

**JUEGOS EDUCATIVOS DE COMPUTADOR EN LA ENSEÑANZA DE LAS
CIENCIAS**

EDUCATIONAL COMPUTER GAMES ON SCIENCE TEACHING

Ana María Navas, Yuri Orlik

Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

E-mail: navas@gmx.net, oen85@yahoo.com

Resumen

Los juegos educativos de computador son un medio activo en la enseñanza de las ciencias. En este artículo se describen y analizan algunos juegos educativos de computador en el área de las ciencias como química, física y otras ciencias naturales, dirigidos a niños y jóvenes. Se hace énfasis en los diferentes enfoques y metodologías utilizadas para el diseño de los juegos, los contenidos, la interfase, la navegación, y las posibilidades educativas del juego para mejorar la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Palabras clave: juegos educativos, computadores, ciencias naturales.

Abstract

Educational computer games are an active science teaching tool. In this paper some computer games, created for students in scientific areas, like chemistry, physics and other science subjects were described. The authors emphasized the different approaches and methodologies used and the general aspects related to the contents, the interphase, the design of these games and the educational possibilities for improving science teaching and learning.

Key words: educational games, computers, natural science

INTRODUCCIÓN

El uso de juegos educativos constituye un método activo para la enseñanza de las ciencias, tanto a nivel de escuela secundaria como a nivel universitario (Orlik, 2002). Existe cierto interés de profesores e investigadores, por analizar las características generales de los juegos computarizados de ciencias, con el fin de apoyar el trabajo docente (Peralta, 2000; Espiro, 2000; Technowlogia, 1999); por otro lado algunos artículos revelan una gran motivación por parte de los alumnos, al jugar con el computador. (Rossas et al., 2003)

A nivel conceptual existen diferentes criterios para el diseño de juegos educativos, algunos de ellos están relacionados con la necesidad de estimular el “aprendizaje por descubrimiento” (Mariño, 1995).

A nivel metodológico hay varias estrategias para diseñar juegos de computador dirigidos a la enseñanza de las ciencias; a través de estos diferentes enfoques se espera estimular un aprendizaje flexible en el que se conecten ambientes como video, gráficos, audio, texto y animaciones (Fizgerald, 1997; Shepardsund and Britisch, 1996; Ladewski, 1996).

De esta forma es necesario que los juegos de computador creados para el aprendizaje de las ciencias tengan las siguientes características:

- Motiven al estudiante a través de temas de interés
- Utilicen textos cortos y claros que reflejen los contenidos científicos
- Trabajen con interfaces agradables y criterios de navegación sencillos

Una de las estrategias más utilizadas en los juegos de ciencias en computador es la de preguntas y respuestas, en este caso el sistema formula interrogantes que el jugador debe responder acertadamente para avanzar en el juego. La dinámica puede variar y basarse en diferentes recursos como los tableros virtuales, los dados electrónicos, entre otros.

Otra modalidad interesante es la de los juegos de estrategia computarizados; en este caso el usuario se enfrenta a una situación que él mismo debe construir y mantener frente a los problemas propuestos por el programa.

En otros casos los estudiantes se enfrentan a juegos de experimentación en los que el jugador tiene la posibilidad de utilizar y manipular diferentes herramientas para resolver problemas planteados o para crear objetos, aparatos y simulaciones.

Algunos autores han producido adaptaciones en computador de juegos tradicionales que buscan abordar contenidos científicos, como damas (Orlik et al., 1993), ajedrez y otros.

Por último se encuentran los juegos de recorrido, en los que el jugador va explorando diferentes enlaces en la interfase, los cuales lo llevan a explicaciones sobre los temas tratados.

Es importante resaltar también que aunque se hayan descrito diferentes modalidades, muchos de los juegos de computador dirigidos a la enseñanza de las ciencias integran varios enfoques.

El propósito de este artículo es ofrecer un análisis de varios ejemplos de juegos educativos por computador que utilizan las estrategias mencionadas anteriormente (estrategia, recorrido, experimentación, preguntas y respuestas, juegos tradicionales adaptados) y que pueden ser utilizados en la enseñanza de las ciencias.

CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS JUEGOS DE CIENCIAS Y OBJETIVOS EDUCATIVOS

Ciencias naturales: Biología y Ecología

Un ejemplo típico de un software diseñado para estudiantes de 10 a 14 años es **'Turbo Science'** (Sierra on line, 1992). El juego está diseñado para atraer la atención de los alumnos hacia problemas cotidianos reales que involucran el estado de los ríos, las fábricas, el aire, el agua, los laboratorios entre otros.

Es un juego de preguntas y respuestas, que involucra a su vez actividades de manipulación con objetos virtuales. El estudiante debe responder las preguntas de forma acertada para ganar puntos; los puntos le

permiten participar en carrera de carros y otro tipo de competencias.

En la sección de manipulación y experimentación, el estudiante puede escoger entre varias herramientas científicas dibujadas (el termómetro, la balanza y la probeta para medir volumen), después puede efectuar investigaciones y hacer experimentos con los objetos y las sustancias que aparecen en pantalla. El sistema muestra los datos reales de estos objetos, por ejemplo la temperatura, el volumen o la masa en las diferentes escalas de las medidas (métrico u otra). Además de acuerdo con la preparación del estudiante en biología y ecología, se podrán trabajar preguntas y procesos de experimentación virtual con diferentes grados de dificultad.

El juego **Explore the Fantastic Forest**, se encuentra ON LINE en la pagina web de la National Geographic (<http://www.nationalgeographic.com>, sección de estudiantes). Es un juego de recorrido, en español, que permite visitar diferentes enlaces dentro de un ecosistema boscoso. Los alumnos con edades de 8 a 10 años podrán familiarizarse con algunos conceptos de biología y ecología, como las características generales y los perfiles de vegetación de los ecosistemas boscosos, la biología de algunas especies de animales característicos como ciervos, salamandras, marsupiales y mariposas; la importancia de las corrientes de agua en estos ecosistemas

Al seleccionar una nueva zona cambia la imagen en pantalla y el sistema pregunta al jugador cosas relacionadas con la imagen presentada. En una de las pantallas, aparece una región muy oscura del bosque, con troncos y hojarasca, el programa pregunta: "¿Dónde te esconderías si fueras un animal pequeño, débil y vulnerable? Cuando el jugador selecciona el lugar que considera apropiado aparece el nombre y la descripción del animal, en este caso un marsupial (*Opossum* sp)

En la modalidad de juegos de estrategia vale la pena mencionar el juego **Zoo Tycoon** (<http://www.microsoft.com/games/PC/zootycoon.asp>), se trata de un software que permite crear un zoológico y realizar todas las labores relacionadas con su mantenimiento. El jugador tiene acceso a un área en la que se realizará el montaje del zoológico, un mapa pequeño de orientación, ventanas de información sobre los diferentes recursos y una barra de herramientas que se mantiene activa durante todo el juego; la interfase es agradable y es sencillo navegar a través de los diferentes botones y enlaces. A

través de este juego los estudiantes, de un amplio rango de edades, podrán trabajar con algunos conceptos relacionados con la biología de los animales que se mantienen en cautiverio como son: el comportamiento social de los individuos, las preferencias a nivel de hábitat, las preferencias alimenticias y los factores que podrían afectar la supervivencia de las especies en cautiverio.

El jugador debe revisar frecuentemente el estado de salud de los animales, el estado de las salas de exhibición, la nutrición y la forma en que se comportan varios individuos de la misma especie, estas temáticas podrían dar lugar a interesantes discusiones en el aula o la escritura de ensayos sobre el estado de conservación de las especies, las especies amenazadas, las listas rojas y las características y el funcionamiento de los zoológicos reales.

El juego ofrece 2 variantes, una de ellas es jugar en escenarios creados, a través de un tutorial y otra es diseñar y montar un zoológico, partiendo simplemente de un espacio vacío. El jugador puede incorporar al zoológico más de 40 especies de animales de diferentes hábitat y el programa ofrece información útil sobre cada una de las especies, relaciona las características del hábitat con los posibles tipos de suelo, vegetación y alimentación que se podrían lograr en cautiverio.

