

Potenciar la comprensión y aplicación de las ideas científicas a través de las TIC

Ariza, M.R. y Quesada, A.

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Jaén.
mromero@ujaen.es

RESUMEN

El principal propósito de esta comunicación es discutir, dentro de la comunidad de profesionales de la enseñanza de las ciencias, un trabajo previo publicado por los autores, en el que se pretende fomentar la reflexión sobre el potencial de la tecnología educativa para promover el aprendizaje significativo de las ciencias. El trabajo presenta algunos resultados de investigación derivados de la aplicación de las TIC a la enseñanza de las ciencias. El valor formativo de dichas aplicaciones se discute desde los actuales conocimientos acerca de cómo los individuos aprenden, mostrando el potencial de estos recursos para superar los obstáculos específicos asociados al aprendizaje efectivo de las ciencias. No obstante, también se ofrece una visión crítica señalando riesgos y limitaciones.

Palabras clave

TIC, enseñanza de las ciencias, laboratorios virtuales, simulaciones, trabajo colaborativo apoyado en ordenador.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La principal finalidad de este trabajo es analizar la influencia de algunas aplicaciones tecnológicas en la enseñanza de las ciencias experimentales, e invitar a la reflexión sobre el uso de la tecnología, y sus posibles efectos en la calidad del aprendizaje adquirido por los estudiantes.

Para ello, se ha llevado a cabo una selección y revisión de literatura especializada y se han descrito algunos proyectos e investigaciones, basadas en la integración de la tecnología en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Se presta especial atención a los obstáculos específicos asociados al aprendizaje de las ciencias, tales como las ideas previas de los estudiantes, el uso de modelos y abstracciones, la complejidad asociada a la experimentación científica o la carencia de contextos significativos.

El análisis del impacto de las TIC sobre la enseñanza de las ciencias, se realiza en todo momento, desde los actuales conocimientos acerca de cómo los individuos aprenden. En este sentido, se presta especial atención a los obstáculos específicos asociados al aprendizaje de las ciencias, tales como las ideas previas de los estudiantes, el uso de modelos y abstracciones, la complejidad asociada a la experimentación científica o la carencia de contextos significativos.

Por último, se discuten los posibles efectos de las aplicaciones tecnológicas en la asimilación significativa y duradera de las ideas científicas, así como en el desarrollo de competencias específicas, señalando limitaciones y oportunidades relacionadas con el uso de las TIC.

INFLUENCIA DE LAS TIC EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Para entender la relevancia y envergadura del impacto de la tecnología en el aprendizaje de las ciencias, sería necesario identificar previamente, cuáles son los principales obstáculos que nos encontramos en la enseñanza de las ideas científicas y reflexionar sobre su origen.

De acuerdo con la visión constructivista, los individuos aprenden significativamente cuando son capaces de encontrarle sentido al nuevo conocimiento al conectarlo con lo que ya saben, o integrarlo dentro de sus propios esquemas cognitivos. Desde este punto de vista, el conocimiento preexistente juega un papel clave en la capacidad del sujeto para asimilar nueva información de forma duradera y eficaz.

Un extenso número de trabajos en la década de los ochenta y noventa revelaron que muchas de las concepciones de los estudiantes sobre los fenómenos naturales y cotidianos son opuestas a las científicas (Driver et al., 1999). Desde el enfoque constructivista, la incoherencia entre las ideas previas y los conocimientos a enseñar supone un serio obstáculo para la conexión de la nueva información con la preexistente, esto es, para el desarrollo de un aprendizaje significativo. Ser conscientes de la influencia de las ideas previas de los alumnos y reflexionar sobre su origen, nos puede permitir comprender mejor el modo en que los individuos desarrollan conocimiento y diseñar aproximaciones más eficaces para promover el aprendizaje significativo de los conceptos y teorías científicas.

