de usar, clara y dinámica, que no requiere amplios conocimientos de informática por parte del usuario.



formación al usuario para poder manejarlo adecuadamente, para tratar de mejorar la eficacia educativa de este software hemos diseñado un programa-guía de actividades, que orientan el trabajo de los alumnos en su interacción con el ordenador, tratando de favorecer un proceso de aprendizaje activo y reflexivo. A continuación se describe brevemente la estructura de este documento y algunas de las actividades que lo integran.

La primera actividad propuesta consiste en responder de forma secuencial a una batería de cuestiones que el profesor-tutor confecciona a modo de preevaluación e introduce en el módulo de ejercicios al inicio de la experiencia. 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.

A continuación se debe realizar un repaso general del módulo tutorial del programa y recoger información para responder a diversas cuestiones, tales como: *¿Cuáles son las principales características de cada uno de los estados de la materia? ¿y las leyes por las que se rigen sus comportamientos? ¿Por qué los compuestos iónicos no existen como gases a 0°C y 1 atm? ¿Qué es el menisco de un líquido? ¿Por qué el del mercurio se curva en forma convexa en el vidrio? ¿Cuáles son las principales propiedades que lo diferencian de otros líquidos? ¿A qué se deben? Por ejemplo, ¿qué motiva el elevado valor del calor específico del agua? ¿qué ventajas se derivan de ello?...*

La tercera actividad global, integrada por un conjunto amplio de tareas específicas, consiste en acceder al módulo de simulación y desarrollar de forma virtual alguna experiencia concreta como es el caso de la *medida experimental de la masa molar de un gas*, siguiendo los pasos propuestos por el programa y respondiendo a diversas cuestiones a la vez que se va ejecutando la simulación. A modo de ejemplo se citan algunas de las cuestiones planteadas a los alumnos sobre este tema: *¿Qué pasos experimentales debemos seguir para cuantificar la masa de un gas? ¿en qué ley o leyes te basas?*

Tras finalizar el recorrido por el programa y realizar las actividades prácticas propuestas se aconseja volver de nuevo al módulo de ejercicios y responder a las nuevas cuestiones que presenta el programa para evaluar el aprendizaje realizado durante la sesión de trabajo y que fueron introducidas por el profesor según los objetivos didácticos propuestos al inicio de la experiencia. Por último, se aconseja al alumno

que reflexione sobre los resultados obtenidos en la evaluación final y que formule sus conclusiones personales sobre la utilidad educativa del software.

Para los alumnos que utilizan este programa, las tareas de mayor interés didáctico corresponden al desarrollo de la tercera actividad global del programa-guía, en las que se invita a los alumnos a reflexionar y analizar lo que están observando en la simulación, al mismo tiempo que siguen los pasos expuestos en el software

Nuestra línea de trabajo consiste en el desarrollo de programas tutoriales y simulaciones interactivas que contribuyan a mejorar el proceso de aprendizaje de nuestros alumnos en el dominio de la Física y de la Química.

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA EDUCATIVA

Diseño Experimental de la Investigación

Nuestra línea de trabajo consiste en el desarrollo de programas tutoriales y simulaciones interactivas que contribuyan a mejorar el proceso de aprendizaje de nuestros alumnos en el dominio de la Física y de la Química. En concreto, al diseñar este laboratorio virtual de química nos planteamos unos fines generales que se han expuesto anteriormente (posibilitar el acceso a información de tipo conceptual y procedimental, mejorar el conocimiento y manejo de instrumentos de laboratorio, fomentar el análisis crítico de resultados experimentales y favorecer la adquisición de destrezas científicas).