En internet se encuentra disponible un demo muy interesante que permite una aproximación hacia algunos de los elementos del juego. La versión completa está en español y en inglés.

En el juego **Cyber Tiger ON LINE**, ofrecido por la página web de la National Geographic (<http://www.nationalgeographic.com/tigers/maina.html>) se utilizan criterios similares de estrategia; el programa ofrece recursos al jugador para que este encuentre las mejores condiciones en las que un tigre siberiano puede mantenerse en cautiverio. El jugador recibe información sobre las características del animal, el hábitat y sus requerimientos; en una segunda pantalla tiene acceso a una barra de herramientas en la que el sistema le propone (1) Crear un "hogar" para el tigre, seleccionando los elementos y recursos que el animal tendrá en cautiverio (2) Mantener este lugar protegido de las personas por medio de rejas, agua y plantas entre otros (3) Escoger el alimento que mejor podría constituir la dieta del tigre (4) Seleccionar algunos objetos con los que el tigre podría jugar.

A través de este juego los estudiantes que se encuentren en un rango de edades entre 7 y 10 años podrán

familiarizarse con algunos conceptos relacionados con el manejo de fauna como son: el funcionamiento de un espacio de cautiverio, el mantenimiento de los animales en cautiverio, los requerimientos de un tigre siberiano para estar en cautiverio. Al igual que en el caso anterior, este juego podría acompañarse de interesantes actividades en clase, como discusiones sobre el mantenimiento de los animales en encierro, los cuidados necesarios, y también el papel de los científicos en estos aspectos; así mismo podría ser la introducción del tema para una visita a un zoológico con un grupo de estudiantes.

Dentro de la modalidad de juegos tradicionales adaptados a la enseñanza de las ciencias naturales existe un ejemplo interesante, se trata del **TB BINGO**, una versión ON LINE de un bingo adaptado para que los jugadores puedan profundizar en el tema de la tuberculosis.

El juego, en su versión electrónica, se encuentra en la pagina web del museo de ciencias boliviano Kusillo (<http://www.quipusbolivia.org/kusillo/pelsi/tuberculosis.html>) y se trata de una aventura contextualizada en el viejo oeste que puede ser jugada entre dos jugadores o entre un jugador y el computador; el primer paso es seleccionar un cartón de bingo para cada jugador entre las siguientes opciones: (1) Se busca Don TB (2) ¿Cómo ataca? (3) ¿Cómo defenderse de Don TB? (4) ¿Cómo identificar a las víctimas de Don TB? (5) ¿Cómo atrapar y destruir a Don TB? (6) ¿Por qué Don TB es tan peligroso? llenado todas las casillas de su cartón.

A través de este juego los niños de un rango de edad entre los 8 y 12 años estarán en contacto con conceptos relacionados con biología y salud como: las características generales del Bacilo de Koch, la forma en que puede ser tratada la tuberculosis, la forma en que se genera la enfermedad, los efectos que tiene el bacilo en el cuerpo humano. Este juego podría servir como introducción a la temática de las enfermedades contagiosas, las formas en que se produce contagio y la acción de los antibióticos; así mismo podría ser la base para otras actividades a realizarse como un trabajo conjunto de profesores y alumnos, por ejemplo la creación de un bingo o lotería cuyas ilustraciones representen los síntomas y las causas de otras enfermedades.

A cada una de las 6 posiciones del cartón le corresponde una letra en el teclado, cuando aparece la balota con el número, el jugador debe oprimir la letra correspondiente en caso de tener ese numero en su cartón.

Si la jugada fue acertada aparece un nuevo cuadro en la pantalla, con información interesante sobre la enfermedad.

Uno de los mensajes informativos que aparecen es: "Los médicos atacan a Don TB por dos lados, usando dos antibióticos a la vez"; los mensajes que aparecen en pantalla están relacionados con el tema del cartón seleccionado.

