

## **Diseño y evaluación de un software educativo para el aprendizaje de las reacciones químicas con el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad**

Desing and evaluation of a educational software for learning of chemistry reactions with the Science, Technology and Society approach

**Catalina Betancourt Díaz**  
catabetancourt@hotmail.com

**Jesús Rodríguez Gómez**  
jrodriguez@upel.edu.ve

**Rafael Pujol Michelena**  
rpujolmich@yahoo.com

Universidad Pedagógica Experimental Libertador.  
Instituto Pedagógico de Caracas

### **RESUMEN**

*La investigación tuvo como propósito diseñar y evaluar la influencia de un software para el aprendizaje de las reacciones químicas con el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad y que diferencie entre los tres niveles de la química, para los cursos introductorios de Química en el Instituto Pedagógico de Caracas. La metodología corresponde a un desarrollo instruccional. La muestra fue de veinte y dos estudiantes de las especialidades de Biología y de Química del IPC. Entre los resultados se encontró que: en la evaluación formativa las opiniones fueron favorables sobre la interacción, contenido y diseño del software y en la evaluación sumativa hubo un aumento en las calificaciones de la postprueba comparada con las calificaciones de la preprueba en la mayoría de los estudiantes.*

**Palabras Claves:** Software educativo; reacciones químicas; enfoque Ciencia Tecnología y sociedad

## ABSTRACT

*This investigation had as purpose to design and to evaluate the influence of a software for learning chemistry reactions with the Science, Technology and Society approach and difference between the three levels of chemistry, for introductory courses of Chemistry in the Instituto Pedagógico de Caracas. Its methodology corresponded to an instructional development. The obtained sample correspond to twenty two students of the biology and chemistry programs of the IPC. It was found that: in the formative evaluation these opinions resulted favourable on its interaction, restrained and design of software. In the sumative evaluation, we observed in the majority of the students, an increment in the califications of the post-test, compared with the pre-test.*

**Key Words:** *Educational software; chemistry reactions; Science, Technology and Society approach*

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la enseñanza y aprendizaje de la Química, atraviesa por una serie de problemas que son comunes en todos sus niveles educativos, tanto en Venezuela como en otros países. Diferentes investigaciones señalan que existen tres elementos relacionados con las dificultades que presentan los estudiantes para aprender: (a) el enfoque utilizado en la enseñanza de las ciencias, (b) no considerar las concepciones alternativas y (c) la no diferenciación de los niveles de la Química: macroscópico, submicroscópico y representacional (Fensham, 1988; Nakhleh, 1992; Pintó, Aliberas y Gómez, 1996 y Pujol, 1998).

Un análisis sencillo de la influencia de estos tres elementos, llevaría a afirmar que, en cuanto el enfoque utilizado en la enseñanza de la Química, muchas veces esta disciplina es situada en un contexto alejado de la realidad del estudiante, sin destacar sus implicaciones prácticas o aplicaciones tecnológicas y sociales, lo que conlleva a la concepción de una imagen distorsionada de la misma. Referente al segundo elemento, no se toman en cuenta las concepciones alternativas que los estudiantes

tienen acerca de los diferentes conceptos de química y, por tanto, la enseñanza de éstos no conduce a un apropiado desarrollo conceptual por parte del estudiante. Por último, se debe señalar la falta de diferenciación de los tres niveles de la Química: macroscópico, submicroscópico y representacional, lo cual es importante para lograr el cambio conceptual, ya que en diversas investigaciones ha sido señalada como la causa de algunas concepciones alternativas (Pujol, 1998).

Esta situación condujo a plantear la presente investigación, que tuvo como propósito diseñar, desarrollar y evaluar un software educativo sobre el tema de las reacciones químicas, con el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), que diferencie entre los tres niveles de la Química, para los cursos introductorios de Química de las especialidades de Biología y de Química en el Instituto Pedagógico de Caracas.

