

Utilización de tecnología multimedia para la enseñanza de estereoquímica en el ámbito universitario

Esteban Ariel Ugliarolo y Gisela Celeste Muscia*

ABSTRACT (Use of multimedia technology for stereochemistry teaching at university level)

In teaching chemistry, the biggest drawback is that atoms and molecules are very small structures to which we have no possibility to observe. Therefore, we use a mental model that is valid for the teaching of this science. The aim of this work is the implementation of **ChemBio3DUltra v11.0** to generate three-dimensional representations and to help improving the quality of the teaching process in relation to traditional teaching. A sample of 200 students enrolled in the Organic Chemistry II course, and the curriculum of Pharmacy and Biochemistry careers, University of Buenos Aires, have participated in the investigation. The study group was composed of 100 students and the control group of another 100. Students were questioned on the usefulness of the topic in the development of stereochemistry. We analyzed their performance in evaluative instance. In our case we observed that the use of **ChemBioUltra v11.0** has been useful for students. In the evaluative instance, approximately 50% more students got the highest score compared to the control sample.

KEYWORDS: Stereochemistry, multimedia thechnology, 3D representation, teaching strategy, university teaching

Resumen

En la enseñanza de la química, el mayor inconveniente es que los átomos y las moléculas son estructuras muy pequeñas a las cuáles no tenemos posibilidad de observar. Por lo tanto, nos valemos de un modelo mental que sea válido para la enseñanza de esta ciencia. El objetivo de este trabajo es la implementación del **ChemBio3DUltra v11.0** para generar representaciones tridimensionales y contribuir a elevar la calidad del proceso de enseñanza en relación a la enseñanza tradicional. Una muestra de 200 estudiantes inscriptos en la asignatura Química Orgánica II, del plan de estudios de las carreras de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires, participaron en la investigación. El grupo de estudio fue conformado por 100 alumnos y el grupo control por otros 100 estudiantes. Los alumnos fueron indagados sobre la utilidad del programa en el desarrollo del tópico Estereoquímica. Nosotros analizamos su desempeño en la instancia evaluativa. En nuestro caso observamos que el uso del **ChemBioUltra v11.0** resultó de utilidad para los alumnos. En la instancia evaluativa, aproximadamente, un 50% más de alumnos obtuvieron la mayor puntuación en comparación con la muestra control.

* Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Buenos Aires, Argentina.

Correos electrónicos: euglia@ffyb.uba.ar y gmuscia@ffyb.uba.ar, eugliarolo@hotmail.com

Fecha de recepción: 4 de septiembre 2010.

Fecha de aceptación: 15 de julio de 2011.

Palabras clave: estereoquímica, tecnología multimedia, representación 3D, estrategia didáctica, enseñanza universitaria

Introducción

En la actualidad, vivimos en un mundo plagado de estímulos audiovisuales que nos invitan a meditar, disfrutar y reflexionar. Las imágenes han sido utilizadas, desde tiempos remotos, como una herramienta educativa permitiendo a maestros y alumnos comprender y reflexionar sobre infinidad de temas, así como también fueron, y son utilizadas, como un instrumento que enriquece la imaginación y estimula la creatividad.

Se considera que el uso de imágenes visuales y auditivas debe ser abordado desde el enfoque pedagógico de la educación para los medios, que integra los medios de comunicación e informáticos desde dos perspectivas que son complementarias entre sí: la *pedagogía con imágenes* y la *pedagogía de las imágenes*. Ambas no sólo permiten modernizar la educación sino que también logran la formación de individuos pensantes (Martínez Zarandona, 1999).

Es importante destacar el potencial que tienen las imágenes, como así también todo recurso audiovisual, en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Esto sumado a la gran cantidad de posibilidades que, hoy en día, la tecnología nos brinda para poder incorporar dentro de las aulas (Barberá & Badia, 2005).