En la literatura existe un importante número de investigaciones orientadas a facilitar el cambio conceptual en los estudiantes (Hewson et al., 2003), entendido en su sentido original más estricto, como la sustitución de sus concepciones intuitivas por las científicas. Sin embargo, este objetivo no resulta nada fácil, ya que la investigación educativa ha mostrado que, las concepciones de los estudiantes relacionadas con fenómenos naturales y cotidianos no son caprichosas ni aleatorias, sino que están fuertemente arraigadas en su experiencia personal y en el lenguaje. Además, tienen un importante valor práctico para el individuo, ya que generalmente le permiten desenvolverse satisfactoriamente en situaciones diarias. Por ello, estas ideas previas son muy resistentes al cambio y se mantienen, aún después de muchos años de enseñanza formal.

Un creciente número de investigaciones revela que, en el área de ciencias, los estudiantes mantienen múltiples visiones sobre un mismo fenómeno, en lugar de privilegiar las explicaciones de los libros de texto o las sostenidas por los expertos (Linn, 2002). Esto ha promovido una tendencia a hablar de integración de conocimiento o de desarrollo conceptual, en lugar de pretender el cambio conceptual o la erradicación de las pre-concepciones del alumnado (Pozo y Gómez-Crespo, 2009).

Desde esta perspectiva, el objetivo de la enseñanza de las ciencias, más que sustituir las ideas espontáneas por las científicas, es dotar al individuo de nuevos modelos explicativos para interpretar el mundo y ayudarle a reconocer que el conocimiento científico es, en muchos casos, más apropiado que sus pre-concepciones para describir y/o comprender determinados fenómenos (Gómez-Crespo et al., 2004).

Los modelos y teorías científicas adquirirán relevancia para los estudiantes, si les proporcionamos repetidas oportunidades para comprobar su utilidad y su potencial explicativo. Las prácticas de laboratorio han sido tradicionalmente empleadas en la

enseñanza de las ciencias para demostrar las teorías científicas. Bien diseñadas, permiten cuestionar las ideas alternativas de los alumnos formuladas como hipótesis previas a los experimentos, y encontrar sentido a las ideas científicas cuando son aplicadas para explicar fenómenos. El empleo de simulaciones, laboratorios virtuales, visualizaciones o laboratorios remotos ha abierto un nuevo abanico de posibilidades en la búsqueda de contextos significativos para el aprendizaje del conocimiento científico.

Laboratorios virtuales y enseñanza de las ciencias

Hennessy y colaboradores (2007) han publicado los resultados más relevantes asociados a la evaluación de dos proyectos de investigación sobre enseñanza de las ciencias apoyada en las nuevas tecnologías en el Reino Unido. El trabajo pone de manifiesto una tendencia creciente en los profesores a hacer uso de herramientas tecnológicas para involucrar al alumnado en la formulación de hipótesis y predicciones, que pueden ser posteriormente cuestionadas a través de experimentos virtuales y simulaciones. No obstante, se llama la atención sobre la importancia de dirigir la utilización de dichos instrumentos, de modo que se genere el conflicto cognitivo necesario para poner en crisis las concepciones previas de los estudiantes y reforzar las científicas.

Las nuevas posibilidades ofrecidas por la tecnología han llevado a un número importante de autores a reconsiderar las prácticas de laboratorio intentando aprovechar el potencial de simulaciones, visualizaciones y otros recursos didácticos digitales, para favorecer el aprendizaje y optimizar el tiempo presencial disponible en el laboratorio.