La elaboración de un software educativo siempre parte de una idea inicial que parece potencialmente poderosa para favorecer los procesos de enseñanza y aprendizaje, y que va tomando forma poco a poco; una idea que configura unas actividades atractivas para el estudiante que potencialmente pueden facilitar la consecución de unos determinados objetivos educativos.

El tema que se seleccionó para desarrollar el software fue el de reacciones químicas. El interés por la construcción de este concepto en los estudiantes, obedece a su importancia como concepto estructural y fenómeno central de la Química. Es importante en este sentido, que los estudiantes interpreten una reacción química utilizando el modelo de partículas y esencialmente la conciben como una reorganización de los átomos, que implica la ruptura y formación de enlaces químicos, conduciendo ello a la producción de nuevas sustancias.

## **Aplicación del enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en la enseñanza de la Química**

El enfoque CTS abarca un espectro completo de incidentes críticos en el proceso educativo, incluyendo metas, currículo, estrategias instruccionales, evaluación, preparación y rendimiento del profesor. El esfuerzo básico para el enfoque CTS es la producción de información para el ciudadano común, capacitándolo para tomar decisiones cruciales y llevar a cabo acciones. Por tanto, CTS significa enfocar la enseñanza hacia problemas cotidianos e intentar resolverlos para preparar a las personas en el desempeño de su rol en el futuro como un ciudadano consciente.

Bodner (1988) señala que la enseñanza de la Química con enfoque CTS debe incluir, entre otros los siguientes aspectos: (a) desarrollo de destrezas relacionadas con el desenvolvimiento diario, como son leer etiquetas de productos alimenticios, de limpieza, medicinas, etc; (b) la búsqueda de fuentes de información, que permitan evaluar las precauciones que deben tenerse al momento de utilizar un producto particular; y (c) enseñar a discriminar entre lo científico y lo pseudocientífico.

Otro estudio señala la importancia de que los estudiantes aprendan a utilizar los principios químicos para desarrollar el pensamiento crítico, haciendo uso de productos de consumo diario. Entre los principios químicos que se destacan, se encuentran los siguientes: la aplicación de la ley de la conservación de la energía, vista a través por ejemplo, de las píldoras para perder peso; la relación entre la estructura y propiedad, presentada mediante el análisis de drogas tipo aspirina y acetaminofen, y la toma de decisiones sobre cuál medicamento es más eficiente en función de su estructura y propiedades como por ejemplo, en el uso de las nuevas drogas contra el cáncer (Hill, 1988).

Es importante reconocer que la Química, aun desde una perspectiva no matemática, es un excelente medio para ayudar a los estudiantes a aprender a pensar y a relacionar lo aprendido en el contexto de la vida diaria. Uno de los problemas en la enseñanza de la Química es que ésta se enseña como si todos los estudiantes fuesen a ser ingenieros

o químicos, y no se motiva a quienes probablemente nunca utilizarán, como especialistas, a la Química en sus vidas. Es aquí donde enseñar esta disciplina relacionada con la vida diaria es de primordial importancia (Bodner, 1988).

### **Aplicaciones de software con enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad**

Las aplicaciones que ofrece un software con enfoque CTS permiten ubicarlo como un importante centro de atención tecnológica educativa. Un estudio presentado por Kumar (1991) plantea cómo el software se puede utilizar como una herramienta para relacionar científicos y tecnológicos y hacer relaciones significativas en educación CTS. En tal sentido, muestra las posibles aplicaciones del software en educación CTS, aunque señala que éstas no han sido exploradas lo suficiente. El potencial para trabajar temas significativos con el enfoque CTS justifica la aplicación de esta nueva tecnología.

Al utilizar esta técnica, los profesores pueden llevar la iniciativa a sus estudiantes en las discusiones sobre cada relación y hacerles preguntas para explorar su importancia con referencia al tópico CTS elegido para el análisis. Por tanto, el diseño de un software con estas características ofrece grandes esperanzas para la educación CTS del mañana y, como consecuencia, puede hacer del aprendizaje de la ciencia una relevante experiencia tecnológica y social.

