

## **Integración de elementos didácticos y del diseño en el software educativo hipermedial “Estequiometría. Contando masas, moles y partículas”**

**Maricarmen Grisolia<sup>1</sup> y Carmen V. Grisolia<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Facultad de Humanidades y Educación, <sup>2</sup>Facultad de Arte. Universidad de Los Andes. Mérida, 5101 - Venezuela. E-mail: [marygri@ula.ve](mailto:marygri@ula.ve)

**Resumen:** Se describe el proceso de diseño y elaboración de un Software Educativo para la Enseñanza y el Aprendizaje de la Estequiometría. Esta investigación se realizó en dos partes. Inicialmente se entrevistó a un grupo de docentes de Química para conocer su opinión acerca del uso del Software Educativo, y sobre cuáles contenidos debían incluirse. Luego se conformó un grupo de trabajo para proceder al desarrollo del Software, siguiendo un modelo constituido por cinco fases. El Software se diseñó bajo un enfoque constructivista, incluyendo contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, siguiendo la metodología de elaboración de Unidades de Aprendizaje para establecer los objetivos y las actividades de aprendizaje, en acuerdo con los contenidos. Posteriormente se tomaron en cuenta elementos del Diseño Gráfico para adaptar el Software a las características del usuario final. Finalmente, el Software se desarrolló en un programa de autor, permitiendo empaquetarlo en un formato accesible para la población a la que va dirigida. El Software superó las pruebas funcionales, y mostró que puede ser utilizado por docentes y estudiantes como material de apoyo didáctico para la enseñanza y/o el aprendizaje de la Estequiometría. En una próxima investigación nos proponemos perfeccionar el Software con base en la validación por usuarios.

**Palabras clave:** Software educativo, diseño gráfico, estequiometría, enseñanza y aprendizaje de la Química.

**Title:** Integration of didactic and design elements in the hypermedia educational software “Estequiometría. Contando masas, moles y partículas”

**Abstract:** We describe the process of design and development of an Educational Software for Stoichiometry teaching and learning. This study was performed in two parts. First, we interviewed several Chemistry teachers in order to know their opinions about the use of the Educational Software, and about which contents should be included. Then, we formed a workgroup to proceed to the Software’s development, following a five steps model. The Software was designed under a constructivist approach, including conceptual, procedural and attitudinal contents, following the methodology for the elaboration of Learning Units to establish learning objectives and activities, according to the contents. We also took into account some Graphics Design elements to adapt the Software to the characteristics of the final user. Finally, the Software was developed in authoring software, allowing to package it in a format accessible to the

population it aims to. The Software overcame the functional tests and showed that it can be used by teachers and students, as a didactic support material for the teaching and/or learning of Stoichiometry. In a future research we plan to improve de Software, based on final user's validation results.

**Keywords:** Educational software, graphic design, stoichiometry, Chemistry teaching and learning.

### Introducción

En el sistema educativo venezolano la Educación Secundaria contempla los últimos cinco años de la educación obligatoria preuniversitaria. En estos niveles educativos existen asignaturas sobre áreas específicas del conocimiento, incluyendo materias científicas formales como la Química y la Física. En el caso de la Química, se espera que el estudiante construya los conocimientos fundamentales para la comprensión de esta ciencia, y a la vez adquiera las destrezas necesarias para la resolución de problemas de tipo analítico matemático (Venezuela, Ministerio de Educación, Cultura y Deportes [MECD], 1990), para lo cual es necesario que haya desarrollado ciertas capacidades de razonamiento lógico formal (Camacho, Cerda y Ríos, 2002; Haim, Cortón, Kocmur, y Galagovsky, 2003; Pozo, 1996).

La Química del primer año de Ciencias del Ciclo Diversificado incluye el planteamiento de problemas en los que se deben aplicar conceptos, principios, teorías y leyes científicas para su resolución (MECD, 1990), a la par de la enseñanza de los contenidos teóricos, y el desarrollo de actividades prácticas y de laboratorio. En este curso las dificultades en la comprensión de conceptos, leyes y teorías, así como en el desarrollo de otras actividades para el aprendizaje podrían estar relacionadas con la complejidad de los contenidos que requieren un alto grado de abstracción (Camacho *et al.*, 2002; Pozo y Gómez, 1998), especialmente aquellos relacionados con el tema de Estequiometría, que constituyen algunos de los conceptos básicos del programa de Química General (Haim *et al.*, 2003; Kolb, 1978).

Además de esto, comúnmente se presentan varios inconvenientes relacionados con la enseñanza de la Química en la Educación Secundaria venezolana. Por una parte, existe un sentimiento de inconformidad y frustración respecto a los resultados de la labor docente, ya que en general los alumnos se muestran desinteresados frente al aprendizaje de los contenidos científicos referentes al área de Química. Por otra parte, el material de apoyo didáctico es escaso y difícil de adquirir, y los libros texto de Química disponibles no se adaptan a los intereses y necesidades actuales de docentes y alumnos. Los medios impresos no dejan de ser relevantes, sin embargo son formatos que en muchos casos resultan poco atractivos o interesantes.

Los nuevos materiales de apoyo didáctico deben tomar en cuenta la importancia y la necesidad de presentar contenidos actualizados y contextualizados, involucrando el uso creativo de las tecnologías computacionales e informáticas como dimensiones de nuevas y más eficientes prácticas pedagógicas (Rodríguez, 2002). Las Tecnologías de la

Información y la Comunicación (TIC) permiten la utilización de los denominados materiales multimedia, caracterizados por integrar distintos lenguajes, información o documentos como texto, imágenes, sonido, animación, fragmentos de video y otros. De esta forma, el diseño y desarrollo de un Software Educativo Hipermedial para la enseñanza y el aprendizaje de la Estequiometría se presenta como una solución al problema de la escasez de material didáctico adecuado y de fácil acceso, tanto para docentes como para estudiantes.

Por todo esto, para la presente investigación nos propusimos diseñar y elaborar un Software Educativo Interactivo en formato CD-ROM para la enseñanza y el aprendizaje de la Estequiometría, que sirva como material didáctico tanto para profesores como para estudiantes de Química de Educación Secundaria. Este objetivo lo concretamos mediante los siguientes objetivos específicos:

1. Seleccionar los contenidos que se incluirán en el Software, integrando contenidos Conceptuales, Procedimentales, y Actitudinales para aumentar la motivación hacia el aprendizaje de la Estequiometría, y promover la reflexión acerca de aspectos tecnológicos y sociales relacionados con el tema.
2. Organizar los diferentes contenidos en una estructura hipermedial, que permita al usuario navegar por el Software en forma personalizada de acuerdo a sus propias inquietudes y necesidades.
3. Presentar los contenidos en una forma contextualizada, agradable y atractiva que propicie el interés del usuario hacia el aprendizaje de la Estequiometría y que facilite, mediante el uso de imágenes y animaciones, la comprensión del tema.

### **Marco teórico**

#### *El enfoque constructivista en la Enseñanza de las Ciencias*

Existen múltiples enfoques de corte constructivista que pueden diferir en las posiciones sobre el origen y construcción del conocimiento, las teorías psicológicas y la epistemología de las ciencias, entre otros (Campanario y Moya, 1999; Marín, 2003; Campello Queiroz y Barbosa-Lima, 2007). Sin embargo, todos estos enfoques coinciden en que la educación debe estar dirigida a ayudar a los alumnos a *aprender a aprender*, de forma que se promueva la capacidad de gestionar sus propios aprendizajes, adoptar una autonomía creciente en su carrera académica y disponer de herramientas intelectuales y sociales que les permitan un aprendizaje continuo a lo largo de su vida. En el caso de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias se asume que lo esencial no es proporcionar a los alumnos conocimientos verdaderos o absolutos, sino propiciar situaciones de aprendizaje en las que ellos sean capaces de contrastar y analizar diversos modelos, además de promover y cambiar ciertas actitudes (Pozo y Gómez, 1998; Pozo y Monereo, 1999).

Se ha roto con la definición tradicional de los contenidos que suponía que los mismos debían transmitirse en forma pasiva y acumulativa, planteándose en el nuevo modelo una concepción constructivista del proceso de enseñanza aprendizaje y manteniendo el papel decisivo de los

contenidos de la educación. En este sentido, se plantea que en toda situación de aprendizaje coexisten tres categorías de contenidos: conceptuales, procedimentales y actitudinales (Díaz y Hernández; 1998).

1. Los *contenidos conceptuales* se refieren al conocimiento que tenemos acerca de las cosas, datos, conceptos, hechos y principios, que se expresan mediante el lenguaje. Incluyen el conocimiento *factual* y el *conceptual*.
2. Los *contenidos procedimentales* se refieren al conocimiento acerca de cómo ejecutar acciones interiorizadas, habilidades intelectuales y motrices. Abarcan destrezas, estrategias y procesos que implican una secuencia de acciones y operaciones a ejecutar de manera ordenada para conseguir un fin.
3. Los *contenidos actitudinales* los constituyen valores, normas, creencias y actitudes dirigidas al equilibrio personal y a la convivencia social.

En el software educativo hipermedial desarrollado en esta investigación se incorporaron contenidos correspondientes a los fundamentos teóricos, así como problemas propuestos que permiten integrar y aplicar las leyes y conceptos del tema de Estequiometría, desde una perspectiva tanto procedimental como actitudinal, a la vez que sirven como estrategia evaluativa del desarrollo del proceso de aprendizaje del usuario.