Así, por ejemplo algunos investigadores (Quesada et al, 2009) han desarrollado proyectos de innovación enfocados al diseño de material digital multimedia para las prácticas de ciencias experimentales. Estos autores justifican su iniciativa argumentando que, frecuentemente, los alumnos llegan al laboratorio con muy poca o ninguna experiencia previa, por lo que en su mayoría carecen del conocimiento y las habilidades necesarias para manejar el instrumental específico y desarrollar satisfactoriamente las tareas requeridas. En ocasiones, debido a que los estudiantes carecen inicialmente de formación especializada, es necesario invertir tiempo y esfuerzo en familiarizarlos con el manejo y uso adecuado del instrumental específico, lo que repercute de forma negativa en el tiempo disponible para abordar otro tipo de objetivos didácticos. Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se propone el diseño de material digital multimedia (videos, tutoriales, bancos de preguntas de pre y post-evaluación), para complementar las prácticas de laboratorio y optimizar el tiempo disponible en el laboratorio permitiendo además al alumnado trabajar de una forma más autónoma y flexible, adaptándose a cada estilo o ritmo personal. Por ejemplo, antes de las sesiones presenciales, los alumnos pueden disponer de demostraciones sobre cómo manejar el instrumental especializado o cómo llevar a cabo de forma correcta determinadas operaciones básicas. Los tests de pre-autoevaluación les permiten activar conocimientos y focalizar su atención hacia los aspectos clave y los de post-autoevaluación hacen posible comprobar el nivel de comprensión de los conceptos o ideas fundamentales, o el grado de dominio de los procedimientos y habilidades puestas en juego.

Entornos virtuales, modelización y enseñanza de las ciencias

Continuando nuestro análisis sobre el potencial de las actuales aplicaciones tecnológicas para la enseñanza de las ciencias, no podemos pasar por alto las posibilidades asociadas a las herramientas de modelización.

Algunos autores defienden una visión de la ciencia como una actividad humana, en la que la construcción de modelos para explicar y predecir fenómenos juega un papel fundamental (Justi, 2006). Es por ello, que la comprensión de qué es un modelo y por lo tanto la contribución de la modelización al desarrollo del conocimiento científico debe de ser uno de los objetivos de la enseñanza de las ciencias. El docente ha de ser consciente de que el término “modelo” lleva asociados múltiples significados en la experiencia cotidiana del alumnado y, por lo tanto, el empleo de este concepto en el contexto de la enseñanza de las ciencias ha de ser debatido, de modo que se garantice la construcción de nuevos significados. De acuerdo con Justi (2006), en el desarrollo y aplicación del conocimiento científico, independientemente de la forma de representación empleada, los modelos son representaciones mentales mediante las cuales los científicos razonan (Giere, 1999). Los modelos por tanto, se pueden definir como representaciones del mundo producidas por el pensamiento humano (Giere, 1999), a las cuales se atribuye distintas funciones: simplificar fenómenos complejos, ayudar en la visualización de entidades abstractas, servir de apoyo en la interpretación de resultados experimentales, ayudar en la elaboración de explicaciones y permitir realizar previsiones sobre los fenómenos modelizados (Justi, 2006).

Los modelos se pueden considerar representaciones mediadoras entre la realidad y la teoría. Aunque un modelo se asocia a una representación concreta de entidades hechos o fenómenos, el proceso de construcción de modelos implica una actividad mental intensa, en la que se establecen relaciones e interconexiones entre conceptos. Es por esto, que la importancia de los modelos en la enseñanza de las ciencias, no sólo se justifica atendiendo al papel que estos juegan en el desarrollo de conocimiento científico, sino también está asociada a su potencial para promover los procesos cognitivos en el estudiante y el desarrollo de un aprendizaje significativo. Otro aspecto positivo asociado al uso de las herramientas de modelización es que la visualización gráfica de la relación entre los distintos factores implicados en un fenómeno, facilita el aprendizaje, al hacer más visible el pensamiento y las formulaciones abstractas

Algunos autores (Alessi y Trollip, 2001), definen una simulación educativa como un modelo de un fenómeno o actividad que los usuarios, en este caso los estudiantes, pueden aprender a través de la interacción con la simulación, de ahí que no podamos hablar de la importancia de la modelización en la enseñanza de las ciencias, sin mencionar las posibilidades que ofrecen las simulaciones. Una simulación puede considerarse por tanto, un programa de ordenador que permite al usuario interactuar con la representación informática de un modelo del mundo natural, de la física o bien de un sistema teórico.