### **Las concepciones alternativas, los niveles de la química, y su relación con el aprendizaje de las reacciones químicas**

En el área de la Química se han realizado muchos estudios en cuanto al diagnóstico de las concepciones alternativas, específicamente, para el tópico de las reacciones químicas se ha encontrado reportadas en la bibliografía diferentes concepciones, las cuales se resumen en el siguiente cuadro.

**Cuadro 1. Concepciones Alternativas y Dificultades para el Aprendizaje de las Reacciones Químicas más Comunes Reportadas en la Bibliografía**

Autor(es) / año	Concepciones Alternativas y Dificultades Reportadas
Nakhleh (1992)	<ul style="list-style-type: none"><li>• El balanceo de las ecuaciones químicas se concibe como un ejercicio estrictamente algorítmico.</li><li>• Los estudiantes presentan dificultades para dibujar diagramas de moléculas al explicar las ecuaciones químicas a nivel microscópico.</li><li>• No utilizan la información contenida en los coeficientes y subíndices de una ecuación química para construir modelos de moléculas individuales.</li></ul>
Ben-Zvi, Eylon y Silberstein (1988)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Algunos estudiantes parecen tener un modelo aditivo de las reacciones, es decir, los compuestos son concebidos como la simple unión de fragmentos.</li></ul>
Chastrette y Franco (1991)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Los estudiantes poseen una gran confusión entre las reacciones químicas y las transformaciones físicas.</li><li>• No utilizan las explicaciones microscópicas de las reacciones químicas, sino que todas las explicaciones que dan corresponden a un nivel macroscópico.</li></ul>
Caruso, Castro, Domínguez, García-Rodeja, Iturralde, Rocha y Scandrolí (1998)	<ul style="list-style-type: none"><li>• A nivel macroscópico, consideran que ocurre una reacción química cuando cambian algunas de las propiedades de las sustancias.</li><li>• A nivel microscópico, piensan que varían la forma, el tamaño y el color de los átomos cuando ocurre una reacción química.</li><li>• Conciben que sólo hay reacción química si se unen dos sustancias distintas o, que a nivel microscópico, ocurre una reacción química cuando se unen átomos distintos.</li></ul>

Un estudio realizado por Russell, Kozma, Jones, Wykoff, Marx y Davis (1997) señalan la no diferenciación de los niveles: macroscópico, submicroscópico y simbólico de la Química, como una de las posibles causas de algunas concepciones alternativas en esta área. Estos autores argumentan que diferentes estudios demuestran que los estudiantes que tienen la habilidad para visualizar fenómenos químicos a nivel molecular desarrollan un buen entendimiento conceptual de la química. Basados en esto, realizaron un estudio sobre el uso de un software que presenta estos tres niveles. Los resultados de la evaluación de la efectividad del software reportan puntuaciones significativamente altas del postest en comparación con el pretest, además del decrecimiento de las concepciones alternativas. El siguiente cuadro muestra algunas posibles soluciones ante la situación planteada anteriormente.

**Cuadro 2. Alternativas de Solución propuestas a los Problemas sobre Concepciones Alternativas y Dificultades para el Aprendizaje de las Reacciones Químicas Reportadas en la Bibliografía**

---

<b>Autor(es) / Año</b>	<b>Alternativas de Solución</b>
Russell y otros (1997)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diseñaron un software que permite visualizar simultáneamente los tres niveles de la Química</li><li>• Facilita la interacción, el estímulo y la capacidad de los estudiantes en la construcción de modelos mentales en conceptos y fenómenos químicos</li></ul>
Pujol (1998)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Señala que el uso del software permite a los estudiantes visualizar, a nivel de partículas, cómo se forman o rompen enlaces debido a las interacciones</li></ul>

---

Es necesario destacar que los estudiantes presentan dificultades para concebir las reacciones químicas como el reacomodo de átomos, es decir, una visión en el nivel submicroscópico de la Química, lo cual podría ilustrarse con simulaciones por computadora usando un modelo

de esferas. Esto, probablemente, ayudaría a facilitar en el estudiante el desarrollo de este concepto.