#### *El software educativo como recurso en la Educación en Ciencias*

Existen numerosas investigaciones sobre el uso de estrategias basadas en herramientas informáticas en diversas áreas del conocimiento (Rodríguez, 2002; Rezende y Souza Barros, 2003; Pontes, 2005; Riveros y Mendoza, 2005). Aunque en su mayoría estas investigaciones señalan que aún se debe indagar más en sobre cuáles recursos informáticos son más adecuados para determinados propósitos educacionales, se extrae que el uso de las nuevas tecnologías para el desarrollo de software educativos presenta varias ventajas. Entre éstas se encuentra la flexibilidad instruccional, pues la enseñanza se puede adaptar a las posibilidades y necesidades individuales permitiendo el desarrollo de procesos de aprendizaje más constructivos y creativos. También se observa el aumento de la motivación por parte de los estudiantes, y además la promoción del desarrollo de actividades colaborativas y cooperativas.

En el caso particular del uso de materiales educativos computarizados en la enseñanza de la Química, Ribeiro y Greca (2003) hacen una amplia revisión de las investigaciones realizadas al respecto. Como lo reseñan estos autores, el uso de tecnologías educativas facilita la concretización de conceptos abstractos y la visualización de procesos. Sin embargo, existen también limitaciones en el uso de las TIC, generalmente asociadas al poco conocimiento o falta de destrezas informáticas de los profesores, y la deficiente o ausente dotación tecnológica de los centros educativos (Pontes, 2005; Barak, 2007). De esta forma, si bien el uso de las TIC en la educación ha mostrado tener grandes ventajas, está en todo caso circunscrito al uso que de éstas haga el docente en el marco de su propia actividad didáctica (Ferreira, 1998), y debe estar integrado a otros métodos para que sea verdaderamente efectivo en mejorar el aprendizaje de la

Química (Ösmen, 2008).

En nuestro caso, desarrollamos un Software Educativo que puede ser utilizado como apoyo al proceso educativo en el área de Química, específicamente para el tema de Estequiometría, en Educación Secundaria. Se conoce como Software Educativo a todos aquellos programas o aplicaciones computarizadas que se utilicen en un contexto educacional (Squires y McDougall, 1993).

Existen varios tipos de software educativo que pueden clasificarse de diversas formas, en función de sus características estructurales, los objetivos que persiguen y las teorías en que se fundamentan (Pontes, 2005). El Software Educativo para la enseñanza y el aprendizaje de la Estequiometría desarrollado en este trabajo es un tutorial interactivo de tipo *hipermedial*.

Los materiales hipermedia pueden tener la capacidad de generar textos, gráficos, animación, sonido o imágenes en movimiento, conjugando las características de los materiales informáticos *hipertexto* y *multimedia* (Salinas, 1994). La característica más distintiva de los hipertextos es que permiten que el sujeto recorra el material en función de sus intereses o necesidades, ya que la información no se presenta de forma lineal y secuencial sino altamente ramificada, permitiendo que el sujeto pueda avanzar de forma personal y que en tal avance construya de forma significativa el conocimiento. Por su parte, los multimedia son medios que permiten la presentación al sujeto de diferentes tipos de códigos y lenguajes, que van desde los textuales hasta los sonoros y visuales, tanto de forma estática como dinámica.

De esta manera, el hipermedia se configura como un medio en el que la información interconectada en forma de redes permite al usuario navegar libremente, a la vez que se activan las diversas vías sensoriales. Estos materiales ofrecen varias ventajas (Cabero, 1999; Pontes, 2002):

1. Facilitan el acceso a la información y favorecen el aprendizaje de conceptos.
2. Posibilitan una mayor adaptación a las características, actitudes y aptitudes de los usuarios, así como a las características del contenido, mostrando un fenómeno, concepto u objeto desde diferentes sistemas simbólicos.
3. Aumentan la motivación y despiertan actitudes positivas en el estudiante.
4. Desarrollan destrezas intelectuales, como la aplicación de nuevas estrategias de aprendizaje, no basadas en el aprendizaje memorístico.

Estos Software han resultado ser de gran utilidad educativa, aunque en muchos casos suelen apoyarse en fundamentos conductistas, como la descomposición de la información en unidades y el diseño de actividades de respuesta cerrada (Gros, 1997). Es posible, sin embargo, acercar su desarrollo hacia un modelo más constructivista. Al respecto Stojanovic (2002) señala que deben tomarse en cuenta dos aspectos importantes:

1. Debe hacerse un mayor énfasis en el aprendizaje y no en la instrucción, de manera que los alumnos desarrollen sus propias

estrategias de aprendizaje y formulen sus propios objetivos, y al mismo tiempo se responsabilicen del qué y cómo aprender.

2. Deben usarse tecnologías que puedan aceptar todo tipo de contenido y estén diseñadas para permitir a los estudiantes explorar y construir significados por sí mismos.

De esta forma es posible diseñar y elaborar materiales informáticos de apoyo didáctico de corte constructivista que contribuyan a lograr el aprendizaje significativo de contenidos científicos.

### **Metodología**

Antes de comenzar el desarrollo del Software, se llevó a cabo un estudio de campo a través de una entrevista estructurada no secuencial realizada a docentes de Química de Educación Secundaria para explorar su opinión acerca del uso del Software Educativo con formato CD-ROM como material didáctico para el tema de Estequiometría. Las siguientes preguntas guiaron la entrevista:

1. ¿Usa usted las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la enseñanza de la Química?
2. ¿Sería de interés para usted utilizar las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la actividad docente habitual en la enseñanza de la Química?
3. ¿Considera usted que las Tecnologías de la Información y la Comunicación pueden ser un recurso importante para mejorar la enseñanza de la Estequiometría?
4. ¿Cree usted que un CD-ROM Interactivo puede ser un recurso importante para mejorar la enseñanza de la Estequiometría?
5. ¿Considera usted que los estudiantes se mostrarían más interesados en cuanto al aprendizaje de la Estequiometría si se utilizara un CD-ROM Interactivo?
6. ¿Qué contenidos considera usted que se deberían incluir en un CD-ROM Interactivo de Estequiometría?

El grupo de informantes estuvo comprendido por un total de ocho docentes de Química de diferentes instituciones educativas de la ciudad de Mérida, tanto privadas como públicas, sin distinción de nivel socio-económico, sexo, edad o años de servicio. La información obtenida mediante las entrevistas fue analizada en forma interpretativa en función del uso de las TIC y las actitudes hacia las TIC. Las respuestas de los docentes sirvieron además de guía para el proceso de selección de los contenidos y las actividades del Software.

Para el diseño y elaboración del Software Educativo se siguió el método propuesto por Londoño (2002), que contempla cinco fases:

- *Fase 1:* Análisis del contexto. Delimitar el proyecto, establecer los requerimientos de Hardware y Software, ubicar el ambiente tecnológico y didáctico destinatarios, y definir el perfil del usuario.
- *Fase 2:* Diseño Educativo. Definir un título para el software, definir

los ejes temáticos, identificar el problema de estudio, determinar los objetivos o propósitos de formación, establecer las competencias a desarrollar, seleccionar y estructurar los contenidos, diseñar las actividades de aprendizaje, y establecer los criterios de evaluación.

- *Fase 3: Diseño Comunicativo.* Definir el nivel y los tipos de interactividad, y realizar el diseño preliminar de la interfaz tomando en cuenta las estructuras de lenguaje y de navegación, así como los ambientes de aprendizaje.
- *Fase 4: Diseño Informático.* Definir los requerimientos, el diseño del sistema y la implementación.
- *Fase 5: Pruebas y Validación.* Definir las pruebas funcionales que se han de realizar y el procedimiento de instalación.

### **La opinión de los docentes**

Las opiniones de los informantes acerca de las temáticas abordadas en las preguntas fueron bastante homogéneas, a pesar de la variabilidad de la muestra. La mayoría de los docentes reportó utilizar las TIC en sus clases al recomendar referencias de Internet para la realización de trabajos escritos y para buscar información, tanto de ellos mismos al preparar los temas de cada clase, como de sus estudiantes (*Dx* se refiere al informante número *x*):

*D2: "Casi siempre consulto el Internet para buscar información del tema que esté desarrollando. Una vez le recomendé una página a los estudiantes como referencia para un tema."*

*D6: "Uso mucho la página [www.icarito.cl](http://www.icarito.cl). Saco imágenes y resúmenes y se los doy a los estudiantes en algunas clases."*

Los docentes entrevistados consideran que no utilizan suficientemente las TIC, ya que, aparte del Internet, no emplean otros recursos tecnológicos en sus clases. La mayoría de los docentes atribuye esto al hecho de que en sus instituciones existe poco o ningún acceso a las nuevas tecnologías (como computadoras, televisores, aparatos de DVD o VHS, entre otros):

*D1: "Es difícil porque en el Liceo no hay sala de computación. Hay sala de audiovisuales, pero es difícil cuadrar los horarios para usarla."*

*D3: "En general utilizamos algunos videos, pero nunca he usado la sala de computación porque no tenemos acceso a Internet, y no conozco ningún programa que se pueda utilizar en clase de Química".*

A pesar de esto, los docentes entrevistados coincidieron en que las TIC serían de gran ayuda para mejorar la enseñanza de la Química, en especial en el tema de Estequiometría. Según los entrevistados, las TIC contribuirían a aumentar el interés de los estudiantes en la asignatura, disminuyendo el rechazo y la predisposición al fracaso, y permitirían mostrar diversas situaciones y procesos que no pueden ser llevados a cabo en el salón de clases, bien sea porque no están al alcance por razones económicas o de espacio, porque presentan riesgos para los estudiantes y/o docentes, o porque no existe la disponibilidad de materiales y suministros necesarios en los laboratorios de Química de las instituciones educativas (*Inv* se refiere a la investigadora):

*D3: "Sería ideal poder utilizar más las TIC en las clases"*

*Inv: "¿Por qué?"*

*D3: "Porque a los muchachos les encanta. Eso ayudaría a que prestaran más atención, y haría la clase más entretenida"*

*D1: Podría servir para simular experimentos que no se pueden hacer en el laboratorio porque a veces no hay los reactivos que se necesitan.*

Vemos entonces que, en lo referente a las actitudes hacia las TIC, los docentes entrevistados tienen gran inquietud e interés en estas. Aunque la mayoría de los docentes encuentra dificultad en el uso de computadoras durante el desarrollo de las clases, reconocieron que es posible su utilización en otros ambientes, como cyber cafés, o en grupos guiados y en acuerdo con los encargados de las salas de computación de las instituciones (en el caso de aquellas que posean computadoras en buen estado). Asimismo, los docentes sugirieron que las TIC pueden ser utilizadas también en forma individual, y que ellos podrían guiar los procesos de aprendizaje a distancia mediante el uso de herramientas como el correo electrónico y la mensajería instantánea en casos específicos.