Como en los bingos tradicionales, el juego concluye cuando uno de los dos jugadores ha llenado completamente su cartón

Jungle Chess (www.riverdeep.net) es una adaptación del tradicional juego de ajedrez a través de la cual, los alumnos con edad de 6 a 10 años podrán familiarizarse con algunos aspectos de la biología de especies propias de las selvas y las grandes sabanas, como los tigres, los leones, las panteras, los elefantes y los ratones entre otros. Este juego podría ser una interesante herramienta para tratar las características de la biología y la historia natural de algunas especies y promover la búsqueda de información por parte de los estudiantes, con el fin de complementar los contenidos presentados.

Los jugadores tienen acceso a un tablero virtual, ambientado en una selva; las fichas tienen imágenes de animales como pumas, leones, tigres, ratones y elefantes. En la parte superior de la pantalla hay una barra con botones que llevan al jugador a enlaces como: Salir de la partida – Ayuda – Videos - Empezar de nuevo.

El jugador podrá mover sus fichas en forma vertical y horizontal pero siempre en diagonal. El objetivo del juego es acabar con las fichas del contrincante. Existen algunas reglas relacionadas con cada especie, por ejemplo solo la rata podrá moverse en el agua (algunas casillas están ocupadas por agua) y solo los tigres y leones podrán saltar las charcas de agua. La partida termina cuando un jugador ha perdido todas sus fichas.

El programa ofrece videos para que los jugadores observen a los animales en su ambiente natural, realizando muchas de las posturas y los sonidos utilizados en el juego.

En la pagina web www.riverdeep.net, se encuentran demos de este y otros juegos relacionados con

ciencias naturales y exactas. Estos demos ofrecen aproximaciones de las versiones completas y utilizan requerimientos básicos del sistema.

Física

En el área de la física, se encuentran también algunos ejemplos interesantes de juegos de computador, uno de ellos es el software **Aventuras del Profesor Salvador** producido en Israel y desarrollado en español (ITP Software <http://www.itpsoft.com/>). Los estudiantes de 12 a 18 años podrán profundizar en conceptos como: Aire, movimiento de los fluidos, evaporación, vacíos parciales, estados de la materia y la Ley de Bernoulli.

En una de las secciones, el programa plantea varios experimentos sencillos, para que los estudiantes los realicen en sus casas; este tipo de actividades podría complementar el trabajo realizado en clase y en laboratorio.

En la pagina principal hay varios objetos como cuadros y libros que llevan a los jugadores a diferentes enlaces. La voz del protagonista acompaña al usuario en todos los recorridos (como una guía) y adicionalmente el programa ofrece un diccionario animado que aborda términos y conceptos relacionados con cada uno de los temas tratados.

El objetivo general del juego es resolver los diferentes problemas planteados a través de respuestas y de experimentación por parte de los jugadores, cuando los jugadores encuentran la respuesta correcta son premiados con un certificado otorgado por el profesor Salvador.

Otro ejemplo interesante es el software español **Taller de Inventos** (<http://www.zetamultimedia.es>), programa que permite al usuario visitar diferentes enlaces y descubrir, de una forma humorística, conceptos relacionados con electricidad y magnetismo. El guía de las actividades es un personaje animado, que dirige a los jugadores en el proceso de diseñar, construir y probar los propios inventos.

A través de este software los estudiantes de 12 años en adelante podrán comprender a través de una dinámica de ensayo-error conceptos de electricidad y magnetismo, diseñar objetos tecnológicos, entender el funcionamiento y la estructura de objetos de uso diario como los secadores de pelo y utilizar el

lenguaje tecnológico. Este juego podría servir de introducción al desarrollo real de modelos y máquinas sencillas, ya que estimula al estudiante a experimentar, plantearse cuestionamientos, errar, diseñar y crear modelos.