No obstante, además de desarrollar software didáctico, creemos que es necesario aplicar los programas elaborados en contextos educativos reales y evaluar su influencia en la adquisición de conocimientos científicos, mediante procesos de investigación educativa. En este caso, por tanto, nos hemos planteado un objetivo concreto principal: *estudiar cómo influye el empleo de este tipo de herramientas didácticas en el proceso de aprendizaje*

Para poder evaluar de forma cuantitativa este objetivo principal, lo hemos desglosado en cuatro objetivos o metas específicas, relacionadas con el aprendizaje de conceptos y procedimientos que desarrollan los alumnos al realizar trabajos prácticos de química con o sin ayuda del software que hemos descrito anteriormente. Tales objetivos específicos son los siguientes:

- a. Distinguir los estados de la materia de acuerdo con las principales características de los mismos (volumen, forma, densidad, compresibilidad y movimiento de moléculas)
- b. Conocer las principales propiedades de los gases y las leyes que rigen su comportamiento.
- c. Identificar los parámetros característicos de los líquidos (viscosidad, tensión superficial, capilaridad y presión de vapor)
- d. Conocer las estructuras de los sólidos

Para evaluar el logro de tales objetivos, con ayuda del software elaborado y sin ella, se ha comparado el progreso protagonizado por distintos grupos de alumnos de segundo curso de Ingeniería Industrial. En la primera fase del estudio se han recogido datos de dos grupos de alumnos, denominados grupos de control {GC1(N=41) y GC2 (N=39)}, que han seguido una metodología tradicional. En la segunda fase se han recogido datos de otros dos grupos de alumnos que han desarrollado los mismos contenidos teórico-prácticos utilizando el software descrito, como herramienta complementaria {GE1 (N=38) y GE2 (N=42)}.

Los valores medios de edad y de calificación media en la asignatura Fundamentos de Química cursada en el primer año de los estudios universitarios de ambas muestras no presentaban diferencias estadísticamente significativas, de modo que podemos suponer que los conocimientos previos y las capacidades de aprendizaje son equivalentes en los distintos grupos. El estudio comparativo de los resultados del aprendizaje, desarrollado por los grupos de control y los grupos experimentales, se realizó a partir de los datos obtenidos mediante la utilización de diversos instrumentos de evaluación que se comentan posteriormente.

Descripción del Proceso seguido en las dos Etapas de la Experimentación

Para llevar a cabo la primera experimentación con los grupos de control (GC1 y GC2) se han diseñado un conjunto de trabajos prácticos, proporcionando a los alumnos de tales grupos una información previa de carácter teórico y un programa de actividades a realizar durante el desarrollo de los trabajos prácticos.

... presenta [...] la capacidad de repetir de forma rápida la simulación de una experiencia las veces que se quiera...

Al finalizar este proceso los alumnos 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. Posteriormente 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 EDIEMA hemos repetido la experiencia anterior, usando de forma complementaria dicha herramienta, con los alumnos de los grupos experimentales (GE1 y GE2). Los contenidos educativos sobre conceptos y procedimientos de la segunda experimentación son los mismos que se han desarrollado en los grupos de control. Los dos grupos experimentales han trabajado en pequeños grupos durante varias sesiones.

El tiempo dedicado al desarrollo de la experimentación ha sido similar en ambas etapas, ya que los alumnos de los grupos experimentales han sustituido la instrucción teórica por la primera sesión de trabajo con el programa de ordenador, en la que han podido estudiar la información disponible en el módulo tutorial. Otras ventajas que presenta el uso del software son la capacidad de repetir de forma rápida la simulación de una experiencia las veces que se quiera y la posibilidad de recibir un diagnóstico sobre el nivel de aprendizaje en cada momento accediendo al módulo de ejercicios.

Después de trabajar con el software, los alumnos de los grupos experimentales han realizado los mismos trabajos prácticos que los alumnos de los grupos 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.