Finalmente, la mayoría de los docentes concuerda en que el CD-ROM Hipermedial para la enseñanza y el aprendizaje de la Estequiometría puede ser un material de importancia y de gran interés para su uso tanto por docentes como por estudiantes, en forma individual o grupal. Con respecto a los contenidos que debe incluir el CD-ROM, los docentes señalaron principalmente los siguientes (se presentan sin orden especial): el Número de Avogadro, las Leyes Ponderales (Ley de la Conservación de la masa, Ley de las Proporciones Definidas y Ley de las Proporciones Múltiples), el Mol, cálculo del Peso Molecular, balanceo de ecuaciones, estructura y funcionalidad de la Tabla Periódica, problemas de Reactivo Limitante y Reactivo en Exceso, concentración de soluciones, problemas de Composición Porcentual, problemas de Fórmula Empírica y Fórmula Molecular, y problemas de Rendimiento Porcentual. Algunos docentes hicieron valiosos aportes a la forma en que se deben presentar los contenidos en el Software Educativo:

*D5: "Yo creo que el software debería incluir contenidos sobre la estructura y la funcionalidad de la Tabla periódica, ya que esa es la base de la Química, es como el alfabeto. Cualquier material de Química debe tener información sobre la Tabla Periódica".*

*D7: "Desarrollaría los contenidos de acuerdo a las necesidades del tema: (1) Una parte para sólo establecer relaciones o conversiones sencillas con moles, masas, átomos, moléculas, volumen; (2) Luego, sí con pausa, iría introduciendo el punto 1 a las reacciones para establecer relaciones estequiométricas sencillas; (3) Incluir ya las relaciones complejas, como las reacciones con mezclas, gases, reactivo limitante. El orden de esta manera suministra el conocimiento necesario para comprender qué hacer o deber hacer en el tema tan amplio y poco asimilado como lo es la Estequiometría".*

## **Desarrollo del software educativo**

### *Análisis del contexto*

Antes de iniciar la fase de diseño educativo es necesario definir las



condiciones del sujeto a y del medio destinatarios del Software Educativo (García-Ruiz y Orozco, 2008).

En lo referente al medio, hemos observado que en la mayoría de las instituciones educativas de Educación Secundaria en Mérida no se dispone de salas de computación adecuadamente dotadas. En los casos en que existe una sala de computación, no hay acceso a Internet, o el mismo está restringido. Por su parte, los docentes han mostrado interés en el uso de los recursos tecnológicos educativos; sin embargo, su uso actual es muy limitado. Aunque la muestra fue pequeña, consideramos que estos resultados representan la situación general en nuestra ciudad, tal como lo hemos podido corroborar durante nuestras actividades de docencia e investigación habituales.

Todo esto sugiere que es conveniente desarrollar el Software Educativo en un formato portátil, que pueda ser utilizado por docentes y estudiantes con pocos conocimientos informáticos, y que no requiera de una conexión a Internet. El CD-ROM ha contado con un alto nivel de aceptación por parte de los docentes entrevistados, por lo que se decidió empaquetar el Software Educativo en dicho formato. Asimismo, dado que estos docentes han mostrado seguir modelos didácticos anclados en las estructuras curriculares actuales, se consideró conveniente estructurar los contenidos del Software en módulos temáticos, a fin de que el mismo pueda insertarse sin mayor dificultad en la práctica docente regida por el Programa Oficial de la asignatura. La incorporación progresiva de materiales educativos computarizados en la actividad docente en Educación Secundaria permitirá desarrollar, en el futuro, materiales más complejos, abiertos y flexibles.

Ahora bien, debido a que el Software Educativo se diseñó con enfoque constructivista, se hizo necesario tomar en cuenta las ideas previas que los estudiantes puedan tener sobre el tema (Furió, Azcona, Guisasola y Mujika, 1993; Carretero, 1997; Campanario y Otero, 2000). Al respecto, Rogado (2002) realiza una amplia revisión de los estudios que tratan sobre las dificultades de aprendizaje de los conceptos de cantidad de sustancia y mol. En acuerdo con este autor, según Furió, Azcona y Guisasola (2006) la problemática del aprendizaje del concepto de mol y de cantidad de sustancia tiene su origen en las dificultades epistemológicas y didácticas asociadas a su enseñanza tradicional, que resultan en la confusión, por parte de los estudiantes, entre los niveles macroscópico y microscópico de descripción de las sustancias (Azcona, Furió, Intxausti y Álvarez, 2004; Guzmán, Méndez, Romero, Sosa y Trejo, 2005). Así, los estudiantes suelen identificar el concepto de mol con la masa, con el volumen, o con un número (Furió, Azcona y Guisasola, 2006). De esta manera observamos que es necesario incluir en el Software Educativo un tratamiento claro y explícito, al menos a nivel de prerrequisitos, de algunos conceptos fundamentales como sustancia, materia, masa, y estructura atómica, entre otros.

#### *Diseño educativo*

El diseño educativo se realizó siguiendo las recomendaciones de varios autores (Díaz y Hernández, 1998; Pozo y Gómez, 1998; Alves y Acevedo, 2000) para la elaboración de Unidades de Aprendizaje, ya que mediante

estas es posible organizar el proceso educativo a partir de un bloque de contenidos, incorporando situaciones de la realidad socio-cultural del estudiante. El título del Software surgió de una lluvia de ideas, o *brainstorming*, realizada alrededor del tema central, incluyendo los conceptos principales asociados al mismo. De esta manera, se escogió el título (nombre y mensaje) para el Software: "Estequiometría. Contando masas, moles y partículas".

En el software educativo "Estequiometría. Contando masas, moles y partículas" los contenidos se organizan en cuatro ejes temáticos: 1) El Concepto de Mol; 2) La Relación entre la Cantidad de Sustancia y la Masa; 3) Las Relaciones Cuantitativas en las Sustancias; 4) Las Relaciones Cuantitativas en las Reacciones Químicas.

Estos ejes surgieron gracias a la elaboración de un mapa conceptual del tema (ver Figura 1). Los mapas conceptuales son útiles como herramientas de planificación para la organización de los contenidos conceptuales y en la determinación de la secuencia de instrucción (Novak y Gowin, 1998; Gimeno y Pérez, 2002; Earl, 2007). Según Arbea, del Campo y del Villar (2004) "Los mapas conceptuales son útiles en el diseño de módulos instruccionales más lógicos y potencialmente significativos, y también para lograr que los materiales didácticos puedan ser conceptualmente más transparentes". Así, este Mapa sirvió como base para la elaboración de la estructura de navegación.

Debido a que el Software "Estequiometría. Contando masas, moles y partículas" está principalmente dirigido a estudiantes de Primer Año de Ciclo Diversificado, los usuarios deberán poseer ya algunos conocimientos específicos del área de Química. En acuerdo con lo expresado por los docentes del área entrevistados y con la revisión bibliográfica realizada, estos conocimientos previos deben comprender lo siguiente: La Química como ciencia de los materiales; Materia y Propiedades de la Materia; Modelos Atómicos; Tabla Periódica de los Elementos; Propiedades de los Elementos; El Enlace Químico; Moléculas y Tipos de Compuestos; Nomenclatura de Compuestos Inorgánicos; Las Reacciones Químicas y su Clasificación; Las Ecuaciones Químicas.

Varios autores (Azcona, Furió, Intxausti y Álvarez, 2004; Guzmán, Méndez, Romero, Sosa y Trejo, 2005; Furió, Azcona y Guisasola, 2006) señalan la importancia de que los estudiantes conozcan la Teoría Atómica, así como los conceptos de sustancia, compuesto y reacción química, antes de que se introduzca el concepto de *cantidad de sustancia* y su unidad, el *mol*. Por esta razón se incluyen también breves descripciones, definiciones y explicaciones sencillas de estos conceptos que son necesarios para el desarrollo de los contenidos correspondientes a cada eje temático. Esta revisión de contenidos prerrequisitos es de gran importancia pues favorece el establecimiento de relaciones adecuadas entre estos y los nuevos contenidos (Gómez, 2007).