La parte más importante de todo proceso educativo es la formación de individuos con capacidad crítica y que sean capaces de elaborar sus propias redes conceptuales, que les permitan ofrecer sus propias respuestas y soluciones a los proble-

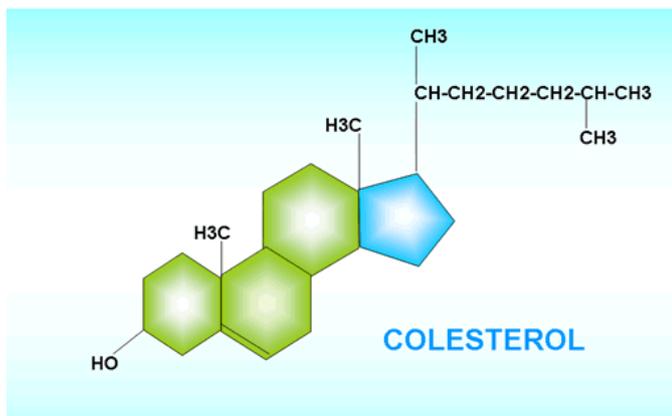


Figura 1. Representación 2D de la molécula de colesterol.

mas. La posibilidad de tener una imagen clara es de gran utilidad y permite llegar a concretar dicho proceso.

En nuestro caso particular, en la enseñanza de la química orgánica nos encontramos con el inconveniente de que los átomos y las moléculas son estructuras muy pequeñas a las cuáles no tenemos posibilidad de observar a menos que se utilice difracción de rayos-X. Por lo tanto, nos valemos de representaciones y modelos didácticos para poder crear un modelo mental que sea válido para la enseñanza de esta ciencia. La educación de algunas disciplinas, como por ejemplo química, biología y física, entre otras, tienen el problema de que el objeto de estudio es tan pequeño que no es visible para el ojo humano y, en consecuencia, elude la experiencia de los estudiantes en la vida cotidiana. En química, las estructuras pueden ser solamente observadas y estudiadas con técnicas (resonancia magnética nuclear, microscopía electrónica, espectrometría de masa, etc.) que son muy costosas para implementar en los cursos regulares.

Existen numerosos estudios que describen la implementación de representaciones 3D en diversas disciplinas como biología (Huk, 2006), medicina (Hoffman & Vu, 1997), zoología (Robertson *et al.*, 1995), bioquímica (Ivanov *et al.*, 1996; Rourk, 2000) que se focalizan en el impacto de este tipo de representaciones sobre el aprendizaje. Por ejemplo, se ha observado que el uso de este tipo de representaciones incrementa el interés por parte de los estudiantes y aumenta la afinidad por la unidad temática en estudio.

Nuestra experiencia en uno de los tópicos dictados en la asignatura Química Orgánica II, materia del segundo año de las carreras de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires, es el tema Estereoquímica, un concepto fundamental de la química que toma como base el estudio de la disposición espacial de los átomos que componen las moléculas y cómo esto afecta a las propiedades y reactividad de dichas moléculas.

Una parte importante de la estereoquímica se dedica al estudio de moléculas quirales para proporcionar conocimientos importantes para la química en general ya sea inorgánica, orgánica, biológica, fisicoquímica o química de polímeros. Sin

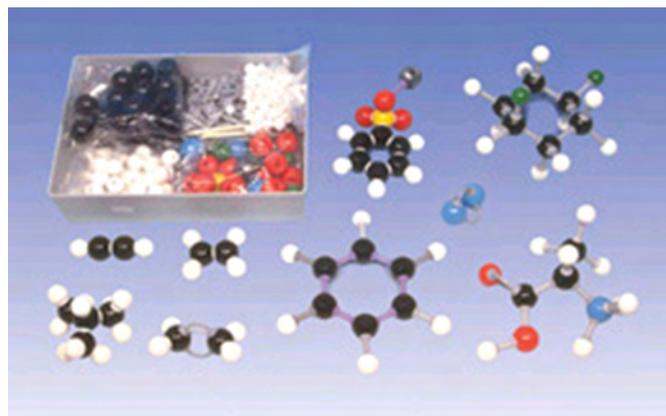


Figura 2. Modelos moleculares.

embargo, la comprensión de dichos temas requiere de una concepción tridimensional de las moléculas, es decir, de la distribución espacial de los átomos que constituyen la molécula en estudio. Por este hecho, al inconveniente de no tener una imagen clara de átomos y moléculas se suma la necesidad de desarrollar la habilidad espacial de los alumnos, es decir, la habilidad para recrear espacialmente distintos aspectos de una experiencia visual (Mayer & Sims, 1994; Hays, 1996; Wu & Shah, 2004; Kramer & Griesbeck, 2008).