Las secciones a las que los jugadores tienen acceso son: (1) Sección de inspiración súbita. El jugador puede considerar los pasos que debería seguir la creación de su prototipo; (2) Garaje: aquí el jugador podrá diseñar, construir y probar vehículos aéreos y terrestres; (3) Maximáquina: es una sección que ofrece información acerca de grandes inventores y sus inventos; (4) el Taller de Inventos: en esta sección el jugador debe diseñar un invento que le permita a un ratón circular por una pista diseñada. El espacio virtual de trabajo Incluye una mesa de dibujo para realizar el diseño y un espacio para probarlo; (5) el Taller: aquí el usuario podrá armar aparatos tecnológicos reales a través de diferentes materiales y herramientas que el programa le suministra. El programa emite mensajes que indican si el jugador tuvo o no éxito en el montaje; (6) la Central eléctrica: en esta sección se presenta un juego en el que hay que utilizar diferentes tipos de energía para mantener una máquina funcionando; (7) la Oficina de patentes: en este lugar el jugador puede patentar sus inventos, siempre y cuando sean funcionales y el jugador haya obtenido buenos puntajes.

También en español, se encuentra el juego **Pinball de la Ciencia** en el que el usuario puede construir su propio pinball, a partir de objetos que se obtienen al responder acertadamente preguntas de física en temas como energía, fuerza, movimiento, electricidad, magnetismo, ondas y el espacio entre otros. Para poder armar los 3 pinballs que presenta el juego, el jugador debe responder 300 preguntas de física.

A través de este juego los estudiantes de 9 a 14 años estarán en contacto con los conceptos generales de física que son tratados en los currículos escolares; a nivel de docentes, este software podría constituir una herramienta útil para evaluar el estado de conocimiento sobre temas específicos de física y crear concursos entre los alumnos.

En este contexto vale la pena mencionar los juegos de experimentación que ofrece la página <http://www.riverdeep.net> en temas como óptica, electricidad y movimiento; entre ellos se encuentra **Kinetics lab**, un juego que ofrece la posibilidad de explorar conceptos como: inercia, fricción,

movimiento, gravedad, impulso, rozamiento, peso y fuerza.

Esta herramienta podría ser usada por los profesores como una estrategia de evaluación, planteando situaciones o modelos a ser desarrollados por los estudiantes; por ejemplo una de las sugerencias del programa, es la creación de un juego similar al billar, con 4 bandas, hoyos y bolas que adquieran diferentes direcciones dependiendo de la forma en que chocan con las bandas.

La interfase de este juego cuenta con un área de experimentación y un menú permanente en el que los jugadores encontrarán diferentes recursos y herramientas como: bolas, taladros, resortes, aceite, herramientas para cambiar la inclinación y forma del área de experimentación, herramientas para cambiar la gravedad. El jugador puede explorar su creatividad y armar sus propios juegos y ambientes o utilizar algunas de las ideas sugeridas.

Química

En esta línea temática se encuentra “**The Periodic table game**”, un juego que guarda cierta similaridad con el tradicional juego tetris. Este software fue diseñado para ayudar a los estudiantes a aprender mejor el vocabulario de química (fórmulas, reglas) y la química descriptiva (números de oxidación, propiedades periódicas); podría ser usado por los profesores como herramienta de evaluación de los conocimientos del estudiante y al igual que en otros juegos descritos en este documento, podría ser la base de concursos y competencias entre los alumnos.

En la pantalla se muestra una tabla periódica vacía (sin los elementos) y el jugador debe dirigir los elementos químicos (que surgen de la parte inferior de la pantalla) a las casillas correspondientes de acuerdo con, su número atómico y las características propias del grupo al que pertenece; la dirección de los elementos se logra con las flechas del teclado.

Se puede jugar con el computador individualmente o con un grupo de estudiantes.

El juego ofrece varias opciones de ayuda y permite seleccionar también los diferentes sistemas para nombrar los compuestos: europea, de EE UU o IUPAC. En el proceso del juego los estudiantes pueden ver los marcadores de cada jugador, representado en el diagrama. (Martín, 1997)

Otro ejemplo interesante es “**Fact game**” (Ramette, 1997) un juego que permite a los estudiantes fortalecer los conocimientos en química, en temas como elementos, compuestos, propiedades de los compuestos e historia de las ciencias. La dinámica del juego facilita las discusiones sobre el tema ya que el banco de preguntas es amplio y cubre las diferentes propiedades de los elementos y compuestos, historia de las ciencias, etc. Muchas de las preguntas están basadas en el interesante libro “*Chemical World*” (Kotz et al., 1994)

El juego comienza cuando el computador presenta una pregunta y el primer jugador debe contestarla en voz alta. Después el computador presenta la respuesta y el segundo jugador decide si la respuesta es correcta; posteriormente, él recibe otra pregunta y así sucesivamente.