La selección de los objetivos y los propósitos de formación, así como la determinación de las competencias a desarrollar, se hizo tomando en cuenta los ejes temáticos y los conocimientos previos necesarios para el óptimo aprovechamiento del Software. En la tabla 1 se muestran los objetivos y las competencias por eje temático.

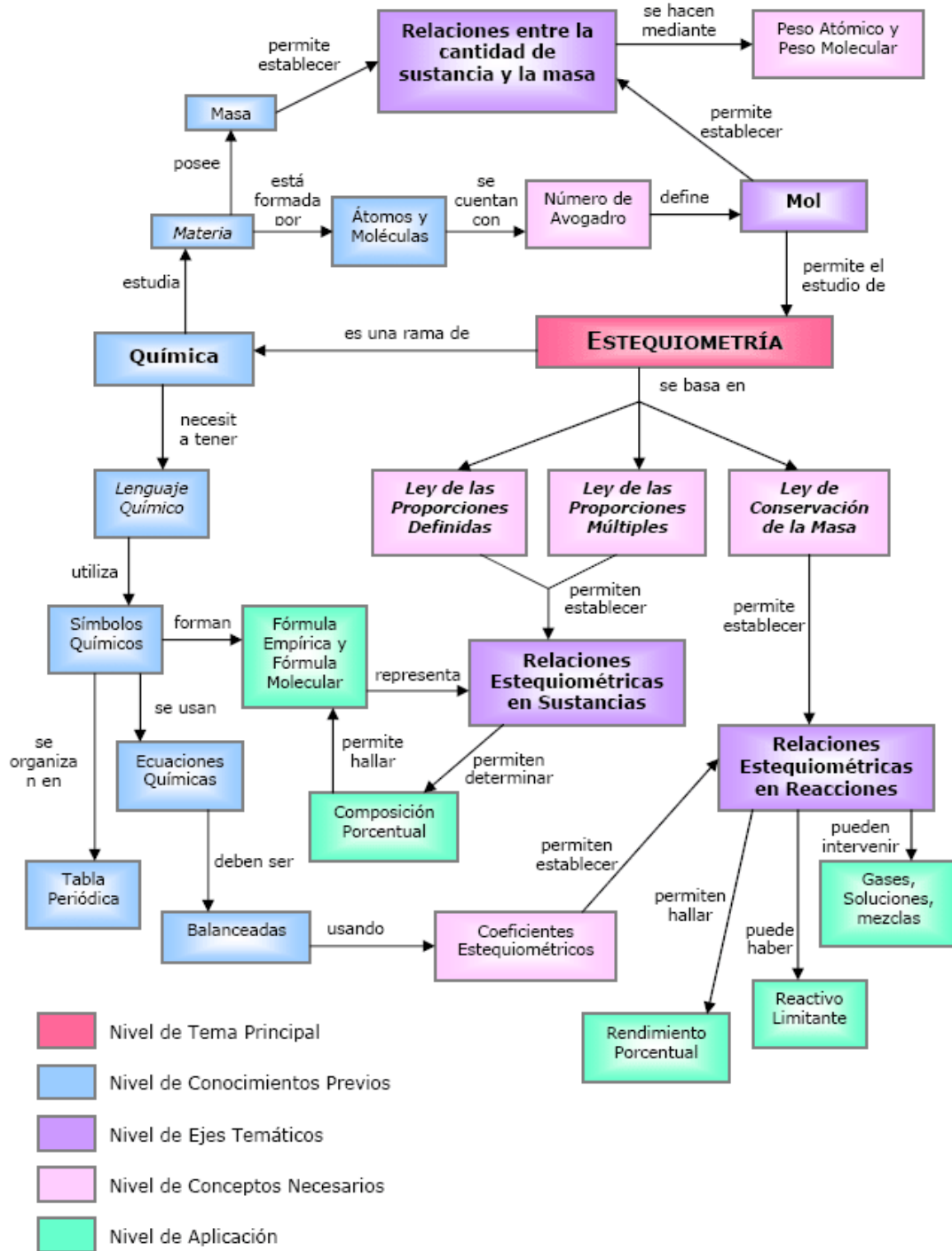


Figura 1.- Mapa conceptual orientador de los contenidos del Software Educativo "Estequiometría. Contando masas, moles y partículas".

En la tabla 2 se presenta la selección de los contenidos que se incluyen en el software. Esta se hizo tomando en cuenta los contenidos especificados en el programa oficial de la asignatura Química de primer año de Ciclo Diversificado, así como los resultados de las entrevistas realizadas a docentes del área.

Los textos y algunas de las actividades que se incluyen en el Software

"Estequiometría. Contando masas, moles y partículas" fueron desarrollados con base en los contenidos acerca del tema incluidos en los libros de Kotz y Treichel (2003) y de Agrifolio y colaboradores (1997). Según Pozo y Gómez (1998) "Conviene que la *terminología* y el *vocabulario empleado* no sea excesivamente novedoso ni difícil para el aprendiz" (p. 89). Por ello los textos se redactaron utilizando un lenguaje familiar para los estudiantes. De hecho, varias investigaciones han demostrado que el uso de un lenguaje adecuado que tome en cuenta el contexto, los conocimientos cotidianos, y las posibles preconcepciones de los estudiantes promueve el cambio conceptual (Furió, Azcola, Guisasola y Mujika, 1993; Glynn y Takahashi, 1998; Mikkilä-Erdmann, 2001; Wisser y Amin, 2001). Esto es cierto para el caso de la redacción de los enunciados de los problemas (Gabel y Sherwood, 1984; DeMeo, 2001), así como para los textos generales, en los cuales el uso de analogías permite concretizar, anclar los nuevos conceptos y el nuevo vocabulario (Stavy, 1991; Witzel, 2002; Haim *et al.*, 2003). Podemos evidenciar este tratamiento del texto en todos los módulos:

*"Si alguna vez has cocinado arroz, una torta, o incluso un sándwich, sabrás que se necesita una cantidad determinada de los distintos ingredientes para que la comida quede bien hecha (o al menos comestible). En la formación de todas las sustancias que existen sucede lo mismo."* (Pantalla de Bienvenida)

*"Determinar el peso molecular es como calcular la masa de una bolsa que contiene tres manzanas y dos peras si conoces la masa de una manzana y la de una pera."* (Módulo 1)

*"Vamos a estudiar cuál sería la composición centesimal de la gelatina que se prepara en casa. Para esto, busca un paquete de gelatina y anota las cantidades de cada sustancia que se utilizan en la preparación... Estos son los "elementos" que forman nuestro "compuesto". Ahora necesitamos conocer la masa de todos los elementos que forman el compuesto, y también la masa total del compuesto. La gelatina, como la mayoría de las sustancias, está compuesta por varios elementos (en este caso son ingredientes). Conocer las proporciones en que estos elementos están unidos es muy importante para la Química."* (Módulo 3)

Se utilizan también pistas tipográficas (negritas, cursivas y uso selectivo de mayúsculas) para enfatizar algunos conceptos importantes (Díaz y Hernández, 1998):

*"Todas las sustancias que existen son elementos o compuestos. Hablamos de **elementos** cuando todos los átomos que forman la sustancia son del mismo tipo (del mismo elemento químico, todos con igual número de protones). Por ejemplo, el oxígeno que respiramos ( $O_2$ ), el mercurio de los termómetros (Hg), el ozono de la atmósfera ( $O_3$ ), y el neón de los anuncios luminosos (Ne) son elementos. Por su parte, los **compuestos** son sustancias formadas por la combinación de dos o más elementos, como el agua ( $H_2O$ ), la sal (NaCl), el azúcar ( $C_6H_{12}O_6$ ), y la acetona ( $CH_3COOH$ )."* (Módulo de Prerrequisitos)

*"Al igual que en el caso de los moles, es muy difícil contar la cantidad de granitos de arroz que hay en un paquete de un kilogramo, ¡porque son demasiados! Podríamos contarlos de uno en uno, pero demoraríamos mucho (¡si fueran moles no terminaríamos nunca!). En lugar de eso, podemos usar Relaciones de Proporcionalidad."* (Módulo 1)

El Concepto de Mol			
Objetivos			Competencias
¿Qué?	¿Cómo?	¿Para qué?	
Utilicen el mol como una unidad de cantidad de sustancia.	Estudiando el contexto histórico y estableciendo relaciones cuantitativas entre cantidades de sustancia y número de partículas.	Juzguen la necesidad de una unidad de medida de cantidad de sustancia en virtud de los conocimientos sobre la estructura de la materia, y valoren la importancia del mol como unidad de medición.	Establecen relaciones cuantitativas entre la cantidad de sustancia y el número de partículas, reconociendo el orden de magnitud de las mismas.
La Relación entre la Cantidad de Sustancia y la Masa			
Objetivos			Competencias
¿Qué?	¿Cómo?	¿Para qué?	
Expliquen la diferencia entre cantidad de sustancia, masa, volumen y número de partículas.	Comparando los valores de cantidad de sustancia, volumen y número de partículas de un sistema, y conociendo los pesos atómicos y moleculares de las sustancias.	Aprecien la importancia de estas relaciones para la ciencia, la industria y la vida diaria.	Miden masas y volúmenes de diferentes sustancias, y relacionan cuantitativamente la cantidad de sustancia y la masa.
Las Relaciones Cuantitativas en las Sustancias			
Objetivos			Competencias
¿Qué?	¿Cómo?	¿Para qué?	
Comprendan qué es y cómo se determina la composición porcentual de una sustancia, su fórmula empírica y su fórmula molecular.	Relacionando las cantidades y tipos de átomos que conforman una molécula con la masa de esos átomos y la de la molécula.	Reconozcan que todas las sustancias están formadas por combinaciones de átomos y reflexionen sobre la diversidad material.	Determinan la composición porcentual, y las fórmulas empírica y molecular de sustancias conocidas.
Las Relaciones Cuantitativas en las Reacciones Químicas			
Objetivos			Competencias
¿Qué?	¿Cómo?	¿Para qué?	
Aprendan que en todas las reacciones químicas pueden establecerse relaciones cuantitativas, y resuelvan problemas basados en las relaciones estequiométricas en una ecuación química.	Analizando las características de las reacciones químicas en función de la cantidad de sustancia, el número y tipo de átomos presentes, y la masa.	Comprueben que en todos los procesos químicos se cumple la Ley de Conservación de la Masa y reflexionen acerca de la importancia para la vida de ese principio de conservación.	Realizan cálculos estequiométricos en sistemas simples, de interés para la industria, la naturaleza y la vida diaria.