Evaluación de la Experiencia

Para hacer un balance del desarrollo de esta experiencia educativa, que permita conocer el grado de satisfacción en los logros de los objetivos educativos propuestos, se ha realizado una evaluación del aprendizaje desarrollado por cada uno de los alumnos pertenecientes a los grupos de control

(GC1 y GC2) y de los grupos experimentales (GE1 y GE2). En esta evaluación se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

1. la destreza en el diseño de experimentos
2. la calidad de los informes de practicas que han elaborado los alumnos al finalizar la experiencia, donde se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los trabajos prácticos realizados y las respuestas a las cuestiones propuestas en las guías de trabajo,
3. los resultados de una prueba experimental, en la que se le propone al estudiante una experiencia práctica de las vistas durante el proceso de aprendizaje
4. los resultados de una prueba escrita, integrada por diversas cuestiones en las que han de demostrar que saben relacionar los aspectos teóricos-prácticos implicados en el estudio.

El proceso de evaluación ha sido el mismo en los grupos de control y los grupos experimentales. Para evaluar el nivel de aprendizaje alcanzado por cada alumno en los cuatro objetivos educativos formulados se ha asignado una puntuación numérica global comprendida entre 0 y 10 puntos, en la que se integran los datos correspondientes a los aspectos citados anteriormente y que sirven para calificar el rendimiento específico alcanzado en cada objetivo. Por otra parte, para evaluar el rendimiento global de cada alumno se han sumado las puntuaciones correspondientes a los cuatro objetivos, de modo que a cada sujeto le corresponde una puntuación comprendida entre 0 y 40 puntos.

A partir de tales puntuaciones parciales se pueden definir categorías o niveles de aprendizaje globales, que permiten representar de forma gráfica tales diferencias y extraer conclusiones sobre el desarrollo de la experiencia, como veremos posteriormente. También se pueden realizar tratamientos estadísticos de diferencias de rendimiento entre grupos. Con los datos de la evaluación correspondientes a las puntuaciones parciales de los cuatro objetivos y a la puntuación global, obtenidos en esta experiencia en los grupos de control y experimental, se han aplicado diversas pruebas de contraste para analizar si las diferencias entre tales grupos son significativas desde el punto de vista estadístico. En concreto, dado que los datos cuantitativos manejados en este estudio no cumplen las restrictivas con-

diciones de aplicación de las pruebas estadísticas paramétricas, se ha optado por aplicar la prueba de Kruskal-Wallis, cuyos resultados se comentan posteriormente.

Análisis de Resultados

Para estudiar los resultados de la evaluación de cada uno de los objetivos hemos partido de las puntuaciones parciales asignadas a los alumnos de los diferentes grupos y se han establecido para cada objetivo cuatro categorías o niveles de aprendizaje atendiendo a la siguiente clasificación: La categoría I corresponde a puntuaciones muy bajas (aprendizaje deficiente), la categoría II corresponde a puntuaciones medias (aprendizaje regular o semiacceptable), la categoría III corresponde a puntuaciones altas (buen nivel de aprendizaje) y la categoría IV corresponde a puntuaciones muy altas (nivel de aprendizaje muy bueno). Esta clasificación se ha basado en el siguiente criterio: para una puntuación máxima de 10 puntos, aprendizaje deficiente para menos de 5 puntos, regular entre 5 y 7, bueno entre 7 y 9 y muy bueno por encima de los 9 puntos

Esta clasificación por niveles permite presentar los resultados de la evaluación de cada objetivo de una forma sencilla. En la tabla 1 se representan los resultados obtenidos por los alumnos de los grupos de control (GC1 y GC2), correspondientes a la evaluación de los cuatro objetivos (1º, 2º, 3º y 4º), distribuidos por categorías (I, II, III y IV). Para cada objetivo y grupo aparecen las frecuencias relativas o porcentajes correspondientes a cada uno de los cuatro niveles establecidos. En la parte izquierda de la tabla se representan los datos del grupo GC1 y en la parte de la derecha los del grupo GC2.

tabla 1: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE CONOCIMIENTOS DE LOS GRUPOS DE CONTROL

Categorías	GC1 (%)				GC2 (%)			
	Obj. 1º	Obj. 2º	Obj. 3º	Obj. 4º	Obj. 1º	Obj. 2º	Obj. 3º	Obj. 4º
I	37.5	29.2	36.1	33.3	41.8	22.4	29.8	46.3
II	40.3	45.8	47.2	44.4	32.8	34.3	43.4	34.3
III	13.9	15.3	9.7	16.7	20.9	26.9	17.9	16.4
IV	8.3	9.7	6.9	5.6	4.5	16.4	9.0	3.0