A lo largo de los años hemos visto que dicha concepción espacial por parte de los alumnos resulta a menudo difícil de comprender, no por una falta de conocimientos previos sino por el hecho de tener presente una representación en 2D (figura 1) y tratar de trasladarla a una figura tridimensional. Debido a este inconveniente, en los últimos años hemos implementado el uso de modelos moleculares y de tecnología multimedia para el abordaje de dicho tema (figuras 2 y 3). El objetivo de nuestro trabajo es la implementación de la tecnología multimedia para contribuir a elevar la calidad del proceso de enseñanza en relación a la enseñanza tradicional, al posibilitar que el estudiante interactúe con un programa de simulación, en nuestro caso **ChemBio3DUltra v11.0**, un soporte informático de uso educativo el cual permite comple-

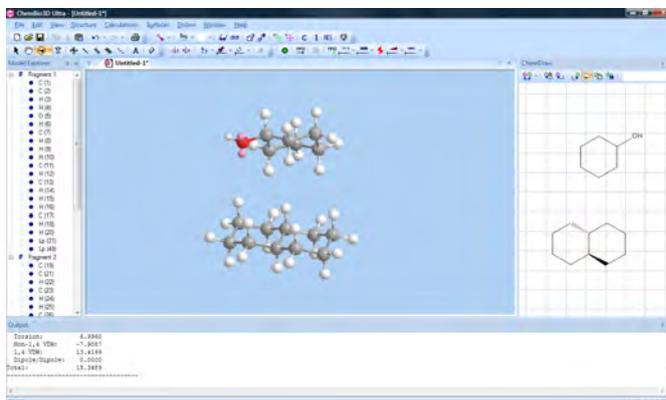


Figura 3. Representación molecular con el programa ChemBio3DUltra.

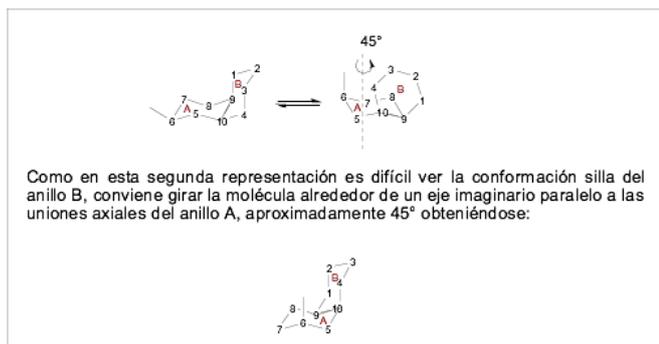


Figura 4. Ejemplo de la Guía de Estudio de los alumnos.

mentar y reforzar su aprendizaje al poder visualizar realmente cómo es la molécula espacialmente.

La percepción espacial es, de por sí, algo que los alumnos nos reportan como una de las principales dificultades al momento de ser receptores de esta información; un ejemplo claro se presenta al momento de explicar los distintos conformeros que posee la *cis*-decalina (figura 4). En este caso, si bien los estudiantes cuentan con la explicación detallada en su bibliografía, la representación plana (2D) no logra transmitir el concepto o, mejor dicho, no logra, en la mayoría de los casos, que el alumno interprete cómo ese movimiento ocurre. Como docentes nos surge la inquietud de saber si los alumnos fueron capaces de generar un conocimiento propio para comprender el movimiento de la molécula o si sólo tomaron el concepto como una verdad dada por el docente. El potencial pedagógico de los elementos multimedia ha sido confirmado por numerosos estudios, destacando esencialmente la motivación por parte de los alumnos, el estímulo de la cognición y la reducción de la tasa de fracaso, entre otras (Kurbanoglu, *et al.*, 2006).

Metodología

Con la finalidad de poder determinar si la visualización en 3D de las moléculas contribuye al proceso de aprendizaje, en estudiantes universitarios del segundo año de las carreras de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires, se incorporó al ámbito del aula el uso del programa **ChemBioUltra v11.0** sumado a la explicación teórica en la pizarra.

Una muestra de 200 estudiantes participaron de la investigación. Un grupo de 100 alumnos, 74 mujeres y 26 varones, de entre 21 a 24 años de edad, conformó el grupo de estudio y los 100 restantes, 63 mujeres y 37 varones, conformaron el grupo control. La muestra de 100 alumnos representa al 22% del total de los alumnos ($N = 456$) que cursaron la materia en el primer cuatrimestre del año 2010.

El grupo de estudio y el grupo control ($n = 100$) respondieron a tres comisiones que contaron con cantidades equivalentes de alumnos, cada una de las cuales se encontró a cargo de un docente de la materia.