Tabla 1.- Objetivos y competencias del software "Estequiometría. Contando masas, moles y partículas".

Los contenidos de los módulos se encuentran interrelacionados, de manera de darle coherencia y unidad al Software, a pesar de su estructura modular:

*"Los átomos son sumamente pequeños, recuerda que por eso utilizamos el mol para contarlos. Seguramente te costó determinar la masa de los granitos de arroz. Ahora piensa, ¿cuál puede ser la masa de un átomo?"* (Módulo 2)

Eje Temático	Contenidos Conceptuales	Contenidos Procedimentales	Contenidos Actitudinales
<b>El Concepto de Mol</b>	El número de Avogadro y el mol como unidad de cantidad de sustancia del Sistema Internacional de Unidades.	Uso de relaciones matemáticas en la determinación del número de partículas presentes en una muestra.	Necesidad de establecer una unidad para la cantidad de sustancia.
<b>La Relación entre la Cantidad de Sustancia y la Masa</b>	La relación entre la masa y la cantidad de sustancia: el Peso Atómico y el Peso Molecular.	Determinación de la relación numérica entre la cantidad de sustancia y la masa. Percepción de la diferencia entre los órdenes de magnitud relacionados con la masa y la cantidad de partículas en una determinada cantidad de sustancia.	Importancia de conocer las relaciones y diferencias existentes entre la cantidad de sustancia y la masa en las diferentes industrias.
<b>Las Relaciones Cuantitativas en las Sustancias</b>	La Ley de las Proporciones Definidas y la Ley de las Proporciones Múltiples. La Composición Centesimal de una sustancia. La Fórmula Empírica y la Fórmula Molecular de una sustancia.	Investigación de las cantidades de diferentes tipos de elementos presentes en las sustancias. Determinación de la Composición Centesimal de una sustancia. Determinación de la Fórmula Empírica de una muestra desconocida.	Importancia de los diferentes tipos de sustancias en la vida diaria, el ambiente y la industria. Reflexión acerca de los aportes del Análisis Químico a diferentes áreas de la ciencia, la industria y la tecnología.
<b>Las Relaciones Cuantitativas en las Reacciones Químicas</b>	La Ley de Conservación de la Masa.	Balanceo de ecuaciones químicas. Determinación de las cantidades de reactivos necesarios para llevar a cabo una reacción.	Importancia de la estequiometría en las diferentes disciplinas científicas y tecnológicas, en la vida diaria, el ambiente y la industria.

Tabla 2.- Selección de Contenidos del Software "Estequiometría. Contando masas, moles y partículas".

*"Es muy diferente hablar de una docena de naranjas, de una docena de huevos, de personas o de caramelos, porque todos tienen diferente masa. Por eso, cuando vayas a comprar naranjas, recuerda que la forma en que las pidas dependerá de qué es lo que quieres hacer con ellas. En la próxima sección estudiaremos las relaciones que existen entre los diferentes elementos que forman una sustancia."* (Módulo 2)

Por su parte, las actividades de aprendizaje (ver Tabla 3) fueron seleccionadas de manera de contribuir a lograr los objetivos de aprendizaje y, a su vez, corresponder con cada uno de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales que se incluyeron en el CD-ROM, haciendo énfasis en que el estudiante pueda diferenciar los niveles macroscópico y microscópico de descripción de la materia (Azcona *et al.*, 2004; Furió *et al.*, 2006), y asociar esas interpretaciones al significado de los conceptos y de los procesos estudiados:

Eje Temático	Actividades y Estrategias
<b>El Concepto de Mol</b>	<p><i>Resolución de ejercicios</i> en los que se usan relaciones de proporcionalidad.</p> <p><i>Planteamiento de situación problemática:</i> "¿Cuántos granos de arroz hay en un paquete de 1 kg?" (El usuario debe dominar el uso de las relaciones de proporcionalidad, y comprender que es necesario el uso de instrumentos de medición, de patrones y unidades para la cuantificación de las sustancias).</p> <p><i>Video</i> explicando la gran cantidad de moléculas que hay en una gota de agua.</p>
<b>La Relación entre la Cantidad de Sustancia y la Masa</b>	<p><i>Resolución de ejercicios</i> en los que se usan las relaciones de proporcionalidad para establecer las ecuaciones que definen el Peso Atómico y el Peso Molecular.</p> <p><i>Ejercicio interactivo:</i> "Mirando dentro de un mol de sal" (En el ejercicio el usuario podrá seleccionar diferentes aumentos de una lupa virtual, correspondientes a varios órdenes de magnitud, hasta una escala atómica).</p> <p><i>Actividad práctica:</i> "¿Cuál es la masa de un mol de sal?" (El usuario deberá investigar cuál es la masa correspondiente a un mol de sal de cocina).</p> <p><i>Planteamiento de situación problemática:</i> "¿Es mejor comprar las naranjas por docena o por kilogramo?" (En la resolución del problema el usuario debe comprender que es necesario conocer la diferencia y la relación que existe entre la cantidad de sustancia y la masa para optimizar diversos procesos).</p>
<b>Las Relaciones Cuantitativas en las Sustancias</b>	<p><i>Actividad práctica:</i> "¿Cómo se hace la gelatina?" (El usuario relacionará las cantidades de cada ingrediente presentes en el producto final).</p> <p><i>Resolución de ejercicios</i> en los que se relacionan las masas y los moles de los elementos en una sustancia, y se determina su Composición Centesimal.</p> <p><i>Resolución de ejercicios</i> de determinación de las Fórmulas Empírica y Molecular.</p> <p><i>Planteamiento de situación problemática:</i> "¿Cuántas sustancias conoces?" (El usuario notará que existe infinidad de sustancias químicas de uso diario, necesarias para su desarrollo, el de su comunidad y el de la humanidad).</p> <p><i>Planteamiento de situación problemática:</i> "¿Qué es más importante: los alimentos, las medicinas, la energía o el medio ambiente?" (El usuario comprenderá la importancia del Análisis Químico en las diferentes industrias, así como la relevancia de la Química para la vida).</p>
<b>Las Relaciones Cuantitativas en las Reacciones Químicas</b>	<p><i>Video</i> sobre una reacción con reactivo limitante y reactivo en exceso.</p> <p><i>Resolución de ejercicios</i> de balanceo de ecuaciones químicas.</p> <p><i>Animación</i> de la reacción de fósforo con cloro y de la combustión del propano.</p> <p><i>Ejercicio Interactivo:</i> "¿Cómo es una reacción por dentro?" (El usuario podrá ver una representación de una reacción química a nivel molecular).</p> <p><i>Resolución de ejercicios</i> en donde se establezcan relaciones estequiométricas entre las diferentes sustancias que intervienen en una reacción química.</p> <p><i>Ejercicio Interactivo:</i> "Haciendo hamburguesas" (El usuario deberá determinar, a partir de una serie de componentes iniciales, la cantidad de hamburguesas que puede obtener).</p> <p><i>Planteamiento de situación problemática:</i> "¿Cuándo dejan de reaccionar las sustancias?" (El usuario hará un balance de los factores que intervienen en una reacción química, y notará la importancia de considerar las cantidades de reactivos involucradas en diversas reacciones).</p>

Tabla 3.- Actividades y estrategias del Software "Estequiometría. Contando masas, moles y partículas".

"El mol se utiliza porque los átomos y las moléculas son tan pequeños que en una sola gota de agua puede haber muchos trillones de moléculas. En vez de hablar de trillones y cuatrillones, es más fácil hablar de moles. Ahora, ¿Cómo podemos saber cuántas partículas hay en un cierto número de moles?" (Módulo 1)

"¿Alguna vez te has preguntado de dónde salen todas las sustancias que utilizas a diario? Antes de continuar haz una lista de al menos 20 sustancias que utilices en tu casa, sustancias que estén presentes en la naturaleza, o sustancias que se utilicen en las industrias. ¿Tienes alguna idea de si esas sustancias fueron creadas por el hombre o son naturales? ¿Sabes qué elementos forman esas sustancias? ¿Y en qué cantidades?" (Módulo 3)

Con respecto a los criterios de evaluación, se pretende promover un proceso de autoevaluación en el que el mismo usuario pueda decidir si necesita revisar algunos contenidos o si puede seguir avanzando en su experiencia de aprendizaje. Por esta razón la evaluación no se establece bajo principios cuantitativos, sino con la intención de que el usuario haga una revisión y un balance de los logros de su propio aprendizaje. En este sentido, se incluyen en el Software preguntas intercaladas a lo largo del desarrollo de los ejes temáticos, en las que se da al usuario la opción de revisar conceptos importantes mediante la utilización de enlaces a otras partes del software.