En la citada tabla se puede observar que los resultados obtenidos por ambos grupos son bastante similares en los cuatro objetivos evaluados. Al comparar los resultados de GC1 y GC2 en cada uno de los cuatro objetivos se observa que existen algunas diferencias en las diferentes categorías, pero al realizar un estudio de contraste estadístico entre las puntuaciones medias de cada grupo no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en ningún objetivo. Esto significa que ambos grupos han desarrollado un proceso de aprendizaje similar y han alcanzado un nivel de rendimiento parecido. Por otra parte, en ambos casos se observa, que las categorías III y IV muestran porcentajes mucho más bajos que las categorías I y II, de modo que se puede deducir que el aprendizaje alcanzado por los grupos de control no ha sido bueno, aunque se puede considerar aceptable a juzgar por los porcentajes alcanzados en la categoría II para cada uno de los cuatro objetivos por ambos grupos.

En los grupos experimentales se ha seguido el mismo proceso de evaluación que en los grupos de control y se han aplicado los mismos procedimientos de análisis y presentación de datos. En la tabla2 se representan los resultados obtenidos por los alumnos de tales grupos, mostrando en la parte izquierda de la misma los datos del grupo GE1 y en la parte de la derecha los del grupo GE2. En dicha tabla se puede apreciar que los resultados obtenidos por ambos grupos también presentan una distribución similar de porcentajes en las diversas categorías de los objetivos evaluados. Por otra parte, al realizar un estudio de contraste estadístico entre las puntuaciones medias de cada grupo no se aprecian diferencias estadísticamente significativas en ningún objetivo, lo cual es lógico porque ambos grupos tenían las mismas características iniciales, han desarrollado un proceso de aprendizaje similar y han alcanzado un nivel de rendimiento parecido.

Categorías	GE1 (%)				GE2 (%)			
	Obj. 1º	Obj. 2º	Obj. 3º	Obj. 4º	Obj. 1º	Obj. 2º	Obj. 3º	Obj. 4º
I	15.4	9.2	18.5	29.2	12.8	14.3	25.7	28.6
II	23.1	20	41.5	46.2	22.9	27.1	37.1	40
III	44.6	47.7	29.2	20	47.1	38.6	24.3	22.8
IV	16.9	23.1	10.8	4.6	17.2	20	12.9	8.6

tabla2: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE CONOCIMIENTOS DE LOS GRUPOS EXPERIMENTALES

Para analizar la influencia de la metodología seguida en los grupos experimentales se han comparado estos últimos resultados (tabla 2) con los que se habían obtenido previamente para los grupos de control (tabla 1). En este análisis comparativo se pueden apreciar varios hechos de interés que se comentan a continuación.

Al analizar los datos de los dos primeros objetivos se observa que los porcentajes de las categorías I y II son mucho mayores en los grupos de control que en los grupos experimentales, sin embargo en las categorías III y IV los porcentajes son bastante mayores en los grupos experimentales que en los grupos de control, lo que supone un trasvase del número de alumnos de los grupos GE1 y GE2 que han superado tales objetivos frente a los que no lo consiguen en los grupos GC1 y GC2. Así mismo, al aplicar diversas pruebas de contraste estadístico se aprecian diferencias significativas entre los valores medios de las puntuaciones obtenidas en los objetivos 1º y 2º a favor de los grupos experimentales. Esto nos induce a pensar que la utilización del software descrito conjuntamente con los trabajos prácticos han contribuido a mejorar el conocimiento sobre el diseño de experimentos y la elaboración de informes sobre los mismos.

Con relación al objetivo tercero, el análisis comparativo de las dos tablas nos muestra que los resultados también son mejores en los grupos experimentales que en los grupos de control, de modo que se puede afirmar que la metodología basada en el uso de software favorece el desarrollo de procedimientos y destrezas necesarias para resolver los problemas prácticos relacionados con este tema.