Otra opción para diseñar juegos educativos en el computador, es adaptar los juegos intelectuales conocidos. Anteriormente se mencionó el ejemplo de *Jungle Chess* (adaptación del ajedrez) en la línea temática de las ciencias naturales, pero en el área de la química existen también ejemplos interesantes como el programa **Damas químicas** que hace parte del proyecto *Seraphim* (<http://ice.chem.wisc.edu/SERAPHIM/>) (Orlik et al., 1993).

Algunos de los objetivos de este software son: contribuir a una mejor comprensión de los temas relacionados con las propiedades de los compuestos químicos, metales, ácidos y bases. Es un juego interesante desarrollado en inglés y en español, que podría ser utilizado en las olimpiadas de química.

Las características y reglas del juego son parecidas a las del tradicional juego de damas: (1) los compuestos químicos son piezas de las damas: ácidos, bases, sales, óxidos, metales, agua; (2) una pieza puede “comer” a otra cuando las sustancias reaccionan una con otra; (3) la pieza (compuesto) se puede mover igual como las damas habituales: sólo diagonalmente; (4) la dama se puede mover diagonalmente y hacia atrás; (5) los compuestos químicos (algunos ácidos, bases, sales, óxidos, metales y agua) son las damas y las fórmulas aparecen en pantalla; (6) el estudiante que tiene piezas blancas juega contra el computador con negras; (7) las blancas y negras pueden comerse unas a otras en una condición: si hay reacción química entre los compuestos.

El programa muestra en la pantalla las ecuaciones de las reacciones químicas (Figura 1) , que ayudan al

estudiante a comprender mejor las propiedades de las sustancias; en el intento de vencer al computador, el estudiante aprende mejor el contenido del curso. El objetivo del juego es ganar al computador cumpliendo las reglas de las reacciones químicas de los compuestos.

El estudiante juega con las damas blancas y el computador con negras. La posición inicial del juego siempre es distinta (está manejada con el generador aleatorio de números), por esta razón cada estudiante del grupo va a tener la posición propia de las damas-compuestos.



Figura 1. Imagen del juego Damas Químicas en su versión en inglés

Al final del juego aparece la información estadística con el número total de errores; con esta información el profesor puede determinar qué temas deben ser revisados nuevamente por el estudiante.

Existen otros juegos de química en inglés que puede ser descargado de forma gratuita de la pagina web <http://ice.chem.wisc.edu/SERAPHIM/>, algunos de ellos están relacionados con reacciones de oxido reducción y electroquímica como: Redox game, Nernst, Faraday Aid y Faraday 2. Estos juegos son aptos para los estudiantes de bachillerato y a través de ellos, los estudiantes podrán reforzar conceptos como: potenciales electrónicos, reacciones de oxido reducción, energía libre y otros.

Por ejemplo en el juego **Faraday Aid**, el programa pide al jugador datos como temperatura utilizada, presión en mm de mercurio, volumen de hidrógeno utilizado (máximo 10 ml), corriente (amperios) y tiempo que dura la corriente.

El juego podría ser utilizado como un complemento para los laboratorios de química donde el alumno tiene la posibilidad de manipular variables y realizar experimentación virtual.

Una vez dados los valores el sistema explica que la presión del vapor del hidrógeno se reduce como efecto de la presión del vapor del agua con la que fue colectado, el jugador debe calcular la presión del vapor a 20 grados Celsius (en caso de no saberla el programa emite, después de varios intentos, la respuesta correcta). Posteriormente el sistema propone calcular la mole de hidrógeno a través de la ecuación de avogadro y el estudiante encontrar la relación entre los Faraday y las moles de hidrógeno.