#### *Diseño comunicativo*

La interactividad del Software viene expresada en las relaciones entre los usuarios y el hipermedia (Londoño, 2002). En este sentido, las actividades de aprendizaje planteadas en función de los contenidos a desarrollar y de sus objetivos definen los niveles de interactividad del Software:

1. En un primer nivel, el usuario debe indicar a dónde desea dirigirse mediante un click en los menús de navegación (menú de navegación principal, en la parte superior derecha de la pantalla, y panel de navegación secundario, en la parte inferior izquierda de la pantalla). La navegación es en red y es no lineal, aunque la estructura sugerirá visitar las páginas en un orden de jerarquías en función a los distintos niveles. También en algunas páginas se presentan enlaces a contenidos específicos del módulo de prerrequisitos, a los que el usuario podrá acceder haciendo click sobre el ícono correspondiente (ver Figura 2).
2. En un segundo nivel de interactividad, el usuario deberá colocar el cursor sobre algunas imágenes para obtener mayor información. Esta situación podrá presentarse en algunos casos en que hayan personajes importantes, y el posicionamiento del cursor sobre la imagen desplegará un cuadro de texto con su biografía, o también cuando necesite ampliar información acerca de un concepto en particular (ver Figura 2). Asimismo, el usuario podrá iniciar la reproducción de videos o de animaciones presentes en algunas páginas (ver Figura 3).
3. En las páginas de aplicación de conceptos en las que se desarrollan y resuelven ejercicios, el usuario indicará mediante un click en una imagen la forma en que desea avanzar en los pasos de resolución (ver Figura 4). Así, el Software mostrará el paso a paso de la solución del ejercicio a la rapidez en que el usuario lo decida, permitiéndole



comprender y asimilar las piezas de información antes de avanzar en la explicación.

4. El nivel superior de interactividad está presente en los Ejercicios Interactivos que se señalan en la Tabla 3. Estos precisan de la acción del usuario mediante un click en algún lugar específico de la página, lo que dispara un efecto que depende de la selección del usuario (ver figura 5).

Dado que el Software está dirigido a adolescentes, se utilizaron colores atractivos y resaltantes. El código cromático usado para diferenciar los niveles y las secciones emplea colores cálidos pero claros. Este permite al usuario ubicarse en los diferentes contenidos o ejes temáticos en los que se esté trabajando (prerrequisitos, página principal, y módulos 1, 2, 3 y 4). Esto se logra gracias a la armonía de color por analogía, pues cada módulo fue diseñado con base en un color y se usaron variaciones en la saturación y en el tinte para identificar cada uno de los sub-elementos dentro del módulo. Los colores no se usan en su completa saturación para no crear contrastes fuertes en la pantalla sino, al contrario, crear una atmósfera delicada y descansada para la lectura.

El menú de navegación principal (en la parte superior derecha de todas las páginas) se construyó a partir de un grafismo que ressemble una estructura molecular (en modelo de bolas y palos, o *balls and sticks*) a fin de crear una atmósfera visual directamente relacionada con el contenido del Software. El tamaño de las circunferencias que denotan los átomos indica un nivel de jerarquía entre las secciones a las cuales se accede utilizando dicho menú.

Figura 2.- Página del nivel de desarrollo de conceptos del módulo 3, con reseña biográfica (Joseph-Louis Proust), y enlace a prerrequisitos (Estructura de la Materia).

**El Concepto de Mol**

El Concepto de Mol

El mol es la unidad del Sistema Internacional para la cantidad de sustancia. Un mol no es más que una medida de cuánta sustancia hay en una muestra. Al igual que mides las cantidades por docenas puedes medirlas por moles, la diferencia es que una docena son 12 cosas, mientras que un mol es una cantidad inmensa de cosas.

Un mol es un número de Avogadro de partículas, es decir  $6,02 \times 10^{23}$  partículas. ¿Te das cuenta de lo grande que es ese número? Toma un papel y escríbelo, es un 6 con 23 ceros! Si un 6 con 6 ceros son seis millones, entonces un 6 con 23 ceros son... seiscientos mil trillones!

El mol se utiliza porque los átomos y las moléculas son tan pequeños, que en una sola gota de agua pueden haber muchos trillones de moléculas. En vez de hablar de trillones y cuatrillones, es más fácil hablar de moles. Ahora, ¿cómo podemos saber cuántas partículas hay en un cierto número de moles?

Ver Unidades Fundamentales del Sistema Internacional

Nivel 1 Nivel 2 Nivel 3 Nivel 4

Figura 3.- Página del nivel de desarrollo de conceptos del módulo 1, con texto, revisión de prerrequisitos (Sistema Internacional de Unidades), y video.

**La Relación entre la Masa y la Cantidad de Sustancia**

Calculando el Peso Molecular

Problemos ahora con una sustancia un poco más compleja, como el ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ). Esta molécula está formada por dos átomos de hidrógeno (H), un átomo de azufre (S) y cuatro átomos de oxígeno (O). Así, su Peso Molecular es:

$H_2SO_4$

Revisa los Pesos Atómicos de los Elementos en la Tabla Periódica

Nivel 1 Nivel 2 Nivel 3 Nivel 4

Figura 4.- Página del nivel de aplicación de conceptos del módulo 2, con ejercicio guiado (cálculo del peso molecular) y enlace a prerrequisitos (Tabla Periódica).

**Las Relaciones Cuantitativas en las Reacciones Químicas**

**Haciendo Hamburguesas**

En el ejercicio anterior se necesitaban poco más de 70 gramos de ácido acético para reaccionar con los 100 gramos de bicarbonato de sodio. Pero, ¿qué pasaría si no tenemos 70 gramos de ácido acético? ¿Podría reaccionar el bicarbonato? Veamos lo que pasa en una situación similar: cuando preparamos hamburguesas!

A continuación se presentan tres situaciones iniciales en las que tienes diferente número de cada uno de los ingredientes: pan (superior e inferior), carne de hamburguesa, y queso.

En el primer caso, ¿cuántas hamburguesas puedes preparar? ¿Y en el segundo caso? ¿Y en el tercero? ¿Cuál es la diferencia en los tres casos?

Prepara las hamburguesas haciendo click en los ingredientes en el orden adecuado.

Caso 1 ▶  
Caso 2 ▶  
Caso 3 ▶

Nivel 1 Nivel 2 **Nivel 3** Nivel 4

Figura 5.- Página del nivel de aplicación de conceptos del módulo 2, con ejercicio interactivo sobre reactivo limitante y reactivo en exceso (Haciendo Hamburguesas).

Se diseñó un panel de navegación secundario que permite al usuario desplazarse de un nivel a otro dentro de un mismo módulo (se encuentra en la parte inferior izquierda de todas las páginas del Software). Este panel contribuye a sostener una estructura de navegación que, a pesar de no ser estrictamente lineal, debe mantener un orden para la continuidad de los contenidos. Se sugiere entonces al usuario una línea de navegación que puede ser seguida la primera vez que se utiliza el Software, pero que es bastante flexible en situaciones de usos ulteriores en los que sea necesario dirigirse a una página específica del Software para revisar un contenido en particular.

Para cada módulo se seleccionó una imagen que, en conjunto con el código de colores, permite al usuario ubicarse en el contenido que está trabajando, y que concuerda con la situación problemática que se plantea al inicio del mismo (Tabla 3). Se pretende así que el usuario mantenga en mente el problema a resolver mientras estudia los contenidos que se desarrollan en el Software.

En cuanto a la organización visual de los contenidos, se trabaja en una retícula de dos columnas, en la que el elemento multimedia (imagen, video, animación, etc.) utiliza preferentemente la columna de la derecha. La imagen sangrada que se identifica con cada módulo permite romper el espacio cuadrículado y por lo tanto otorga dinamismo a la composición.

Se empleó la familia tipográfica Verdana en sus diferentes variaciones (negrita, cursiva, normal) para identificar las jerarquías de lectura, para lo cual también se usó la diferenciación por puntaje y color. La familia Verdana es una tipografía de palo seco (sin serif) con astas no moduladas, lo cual se evidencia en su construcción geométrica y limpia. Las tipografías de palo seco son especialmente recomendadas para la lectura en pantalla puesto que su estructura formal no se ve afectada por la manera en que los

monitores muestran las imágenes (con píxeles), lo cual hace que su lectura sea más fácil.

### *Diseño informático*

Debido a que se trata de un material hipermedial diseñado bajo un enfoque constructivista, es de gran importancia que los usuarios (bien sea estudiantes o docentes, en forma individual o grupal, en el salón de clases o en ambientes no formales) tengan la posibilidad de escoger las rutas de aprendizaje que deseen seguir, de acuerdo a sus propias necesidades. Por esta razón, se eligió una estructura de navegación mixta, que combina una estructura de árbol, que organiza la información en jerarquías, con una arquitectura de red (McKelvey, 1999). De esta forma se tiene un diseño con vínculos que conducen a páginas clave para la navegación, evitando la confusión en la jerarquía de los contenidos a desarrollar y permitiendo al usuario navegar el Software con autonomía, responsabilidad, singularidad y libertad. La estructura de navegación escogida se adapta al currículo de la asignatura, lo que no se consigue con Software más abiertos (McDougall y Squires, 1995).