También se pueden analizar a partir de las tablas 1 y 2 los resultados del 4º objetivo, que está relacionado con la capacidad de resolución de cuestiones teórico-prácticas sobre los aspectos tratados en el desarrollo de la experiencia. En este caso se observan resultados relativamente parecidos en los cuatro grupos, caracterizados por la existencia de porcentajes más altos en los niveles de rendimiento inferior (I y II) que en los niveles superiores (III y IV) en toda la muestra. En el contraste de puntuaciones medias del cuarto objetivo no se aprecian diferencias estadísticamente significativas entre los diversos grupos, excepto en el grupo GC2 que obtiene un rendimiento menor que los otros grupos, debido al alto porcentaje de sujetos catalogados en el nivel I. El hecho de que los grupos GE1, GE2 y GC3

... el uso de software favorece el desarrollo de procedimientos y destrezas necesarias para resolver los problemas prácticos relacionados con este tema.

presenten resultados parecidos indica que el uso del laboratorio virtual no ha influido excesivamente en producir diferencias significativas entre los grupos experimentales y los de control con relación al desarrollo de este objetivo o que las cuestiones planteadas para presentar el mismo grado de dificultad para tales grupos.

Por último, hemos procedido a evaluar y categorizar el rendimiento general de cada alumno de los diferentes grupos, analizando el conjunto de datos obtenidos a lo largo de la experiencia. Para disponer de una calificación global se han sumado las puntuaciones correspondientes a los cuatro objetivos, de modo que a cada sujeto le corresponde una puntuación comprendida entre 0 y 40 puntos. Procediendo del mismo modo que antes, se han establecido cuatro categorías de rendimiento global que son las siguientes: I (puntuación global entre 0 y 10 o aprendizaje deficiente), II (puntuación global entre 10 y 20 o aprendizaje semiaceptable), III (puntuación global entre 20 y 30 que representa un buen nivel de aprendizaje) e IV (puntuación global entre 30 y 40, que corresponde a un nivel de aprendizaje óptimo o muy bueno).

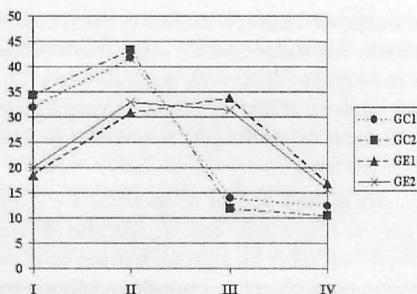


figura 7: ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS NIVELES DE RENDIMIENTO DE CADA GRUPO

En la figura 7, se representan los resultados globales de los cuatro grupos mostrando los porcentajes correspondientes a los cuatro niveles de rendimiento global en cada grupo. En primer lugar se puede observar que los grupos de control GC1 y GC2 muestran resultados muy parecidos en las cuatro categorías. Lo mismo les ocurre a los resultados de los grupos

experimentales GE1 y GE2, aunque estos grupos presentan un rendimiento global superior a los anteriores. En efecto, las categorías I y II representan un porcentaje mayor en los grupos de control respecto a los experimentales (con variaciones próximas al 15% y al 10% respectivamente). Por el contrario, en la categoría III obtienen resultados mucho mejores los grupos experimentales que los de control (con diferencias superiores al 20% entre tales grupos). Por último, en la categoría IV todos los grupos alcanzan unos porcentajes similares pero bajos, lo cual indica que ha resultado difícil alcanzar un nivel de rendimiento óptimo tanto para los grupos de control como para los grupos experimentales.

A partir del tratamiento estadístico de las puntuaciones globales de los cuatro grupos (mediante la prueba De Kruskal-Wallis) deducimos que el empleo de herramientas didácticas como EDIEMA favorecen el nivel medio de aprendizaje del Alumnado.