El uso del programa multimedia se realizó en dos clases, una clase teórica de dos horas y otra práctica de cuatro horas.

Figura 5. Encuesta acerca del uso del programa de simulación **ChemBio3DUltra v11.0**.

La utilización del programa ChemBioUltra v11.0 para el desarrollo de la clase de estereoquímica le resultó:

- | | |
|------------|-------------|
| — Muy útil | — Poco útil |
| — Útil | — NS/NC |

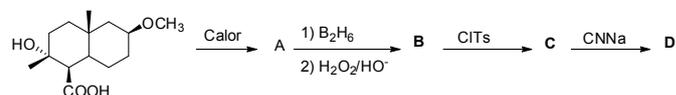
La clase le resultó más atractiva e interesante al utilizar este programa de simulación:

- | | |
|------|------|
| — Sí | — No |
|------|------|

En la primera, los alumnos recibieron la explicación teórica y el programa fue utilizado como refuerzo del contenido; en la clase práctica se utilizó el programa como complemento para la resolución de ejercicios. Para esto se fueron dibujando las distintas estructuras en el programa elegido y fueron proyectadas para la visualización por parte de toda la clase.

Al finalizar las dos clases encuestamos la cohorte de estudiantes de estudio ($n = 100$) acerca del uso del programa de simulación **ChemBio3DUltra v11.0** para el abordaje del tema Estereoquímica. En dicha encuesta (figura 5) se indagó sobre la utilidad de aplicar un elemento multimedia para poder representar un conocimiento que poseen simbólicamente y así generar un aprendizaje basado en la adquisición y la representación exacta de lo aprendido y, además, sobre la motivación-interés que despertó en cada uno de ellos. Las preguntas realizadas reflejan una apreciación cualitativa y personal de parte de cada uno de los alumnos con respecto al uso del programa computacional.

Esta apreciación luego se confirma o no durante la instancia evaluativa donde se busca que los alumnos pongan de manifiesto lo adquirido durante las clases. La pregunta realizada en la etapa evaluativa consistía en completar una secuencia de reacciones. Para esto los alumnos de ambos grupos debían tener en claro cómo es la molécula en el espacio para determinar qué lado de la molécula está más impedido para reaccionar, y así poder determinar el producto mayoritario de la reacción.



En este caso se pedía que el alumno formulara cada uno de los productos mayoritarios obtenidos en cada paso y fundamentara brevemente su respuesta con los conceptos vistos durante las clases teóricas. La puntuación para la pregunta realizada fue la siguiente:

- **BIEN** = tres o cuatro pasos de la secuencia correctos.
- **REGULAR** = sólo dos pasos de la secuencia correctos.
- **MAL** = ninguno o un paso de la secuencia correctos.

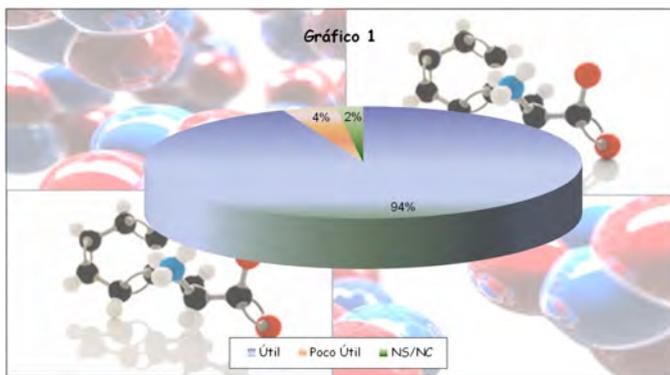


Gráfico 1. Utilidad del programa en el desarrollo de la clase.

De esta manera podemos poner de manifiesto si el uso del programa influye en la comprensión del tema.

Resultados

En el gráfico 1 se observa que la introducción del elemento multimedia al ámbito del aula resultó de gran utilidad para la mayoría de los estudiantes encuestados. Un 94% de los encuestados evidenció que el uso de la simulación fue de utilidad para la comprensión del tema.

El gráfico 2 nos revela que en un 84% de los alumnos encuestados la utilización de un programa de simulación resultó atractivo para el desarrollo de la clase, despertando el interés por parte de los estudiantes.

En la etapa evaluativa, un 67% obtuvo la mayor calificación en la pregunta que involucraba poner de manifiesto lo adquirido durante las clases, mientras que solamente 11% no obtuvo una calificación favorable (gráfico 3). En contraste de aquellos alumnos que no utilizaron el programa durante las clases, sólo 30% obtuvo la máxima calificación (gráfico 4).