Además, permitiría la posibilidad de presentar diferentes opciones en Ciencia, Tecnología y Sociedad al estudiante, dándole oportunidad de seleccionar sus propias rutas para el aprendizaje de las reacciones químicas. Todo esto, refuerza la selección del software educativo como el medio instruccional más apropiado para la problemática planteada.

## MÉTODO

El estudio se enmarca dentro de un Desarrollo Tecnológico, que permite proponer soluciones conducentes a la satisfacción de las necesidades que se detecten en una organización, utilizando un enfoque sistémico (Szczurek, 1990).

La problemática particular que se está tratando en este proyecto se encuentra dentro del campo más específico del *Desarrollo de Medios Instruccionales*, que se define como el proceso mediante el cual se proponen nuevas tecnologías y medios tendientes a hacer más efectivo, para así intentar dar solución a los problemas de enseñanza y aprendizaje del estudiante cuyos orígenes están en causas instruccionales (Dorrego, 1994; Rubino y Montoya, 1990 y Szczurek, 1990).

La muestra estuvo representada por un total de 29 estudiantes, de los cuales 20 pertenecían a la especialidad de Biología, del curso Fundamentos de Química y 9 a la especialidad de Química, del curso Química General del Instituto Pedagógico de Caracas.

## Materiales e instrumentos

Para elaborar el software se dispuso de la siguiente herramienta computacional: un computador personal Pentium de 166 MHz, con 32 Mb



de RAM, un scanner F-600, equipo multimedia, copiadora de CD-Rom, una unidad Zip y el lenguaje de programación Visual Basic 6.0.

Para realizar la evaluación del software fue necesaria la aplicación de diferentes instrumentos. Esta evaluación fue de dos tipos: evaluación formativa y evaluación sumativa (Dorrego, 1994). La evaluación formativa del software permitió la validación del mismo, en cuanto a: las características técnicas, las características didácticas y el contenido de la especialidad. Esta evaluación se realizó por juicio de expertos, mediante la aplicación de tres instrumentos diseñados y validados, para tal fin. Además, se utilizó un registro de observación para el estudio piloto de los estudiantes.

En la evaluación sumativa se aplicó una prueba, que permitió determinar la influencia del software elaborado en el aprendizaje de las reacciones químicas, aplicándola mediante una pre- prueba y una post-prueba, incluidas en el software.

La prueba sobre reacciones químicas está formada por un banco de 70 preguntas contenidas en la base de datos del software y validada por la técnica de juicio de expertos, considerado para ello dos docentes del área de Química del nivel de Educación Superior. Las preguntas están clasificadas en función del contenido y del grado de dificultad. Es de hacer notar, que estas preguntas presentan un contexto al estudiante que incluye aplicaciones tecnológicas y su impacto social, que conlleva a un planteamiento que muestra el enfoque CTS. Además, en el contenido se observan los tres niveles de la Química.

### **Procedimiento**

Para la ejecución del trabajo, se siguió una metodología adaptada de los modelos de Dorrego (1994) y Szczurek (1990). La siguiente figura muestra el modelo de desarrollo instruccional propuesto por Szczurek (1990), que incluye las cuatro fases básicas de un modelo práctico a seguir y que interactúan entre sí.

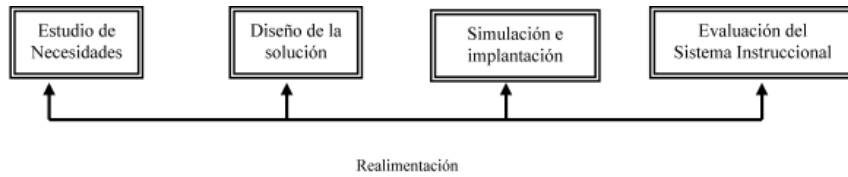


Figura 1. Modelo de desarrollo instruccional. Tomado de Szczurek (1990).

Por otra parte, la figura 2 muestra el modelo para el diseño instruccional del medio propuesto por Dorrego (1994), que plantea, además de otras etapas, una evaluación de tipo formativa y sumativa.