Finalmente, creemos que la similitud de resultados obtenidos en la categoría IV se debe a que en todos los grupos existen unos pocos alumnos que presentan un mayor nivel de conocimientos específicos y un alto interés por la asignatura, independientemente de la metodología de enseñanza

CONCLUSIONES

Desde nuestro punto de vista, la parte práctica en las Ciencias Experimentales juega un papel principal. Por ello creemos que el poder observar para representar y obtener conclusiones es base para una enseñanza-aprendizaje racional. De acuerdo con esta idea, hemos desarrollado este proyecto obteniendo un software con un marcado carácter pedagógico orientado a conseguir un aprendizaje comprensivo de los estados de la materia, tema de gran utilidad para alumnos que cursan Licenciatura en Química, Física, Biología e Ingeniería en las que se incluyen asignaturas de Química o Física. Por tanto, resulta útil no sólo para nuestros alumnos sino también para un gran número de estudiantes.

Como resultado se ha obtenido un software que presenta las siguientes características:

- **Carácter integrador:** puesto que combina las tareas esenciales existentes entre profesor y alumno, es decir, la aplicación incluye tareas para el alumno (cálculos numéricos, galería de animaciones); posibilidad de crear cuestionarios por parte del profesor (Hoja de cuestionarios del Profesor), y evaluación del alumno haciendo uso de los cuestionarios anteriormente creados (Hoja de cuestionarios del Alumno). Además, el alumno dispondrá en todo momento de ayuda teórica (tutorial) y de uso de la aplicación (ayuda).

- **Carácter interactivo:** ya que el alumno realiza el estudio de cada una de las propiedades, además de resolver sus dudas a través del tutorial con eficiencia, puesto que dispone de numerosos enlaces a todos los temas de estudio, acentuando de esta forma la interactividad.

- **Utilidad para el docente:** que puede explicar los temas tratados con mejor detalle y sin necesidad de hacer uso de instrumentos reales. Además, y como se ha comentado anteriormente, el profesor puede crear sus propios cuestionarios con los que podrá evaluar a sus alumnos de manera fácil y rápida.

Por otra parte, el estudio estadístico realizado nos permite concluir:

- El proceso de evaluación empleado proporciona resultados similares para los dos grupos de control considerados, por lo que se puede considerar fiable.

- Por otra parte, la similitud en los resultados obtenidos entre los dos grupos experimentales nos lleva a concluir que el proceso de aprendizaje diseñado es homogéneo

- Las diferencias que encontramos entre los niveles alcanzados por los grupos experimentales y de control nos llevan a afirmar que el software empleado es una herramienta didáctica adecuada para el proceso de aprendizaje.

BIBLIOGRAFÍA



-
- GUZDIAL, M. (1998), Making project-based learning work in undergraduate education technological support: Lessons in computer-supported collaborative learning. Proceedings of IV International Conference CALISCE '98, 19-32.
- LUQUE RUIZ, I; GÓMEZ-NIETO, M. Á. (1999), *Ingeniería del Software. Fundamentos para el desarrollo de sistemas informáticos*, Córdoba.
- MARTÍNEZ-JIMÉNEZ, P.; LEÓN-ÁLVAREZ, J.; PONTES-PEDRAJAS, A. (1994), *Enseñanza de las Ciencias*, Córdoba
- MOORE, J. W; KOTZ, J. C., STANITSKI, C. L.; JOESTEN, M. D. & WOOD, J. L. (2000), *El mundo de la química. Conceptos y aplicaciones*, México.
- PESCADOR ALBIACH, D. (1998), *3D Studio Max versión 2*, Madrid.
- PETROUTSOS EVANGELOS (1997), *El libro de Visual Basic 6*. Madrid.
- PETRUCCI, R. H. & HARWOOD, W. S. (1999), *Química General*, Madrid.
- PRESSMAN, R. S. (1998), *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico*, Madrid.
- WHITTEN, K. W.; DAVIS, R. E. & PECK, M. L. (1998), *Química General*, Madrid.