Discusión

Mediante los resultados obtenidos observamos que el uso del programa multimedia ChemBioUltra v11.0 fue de utilidad para los alumnos, ya que en la instancia evaluativa se vio reflejado que aproximadamente un 50% más de alumnos obtuvieron

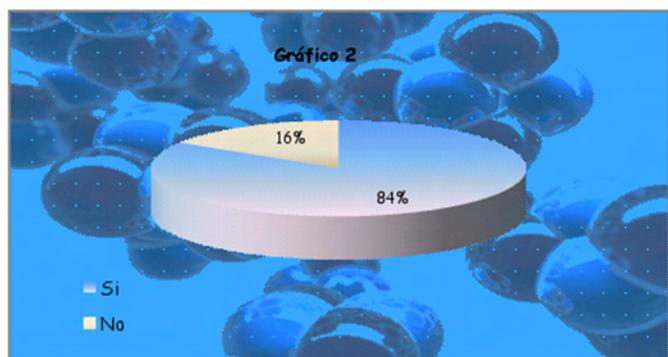


Gráfico 2. Interés representado por parte de los estudiantes.

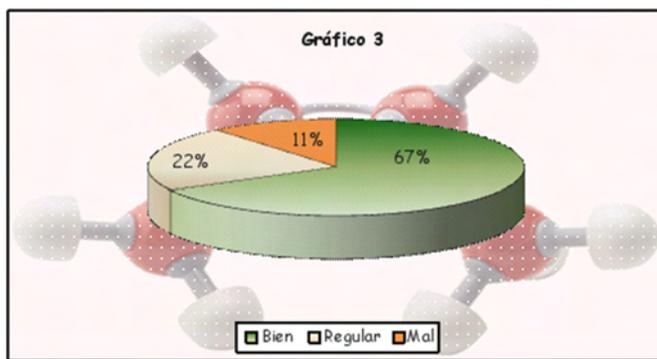


Gráfico 3. Calificaciones del grupo en estudio.

la mayor puntuación en comparación con la muestra control. Por otro lado, vemos que la apreciación personal respecto a la utilidad del programa se corresponde con el éxito en esta etapa.

Con respecto al desarrollo de la clase, los alumnos reportaron que el uso de la computadora creó una motivación al generar una interacción con el ámbito de la informática, sumado a la posibilidad de realizar animaciones que captaron su atención de los estudiantes, mantuvieron su interés y permitieron que se focalicen hacia los aspectos que buscamos enseñar.

La informática, en este caso, plantea una renovación de los métodos de enseñanza. El uso del programa ChemBio3D-Ultra v11.0 permite ilustrar un concepto ya dado en clase, mediante gráficos y/o animaciones que permiten que los alumnos descubran la información y establezcan nuevas relaciones que les permiten crear una imagen "real" de una molécula espacialmente. En este caso en particular, consideramos que se justifica el uso de la herramienta computacional por sobre la utilización de medios convencionales como papel, lápiz, pizarrón, voz viva, material impreso, etc., ya que contribuye a mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje. De todas maneras no debemos caer en la generalización de que las herramientas tecnológicas son la solución a todos los problemas de la enseñanza.

La utilización de este tipo de programas permite, además,

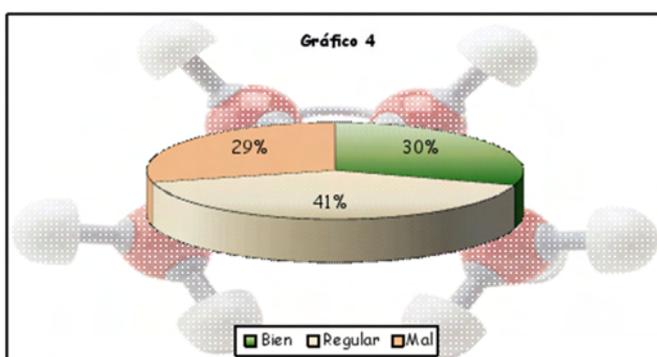


Gráfico 4. Calificaciones del grupo control.

mejorar la habilidad espacial involucrando las distintas categorías de ésta. La orientación (capacidad para realizar un seguimiento del objeto luego de un movimiento), la percepción (capacidad de determinar la relación espacial con respecto al propio cuerpo) y la manipulación espacial (capacidad de rotar mentalmente figuras tridimensionales) se ven reforzadas en los estudiantes por el uso de este tipo de animaciones en 3D (Huk, 2006; Korakakis *et al.*, 2009).