Siguiendo estas directrices, se construyó el Mapa de Navegación que se muestra en la Figura 6. En éste se pueden distinguir varios niveles de navegación que establecen la jerarquía de las páginas del Software, a saber: 1) Nivel de prerrequisitos (azul); 2) Página Principal (fucsia); 3) Nivel de Módulos principales (Ejes Temáticos, morado); 4) Nivel de desarrollo de conceptos necesarios (rosado); 5) Nivel de aplicación (verde); 6) Nivel de cierre de Módulo y evaluación (blanco).

Es de resaltar que en el Mapa de Navegación (Figura 6) se muestran las conexiones o vínculos más importantes, aunque en cada página del Software el usuario podrá desplazarse a la página principal o inicio, a la página principal de prerrequisitos o a las páginas de inicio de cada módulo, utilizando el menú de navegación principal, y también podrá ubicarse en cualquiera de los niveles dentro de cada módulo mediante el panel de navegación secundario.

En cuanto a requerimientos técnicos, el Software Educativo se presenta en formato CD-ROM, en un solo disco. Para su correcta utilización se precisa un computador personal (PC) que posea el siguiente hardware: al menos 128 MB de memoria RAM, una unidad lectora de CD-ROM de al menos 16x de rapidez de lectura, y cornetas. También se recomienda un monitor con resolución de 1024x768 píxeles para su óptima visualización. El software necesario para la visualización de las animaciones y videos (Adobe Flash Player y QuickTime Movie Player) está embebido en el CD-ROM, junto con otras herramientas necesarias que constituyen el Software Educativo.

El diseño informático del software, así como su codificación, se llevó a cabo con la asesoría de un especialista en Desarrollo de Software. El software se desarrolló en el programa Authorware (Adobe Authorware 7, 2008), que es una herramienta de autor para crear aplicaciones educativas de diferentes índoles. Este programa utiliza el lenguaje de programación HTML para las páginas estáticas (que incluyen sólo texto o elementos no dinámicos) y JavaScripts para las acciones dinámicas que involucran decisiones del usuario y/o consultas a bases de datos.

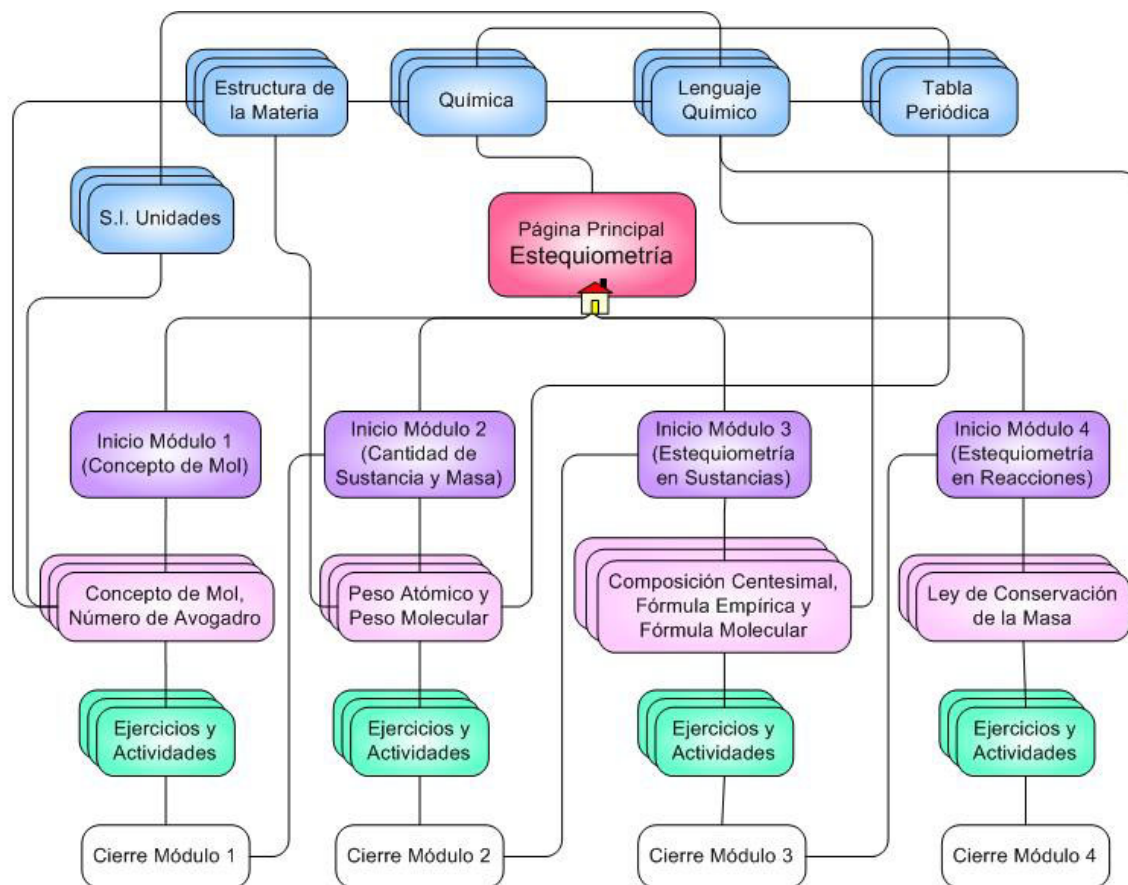


Figura 6.- Mapa de Navegación del Software Educativo "Estequiometría. Contando masas, moles y partículas".

A lo largo del Software se hace uso de imágenes, animaciones y demás elementos multimedia con la intención de mejorar la comprensión de conceptos, guiar el proceso de aprendizaje y representar diversas situaciones y/o procesos. En el código HTML base de las páginas del Software se incluyeron los siguientes elementos multimedia: Imágenes en formato JPEG y GIF; Animaciones en formato Flash Movie; Videos en formato Quick Time Movie; Sonidos en formato WAV.

Para la publicación del Software en el CD-ROM, el programa Authorware compila los archivos del proyecto (páginas HTML, JavaScripts, imágenes, animaciones, videos y sonidos) y crea un paquete con la aplicación Authorware 7 Runtime, un archivo ejecutable con la extensión a7r. De esta forma, no es necesario utilizar un navegador de Internet (como Internet Explorer, Netscape Navigator o Mozilla Firefox) para visualizar y navegar en el Software.

En el CD se ha incluido un archivo Autorun que lanza la aplicación al introducir el CD en la unidad lectora. De esta forma, el Software se ejecuta automáticamente al introducir el CD, con una animación de bienvenida y ubicando al usuario en la página de inicio (página principal). En el panel de navegación que está presente en todas las páginas se incluye un botón de salida, de forma que el usuario pueda abandonar la aplicación en el momento que lo desee. Si el usuario así lo decide, puede dejar de utilizar el Software sin necesidad de un procedimiento de desinstalación. Esta forma

de ejecución de la aplicación es mucho más limpia que en los casos en que existen archivos de instalación que se guardan permanentemente en el disco duro de la computadora. Así, se facilita considerablemente el uso del Software, de manera que puede ser empleado por usuarios con mínimos conocimientos de informática, ampliando el rango de acción del mismo.

#### *Pruebas y validación*

El software se ha probado en computadores personales (PC) de diferentes características en cuanto a sistema operativo, memoria RAM y velocidad de lectura de la unidad de CD-ROM, probando funcionar adecuadamente. Para su correcta visualización se requiere el software para la visualización de animaciones y videos (Adobe Flash Player y QuickTime Movie Player), cuyos instaladores se incluyen en el CD. El Software ha sido bien recibido por especialistas del área educativa, quienes han validado la efectividad de los códigos y demás elementos visuales empleados en términos de los objetivos educativos que persigue el material multimedia.

El software educativo "Estequiometría. Contado masas, moles y partículas" ha superado las pruebas funcionales, y se presenta como una herramienta con un gran potencial de utilización en el ámbito educativo destinatario.

#### **Consideraciones finales**

El software educativo elaborado en el presente trabajo estuvo basado en el modelo constructivista del proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que permitió desarrollar contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales de una manera agradable, atractiva y más eficiente que en los materiales didácticos impresos más comunes. El Software así desarrollado se adapta al currículo de la asignatura de Química de Primer Año de Ciclo Diversificado.

Según Iria Machado y Nardi (2007) para que los docentes comiencen a incorporar el uso de Software educativos en su práctica docente es indispensable que se involucren en los procesos de diseño y evaluación de los mismos. En este sentido, en una próxima investigación se llevará a cabo un estudio para comprobar la utilidad del Software, efectuando pruebas de contenidos y de diseño gráfico y computacional que permitan a usuarios, docentes y estudiantes, opinar acerca del Software y validar su uso, siguiendo la metodología de los autores señalados. La validación del Software permitirá recopilar información valiosa para perfeccionar el Software y promocionar su uso. Esto es importante pues es necesario que tanto las instituciones como los propios docentes incentiven en ellos mismos y en sus estudiantes el uso de las nuevas tecnologías, de manera que estos puedan tener acceso a más y mejores fuentes de información, permitiéndoles desarrollar más sus capacidades para adaptarse a un mundo que está en constante cambio.

Para finalizar, se desea destacar que la constitución de un grupo de trabajo multidisciplinario es vital para la elaboración de este tipo de materiales. Durante la realización de este trabajo se observó que se precisa de diversos elementos para producir un material de calidad, y que son necesarias consideraciones en cuanto al diseño gráfico, comunicativo e

informático. Por esta razón, se desea enfatizar que en la puesta en marcha de proyectos educativos de cualquier índole es necesaria la conformación de grupos y la interacción entre las diversas personas involucradas, para así asegurar el éxito en el logro de los objetivos planteados.