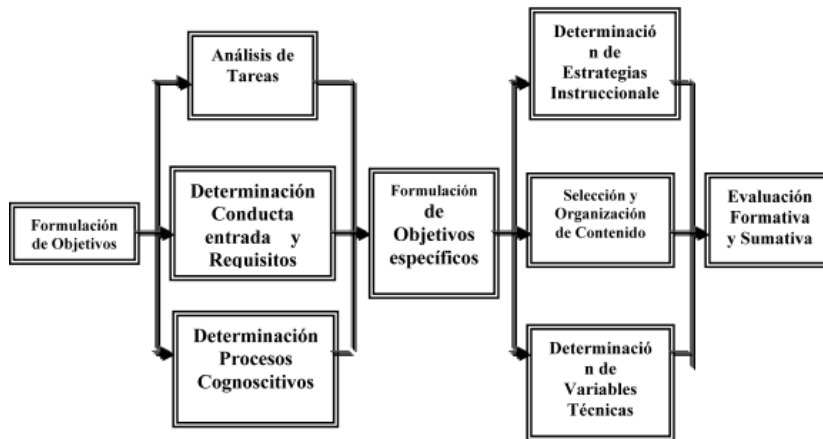


Figura 2. Modelo de diseño del medio instruccional. Adaptado de Dorrego (1994).

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentarán en cada fase del desarrollo tecnológico instruccional. Además, se hará referencia de las calificaciones obtenidas por los estudiantes en las pruebas aplicadas.

### **Estudio de necesidades**

El diagnóstico o estudio de necesidades se realizó mediante una revisión bibliográfica, alternativa propuesta por Dorrego (1994), encontrándose, entre otros aspectos, que para el estudio de las reacciones químicas, es importante tomar las concepciones alternativas que pueda tener el estudiante en relación a las reacciones y ecuaciones químicas, referidas anteriormente en el cuadro 1. Así mismo, se encontraron algunas propuestas de posibles soluciones a esta problemática presentadas por varios autores, las cuales se presentaron en el cuadro 2.

### **Diseño del Software Educativo**

El diseño del *software*, titulado: “El Origen de Nuevas Sustancias: Reacciones Químicas” fue producto de una exhaustiva revisión sobre distintos contenidos en relación a este fenómeno y ejemplos de la aplicación del enfoque CTS, hasta tomar la decisión sobre las opciones didácticas que ofrece el *software* al estudiante; además, de las simulaciones y ejercicios que permiten al estudiante obtener una visión a nivel submicroscópico del concepto de reacciones químicas; así como diferentes ejemplos de aplicaciones de las reacciones en la vida diaria, para lograr captar su interés.

La versión final del *software* consta de 86 pantallas, que incluyen presentación, introducción y aplicación de pruebas. De las restantes: 35 corresponden a la opción de ciencia, 20 de tecnología y 17 relacionadas con la sociedad. En la siguiente figura se muestran algunas de las pantallas del software.

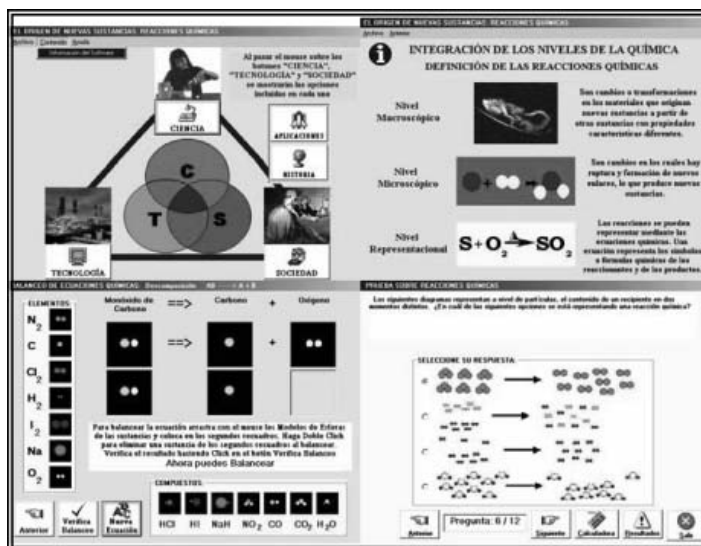


Figura 3. Pantallas del software que muestran la aplicación del enfoque CTS, la interacción de los tres niveles de la Química, el balanceo de ecuaciones químicas a nivel submicroscópico y el modelo de preguntas de la prueba.