Conclusión

De nuestra parte podemos concluir que el uso de herramientas informáticas en el ámbito del aula ha resultado útil para la comprensión del tema Estereoquímica al utilizar el software **ChemBio3D Ultra v11.0** permitiéndoles, a los estudiantes, establecer el camino entre las representaciones de la realidad objetiva y los conocimientos que son asimilados, generando un vínculo entre las percepciones concretas y el proceso lógico del pensamiento. Con ello consideramos que la visualización de modelos 3D logró un gran impacto en la comprensión del tema.

Los resultados obtenidos en las evaluaciones nos dan un indicio de que los estudiantes podrían construir sus propias redes conceptuales y ser capaces de elaborar una respuesta crítica ante un problema planteado. Sin embargo, con este estudio no lo podemos afirmar.

La utilidad de esta herramienta multimedia en el desarrollo de las clases de Estereoquímica en la asignatura Química Orgánica II de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires no solamente sirvió para captar la atención de los educandos en comparación con años anteriores en los cuales no se implementaba este elemento multimedia, sino que logró una mayor comprensión del tópico dictado.

Finalmente, nos parece importante resaltar que la aplicación de estas herramientas informáticas no genera ningún tipo de costo adicional y pueden ser utilizadas en casi la mayoría de las instituciones educativas en beneficio de los estudiantes. De esta manera, notamos que los estudiantes lograron una mayor apropiación de los conocimientos al explotar su memoria visual.

Referencias

Barberá, E. y Badia, A., El uso educativo de las aulas virtuales emergentes en la educación superior, *Revista de Universidad y Sociedad de Conocimiento*, 2(2), 1-12, 2005.
Hays T.A., Spatial abilities and the effects of computer ani-

mation on short-term and long-term comprehension, *Journal of Educational Computing Research*, 14(2), 139-155, 1996.

- Hoffman, H., Vu, D., Virtual reality: Teaching tool of the twenty-first century?, *Academic Medicine*, 72(12), 1076-1081, 1997.
- Huk, T., Who benefits from learning with 3D models? The case of spatial ability, *Journal of Computer Assisted Learning*, 22(6), 392-404, 2006.
- Ivanov, A. S., Rumjantsev, A. B., Skvortsov, V. S., Archakov, A. I., Education program for macromolecules structure examination, *Journal of Chemical Information and Computer Sciences*, 36(4), 660-663, 1996.
- Kramer, W.H., Griesbeck, A. G., The Same and Not the Same: Chirality, Topicity, and Memory of Chirality, *Journal of Chemical Education*, 85(5), 701-709, 2008.
- Korakakis, G., Pavlatou, E. A., Palyvos, J. A., Spyrellis, N., 3D visualization types in multimedia applications for science learning: A case study for 8th grade students in Greece, *Computer & Education*, 52(2), 390-401, 2009.
- Kurbanoglu, N. I., Taskesenligil, Y., Sozblilir, M., Programmed instruction revisited: a study on teaching stereochemistry, *Chemistry Education Research and Practice*, 7(1), 13-21, 2006.
- Martínez Zarandona, I., La educación para los medios desde el constructivismo, [versión electrónica] *Revista Tecnología y Comunicación Educativas*, 13(29), 1999. Consultada por última vez en agosto 20, 2010, en la URL http://sepiensa.org.mx/sepiensa2009/docentes/didacticas/teorias/d_edu_medios/edo_medios_1.html
- Mayer R. E. & Sims V. K., For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning, *Journal of Educational Psychology*, 86(3), 389-401, 1994.
- Osuna Acedo, S., *Educación Multimedia: La clave para el paso de milenio*, consultado por última vez en junio 11, 2010, de la URL <http://www.uned.es/ntedu/espanol/master/primer/modulos/multimedia/milenio.htm>
- Robertson, D., Johnstone, W., Nip, W., Virtual frog dissection-interactive 3D graphics via the web, *Computer Network and ISDN System*, 28(1&2), 155-160, 1995.
- Rourk W., Virtual biochemistry – a case study, *Future Generation Computer Systems*, 17(1), 7-14, 2000.
- Wu H. K. & Shah P., Exploring visuospatial thinking in chemistry learning, *Science Education*, 88(3), 465-492, 2004.