### **Agradecimientos**

Deseamos agradecer al Consejo de Desarrollo Científico Humanístico y Tecnológico de la Universidad de Los Andes por el financiamiento mediante los Proyectos Códigos H-878-05-04-A y H-1044-06-04-C. También al Ing. Ángel Pérez de la Facultad de Arte de la Universidad de Los Andes por la asesoría en el desarrollo informático, y al Prof. Jhonatan Medina, de la misma Facultad, por su trabajo en las animaciones interactivas.

### **Referencias bibliográficas**

Adobe Authorware 7. Copyright © 2008 Adobe Systems Incorporated. En <http://www.adobe.com/products/authorware>

Agrifolio, G., Iacocca, D., De la Cruz, C., Bifano, C., Cortés, L., Krestonosich, S., Britt Mostue, M., Olivares, W., Almeida, R. y B. Scharifker (1997). *Estequiometría* (2ª ed.). Caracas: Editorial Miró.

Alves, E. y R. Acevedo (2000). *La evaluación cualitativa. orientaciones para la práctica en el aula*. Caracas: Fanarte.

Arbea, J., del Campo, F. y A. del Villar (2004). *Mapas conceptuales y aprendizaje significativo de las ciencias naturales: análisis de los mapas conceptuales realizados antes y después de la implementación de un módulo instruccional sobre la energía*. En Cañas, A. J.; Novak, J. D. y González, F. M. (Eds.). (2004). *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology*. Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping. Pamplona, España.

Azcona, R., Furió, C., Intxausti, S. y A. Álvarez (2004). ¿Es posible aprender los cambios químicos sin comprender qué es una sustancia? Importancia de los prerrequisitos. *Alambique*, 40, 7-17.

Barak, M. (2007). Transition from traditional to ICT-enhanced learning environments in undergraduate chemistry courses. *Computers & Education*, 48, 30-43.

Cabero, J. (1999). Evaluación de medios y materiales de enseñanza en soporte multimedia. *Pixel-Bit*, 13, Artículo 3. Extraído 10 de Julio, 2007 de <http://www.sav.us.es/pixelbit/articulos/n13/n13art/art133.htm>

Camacho, R., Cerda, C. y R. Ríos (2002). *Estrategia didáctica para el aprendizaje de la Estequiometría de la Química Inorgánica a través de ejemplos trabajados*. Extraído el 24 de Noviembre, 2003 de [http://www.ciidet.edu.mx/X\\_Congreso/archivoshtm/T6P025.htm](http://www.ciidet.edu.mx/X_Congreso/archivoshtm/T6P025.htm)

Campanario, J. M. y A. Moya (1999). ¿Cómo enseñar Ciencias? Principales Tendencias y Propuestas. *Enseñanza de las ciencias*, 17(2), 179-192.

Campanario, J.M. y J.C. Otero (2000). Más allá de las ideas previas como

dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 18(2), 155-169.

Campello Queiroz, G.R.P. y M.C.A. Barbosa-Lima (2007). Conhecimento científico, seu ensino e aprendizagem: atualidade do construtivismo. *Ciência & Educação*, 13(3), 273-291.

Carretero, M. (1997). *Construir y enseñar las ciencias experimentales*. Buenos Aires: Aique.

DeMeo, S. (2001). Making assumptions explicit: how the law of conservation of matter can explain empirical formula problems. *Journal of Chemical Education*, 78(8), 1050-1052.

Díaz, F. y G. Hernández (1998). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. Barcelona: McGraw-Hill Interamericana.

Earl, B. (2007). Concept Maps for General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 84(11), 1788-1789.

Ferreira, V. (1998). As tecnologias interativas no ensino. *Química Nova*, 21(6), 780-786.

Furió, C., Azcona, R. y J. Guisasola (2006). Enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las ciencias*, 24(1), 43-58.

Furió, C., Azcona, R., Guisasola, G. y E. Mújica (1993). Concepciones de los estudiantes sobre una magnitud «olvidada» en la enseñanza de la química: la cantidad de sustancia. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 107-114.

Gabel, D. y R. Sherwood (1984). Analyzing difficulties with mole-concept tasks by using familiar analog tasks. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(8), 843-851.

García-Ruiz, M. y L. Orozco (2008). Orientando un cambio de actitud hacia las ciencias naturales y su enseñanza en profesores de educación primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), 539-568.

Gimeno, J. y A. Pérez (2002). *Comprender y transformar la enseñanza* (10a ed.). Madrid: Morata.

Glynn, S. y T. Takahashi (1998). Learning from analogy-enhanced science text. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(10), 1129-1149.

Gómez, M. (2007). Factores que influyen en el éxito de los estudiantes al resolver problemas de química. *Enseñanza de las ciencias*, 25(1), 59-72.

Gros, B. (1997). *Diseños y programas educativos*. Barcelona, España: Ariel.

Guzmán, C., Méndez, N., Romero, M., Sosa, P. y L.M. Trejo (2005). Estrategias para introducir el concepto sustancia y para distinguir cambio químico y cambio físico en alumnos de nivel bachillerato. *Enseñanza de las ciencias*, Número extra, VII Congreso, 1-5.

Haim, L., Cortón, E., Kocmur, S. y L. Galagovsky (2003). Learning Stoichiometry with Hamburger Sandwiches. *Journal of Chemical Education*,



80(9), 1021-1022.

Iria Machado, D. y R. Nardi (2007). Construção e validação de um sistema hipermedia para o ensino de Física Moderna. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 90-116.

Kolb, D. (1978). The mole. *Journal of Chemical Education*, 55(1), 728-732.

Kotz, J. y P. Treichel (2003). *Química y Reactividad Química*. (5<sup>ta</sup> ed.). México: Editorial Thomson.

Londoño, F. (2002). *Metodología de desarrollo de producciones educativas hipermediales personalizantes*. En Memorias del VI Congreso Colombiano de Informática Educativa RIBIE-Col, Medellín, Colombia. Extraído el 10 de Julio, 2007 de <http://www.ribiecol.org/seis/ponencias/metodologia.html>

Marín, N. (2003). Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias, Número Extra*, 43-55.

McDougall, A. y D. Squires (1995). An empirical study of a new paradigm for choosing educational software. *Computers Education*, 25(3), 93-103.

McKelvey, R. (1999). *Gráficos para el hiperespacio. Diseño para Internet*. México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.

Mikkilä-Erdmann, M. (2001). Improving conceptual change concerning photosynthesis through text design. *Learning and Instruction*, 11, 241-257.

Novak, J.D. y D.B. Gowin (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona, España: Martínez Roca.

Ösmen, H. (2008). The influence of computer-assisted instruction on students' conceptual understanding of chemical bonding and attitude toward chemistry: A case for Turkey. *Computers & Education*, 51, 423-438.

Pontes, A. (2005). Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos. *Eureka*, 2(1), 2-18.

Pozo, J.I. (1996). *Teorías Cognitivas del Aprendizaje*. Madrid: Morata.

Pozo, J.I. y M.A. Gómez (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.

Pozo, J.I. y C. Monereo (1999). *El Aprendizaje Estratégico*. Madrid: Santillana.

Rezende, F. y S. de Souza Barros (2003). Diseño instruccional de un sistema hypermedia para el aprendizaje de la Física fundamentado en las perspectivas teóricas del cambio y del desarrollo conceptual. *Enseñanza de las ciencias, Número Extra*, 103-109.

Ribeiro, A. y I. Greca (2003). Simulações computacionais e ferramentas de modelização em educação química: uma revisão de literatura publicada. *Química Nova*, 26(4), 542-549.

Riveros, V. y M.I. Mendoza (2005). Bases teóricas para el uso de las TIC en educación. *Encuentro Educativo*, 12(3), 315-336.

Rodríguez, M. (2002). *Una producción de material multimedia para la Enseñanza de la Selección Natural (Biología 1º Año Ciclo Diversificado)*. Tesis presentada en opción al grado de Magíster en Educación Mención Informática y Diseño Instruccional, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad de Los Andes.

Rogado, J. (2004). A grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: algumas considerações sobre dificuldades de ensino e aprendizagem. *Ciência & Educação*, 10(1), 63-73.

Salinas, J. (1994). Hipertexto e Hipermedia en la enseñanza universitaria. *Pixel-Bit*, 1, Artículo 2. Extraído el 10 de Julio, 2007 de <http://www.sav.us.es/pixelbit/articulos/n1/n1art/art12.htm>

Squires, D. y A. McDougall (1994). *Choosing and using educational software*. Londres: Falmer.

Stavy, R. (1991). Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 305-313.

Stojanovic, L. (2002). El paradigma constructivista en el diseño de actividades y productos informáticos para ambientes de aprendizaje "on-line". *Revista de Pedagogía*, 23(66).

Wiser, M. y T. Amin (2001). "Is heat hot?" Inducing conceptual change by integrating everyday and scientific perspectives on thermal phenomena. *Learning and Instruction*, 11, 331-355.

Witzel, J.E. (2002). Lego stoichiometry. *Journal of Chemical Education*, 79(3), 352A-352B.

Venezuela, Ministerio de Educación, Cultura y Deportes (1990). *Programa de Articulación del nivel de educación Media Diversificada y Profesional. Asignatura Química; Primer Año*. Caracas: División de Currículo.