Es un juego interesante porque el jugador decide todas las condiciones iniciales, que le permitirán realizar y analizar los cálculos posteriores; sin embargo una de las desventajas que se observó en estos juegos es que los usuarios nunca tienen la oportunidad de retroceder a las pantallas anteriores.

CONCLUSIONES

Muchos de los juegos computarizados de ciencias pueden ser la base de interesantes actividades, que desarrollan la creatividad de los estudiantes en el aula como discusiones, ensayos, concursos, competencias y olimpiadas.

La introducción a temas específicos de biología, química y física podría lograrse de una forma amena, a través de juegos de computador.

Los juegos de preguntas, experimentación y manipulación pueden ser la base para evaluar los conocimientos de los estudiantes en temas específicos.

Algunos juegos pueden ser descargados de forma gratuita de Internet, esta variante al igual que los demos ON LINE, constituyen elementos interesantes para apoyar el proceso educativo.

Para mejorar el uso de juegos de computador como herramientas educativas en ciencias, es necesario que

el uso educativo del juego sea dirigido por los profesores, con el fin de evitar la formación de concepciones erradas sobre las temáticas tratadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Espiro, S. “Análisis del software: Pequeño aventurero de la ciencia”. *Horizontes* (revista digital) (18), 2000. <http://www.horizonteweb.com/documentos.htm>
- Fitzgerald, G., Wilson, B., Semaru L. “An interactive multimedia program to enhance teacher problem-solving skills based and cognitive flexibility theory: design and outcomes”. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia* 6 (1): 47-76. 1997
- Kotz J., Joesten M., Wood M., Moore J. *The chemical word: concepts and applications*. Saunders: Philadelphia. 1994.
- Ladewski, B. “Interactive multimedia learning environments for teacher education: comparing and contrasting”. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching* 15 (1/2): 173-197, 1996.
- Mariño O. “Cosmología: Sistema heurístico para la integración de conocimientos en el escenario de la evolución de humanidad”. *Informática Educativa* 8 (2): 125 – 136, 1993
- Martín J. “Periodic table game”. *Journal of Chemical Education* 74: 346, 1997.
- Orlik Y., Varova N., Gliakov P. “Chemical Checkers on the computer”. *Journal Chemical Education* (4): 297-299, 1993.
- Orlik, Y. *Química: métodos activos de enseñanza y aprendizaje*. Grupo editorial Iberoamericana. México, 2002.
- Peralta S. “Análisis del software: Evolución”. *Horizontes* (revista digital) (17), 2000 <http://www.horizonteweb.com/documentos.htm>

- Ramette R. “Fact game”. *Journal of Chemical Education* 74:374, 1997
- Rossas R., Nussbaumb M., Cumsillea P., *et al.* “Beyond Nintendo: design and assessment of educational video games for first and second grade students”. *Computers & Education* 40 (1): 71-94, 2003.
- Shepardsund, D. Britisch S. “When dinosaurs roamed: hypermedia and the learning of mathematics and science”. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching* 15 (1/2): 7 – 16, 1996.
- Sierra (On line) Inc. *Turbo science*. Jell Tunell Prod. 1992
- Techknowlogia. Educational software sampler. *Technkowlogia* (revista digital) 1(1),1999
www.techknowlogia.org

Paginas web citadas en el texto

<http://www.nationalgeographic.com/> National Geographic (home page). 2003

<http://www.microsoft.com/games/PC/zootycoon.asp> Microsoft game studios. Zoo Tycoon. 2003

<http://www.quipusbolivia.org/kusillo/pelsi/tuberculosis.html> Kusillo, PELSI Tuberculosis.

<http://www.riverdeep.net> Riverdeep (home page). 2003

<http://ice.chem.wisc.edu/SERAPHIM/> Proyect Seraphim. On line catalog. 2001

NOTA

Uno de los juegos tratados en este artículo - "Damas químicas" (Orlik et al., 1993) - se distribuye con esta edición. La variante en inglés del juego se puede bajar de forma gratuita de la dirección en Internet

<http://ice.chem.wisc.edu/SERAPHIM/>