### Implantación y Evaluación del Software

Para la versión de trabajo con el *software*, se destinó un tiempo de 2 horas. Una vez que el estudiante inicia su interacción con el *software*, se presentan las pantallas iniciales donde se registran sus datos personales y, posteriormente, se le presenta la pantalla que da inicio a las 12 preguntas de la preprueba. Una vez finalizada, comienza su recorrido por las opciones didácticas de Ciencia, Tecnología y Sociedad que el estudiante seleccione. Al cumplirse el tiempo previsto de interacción con el *software*, el estudiante selecciona la opción de salir y presenta la postprueba, con la posibilidad de observar los resultados obtenidos.

En el cuadro 3, se puede observar que la calificación más alta obtenida, tanto en la preprueba como en la postprueba, fue de 10 puntos y la menor calificación fue de 2 puntos. Se notan algunos casos donde la calificación se mantuvo igual, 10 estudiantes de 29 que se analizaron, 8 estudiantes disminuyeron su calificación, y el resto, 11 estudiantes, aumentaron sus

calificaciones. Al analizar las calificaciones obtenidas agrupadas por especialidad, Biología y Química, se puede observar, en líneas generales, que los estudiantes de Química obtuvieron mayor rendimiento en ambas pruebas, aunque las mayores diferencias de calificación entre la preprueba y la postprueba se obtienen con los estudiantes de la especialidad de Biología. Además, se debe considerar que, entro del grupo de Química, se encontraban estudiantes que cursaban Química General, quienes se incluyeron porque el número de estudiantes de la especialidad de Química en las dos secciones de los cursos de Fundamentos de Química eran muy pocos. Sin embargo, como ya habían tomado este curso, la influencia del software en su aprendizaje posiblemente fue menor.

**Cuadro 3. Resultados obtenidos en la preprueba y la postprueba sobre reacciones químicas para los estudiantes de la especialidad de Biología y de Química.**

Sujeto	Calificación (12 puntos) / Especialidad de la Carrera			
	Biología		Química	
	Preprueba	Postprueba	Preprueba	Postprueba
1	2	7	8	8
2	2	5	7	8
3	7	8	7	6
4	4	7	8	9
5	5	4	7	8
6	3	3	3	2
7	3	3	10	10
8	5	8	6	4
9	6	7	9	9
10	6	6		
11	7	6		
12	7	7		
13	6	6		
14	4	5		
15	7	5		
16	6	6		
17	4	4		
18	6	5		
19	4	7		
20	7	6		

Se puede afirmar que el uso del *software* tuvo una influencia positiva en el aprendizaje de las reacciones químicas para la muestra estudiada, en función de las calificaciones obtenidas en ambas pruebas, al alcanzarse un aumento en el rendimiento de los estudiantes. Sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa. Tal y como lo muestran los resultados presentados en el cuadro 4 del análisis estadístico con la utilización del programa SPSS 7.0 para Windows.

**Cuadro 4. Resultados obtenidos para la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas**

Variables		N	Rango Promedio	Suma Rangos	Media	Diferencia Medias	Z	Sig. (bilateral)
Pre prueba	Rangos Negativos	11 <sup>a</sup>	11,18	123	5,7241	-0,4138	-1,162 <sup>d</sup>	0,245
	Rangos Positivos	8 <sup>b</sup>	8,38	67	6,1379			
Post prueba	Empates	10 <sup>c</sup>						
	Total	29						

*Nota.* a = Preprueba < Postprueba; b = Preprueba > Postprueba; c = Postprueba = Preprueba;  
d = Basado en los rangos negativos.

En este cuadro se observa que para el par de variables: calificaciones de la preprueba y postprueba de todo el grupo, la diferencia de medias es pequeña -0,4 aproximadamente un 10% del valor de una de ellas. El valor negativo de la diferencia de media, se debe a que la media de las calificaciones de la postprueba es mayor que las calificaciones de la preprueba. El valor de la probabilidad de dos colas (sig. bilateral) asociada con el valor de z es grande, el valor 0,245 es mayor que 0,05, el nivel de

significación referencial. Debido a esto, se acepta la igualdad entre los rangos de ambas variables: calificaciones de la preprueba y calificaciones de la postprueba, para este grupo de estudiantes, es decir, se puede afirmar que no existe diferencia estadísticamente significativa, a un nivel de 0,05 en el rendimiento de los estudiantes.

## **CONCLUSIONES**

Se comprobó la viabilidad de la aplicación del modelo de desarrollo instruccional adaptado de Szczurek (1990) y Dorrego (1994), cumpliendo con todas las fases propuestas: estudio de necesidades, diseño de la solución, desarrollo de la solución, implantación y evaluación, tanto formativa como sumativa, a pesar de la complejidad que amerita un trabajo de este tipo.

La revisión bibliográfica permitió determinar, en la fase del estudio de necesidades, tres elementos que influyen en el aprendizaje de las reacciones químicas: el enfoque didáctico, las concepciones alternativas y la diferenciación de los niveles de la Química; lo cual influyó de manera significativa en el diseño y desarrollo del software educativo.

Se encontró un aumento en las calificaciones obtenidas por el grupo, al comparar los resultados de la postprueba con la preprueba, más no fue estadísticamente significativo.

## **REFERENCIAS**

- Ben-Zvi, R., Eylon, B. y Silberstein, J. (1988). Theories, principles and laws. *Education in Chemistry*, May, 89-92
- Bodner, G. (1988). Consumer chemistry critical thinking at the concrete level. *Journal of Chemical Education*, 65 (3), 212-213

- Caruso, M., Castro, M., Domínguez, J., García-Rodeja, E., Iturralde, C., Rocha, A. y Scandrolí, N. (1998). Construcción del concepto de reacción química. *Educación Química*, 9 (3), 150-154
- Chastrette, M. y Franco, M. (1991). La Reacción Química: Descripciones e interpretaciones de los alumnos de liceo. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), 243-247
- Dorrego, E. (1994). Modelo para la producción y evaluación formativa de medios instruccionales, aplicado al video y al software. *Revista de Tecnología Educativa*, 12(3), 313-327
- Fensham, P. (1988). Approaches to the teaching of STS in science education. *International Science Education*, 10(4), 347-356
- Hill, J. W. (1988). Using chemical principles to encourage critical thinking in consumer chemistry. *Journal of Education*, 65(3), 209-210
- Kumar, D. (1991). Hypermedia: A tool for STS education? *Bulletin Science Technology Society*, 11(270), 331-332
- Nakhleh, M. (1992). Why some students don't learn chemistry? Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191-196
- Pintó, R., Aliberas, J. y Gómez, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 221-232
- Pujol, R. (1998). *Concepciones sobre los modelos científicos, átomos y moléculas de estudiantes de cursos superiores (8° - 10° semestre) en la mención Química del Instituto Pedagógico de Caracas*. Trabajo de ascenso no publicado, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Caracas
- Rubino, A. y Montoya, E. (1990). El Desarrollo de la instrucción, una aproximación a su perfil. *Ponencia presentada en el VI Seminario Nacional de Investigación Educativa*. Caracas: Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas



- Russell, J., Kozma, R., Jones, T., Wykoff, F., Marx, N. y Davis, J. (1997). Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts. *Journal of Chemical Education*, 74(3), 330-334
- Szczurek, M. (1990). Tendencias actuales de la Tecnología Educativa. *Ponencia presentada en las Cuartas Jornadas de Tecnología Educativa en Venezuela, Caracas*