Dentro del ámbito nacional, el Ministerio de Educación de España pone a disposición de los docentes numerosas simulaciones asociadas al proyecto Newton (Segura, 2006). Aunque el programa lleva en funcionamiento varios años, no son tantos los profesores que se animan a participar. Las experiencias desarrolladas se publican anualmente en la web específica del proyecto. Dentro de las conclusiones alcanzadas, encontramos tanto aspectos positivos como negativos, lo que pone de manifiesto, una vez más, que no es el recurso en sí lo que garantiza una mejora en el aprendizaje, sino el criterio pedagógico que guía su utilización. La integración de simulaciones y otras herramientas tecnológicas en la enseñanza de las ciencias ha de ser orientada por la investigación educativa y frecuentemente requiere de sucesivos ciclos de aplicación, evaluación, refinamiento y mejora.

En la presentación se analizarán algunos de los resultados más significativos asociados a proyectos tales como Co-Lab (van Joolingen et al., 2005) o WISE (Linn et al., 2003), enfocados a la investigación del impacto de la enseñanza de las ciencias a través de entornos virtuales y uso de simulaciones

Enseñanza de las ciencias, herramientas de discusión y trabajo colaborativo

El debate y la discusión han sido ampliamente reconocidas como estrategias pedagógicas adecuadas para promover la reflexión y el cambio conceptual. En este sentido, el trabajo colaborativo ofrece oportunidades valiosas para promover la construcción social del conocimiento a través de la comunicación y el intercambio de ideas entre los miembros del grupo. Muchos autores defienden que los individuos construyen significado mediante el uso del lenguaje y la interacción con otros y por ello, el trabajo colaborativo ofrece un contexto ideal para ejercer la reflexión, la revisión de ideas y el establecimiento de relaciones conceptuales, esto es, el aprendizaje significativo (Ariza, Quesada y Ocaña, 2008; Gibbins y Brodie, 2008; Moreno et al., 2007). Pero, ¿existe alguna diferencia significativa cuando estas actividades se realizan a través de las tecnologías de la información y la comunicación? Si asociamos el trabajo en equipo con la oportunidad de promover la construcción social del conocimiento, ¿aporta el trabajo colaborativo a través del ordenador alguna ventaja respecto al trabajo en equipo tradicional?

Una respuesta evidente, que acude rápidamente a la mente de cualquiera, podría ser la mayor flexibilidad temporal y espacial ofrecida por las TIC. La investigación educativa parece indicar que el trabajo colaborativo apoyado en las TIC ofrece otras ventajas adicionales. Por ejemplo, Linn (2003) aporta evidencias de que las discusiones a través de foros electrónicos incrementan la participación y promueven contribuciones más reflexivas y mejor fundamentadas. El alumnado que participa en foros electrónicos, concede especial importancia a la intervención y orientación del docente y reclaman un mayor grado de retroalimentación (Puntambekar, 2006).

La literatura especializada pone de manifiesto los efectos beneficiosos asociados a las actividades de aprendizaje colaborativo, cuando éstas han sido cuidadosamente diseñadas (Johnson and Johnson, 1999). Scardamalia y Bereiter (1992) llevaron a cabo una serie de estudios, que contribuyeron a identificar qué características del diseño de este tipo de actividades, favorecían la construcción de conocimiento. Algunas de las conclusiones derivadas de estos estudios apuntan a la necesidad de seleccionar cuidadosamente los temas de discusión, aportar información relevante y evidencias que lleven a los alumnos a cuestionar ideas erróneas o a reconocer la utilidad de las concepciones científicas y proporcionar directrices adecuadas para reconducir la reflexión y favorecer la participación.

CONCLUSIONES

El presente artículo pretende fomentar la reflexión en torno al uso de las TIC en la enseñanza de las ciencias y a su potencial para facilitar el aprendizaje y promover un conocimiento duradero y transferible. Con este propósito, se han descrito investigaciones basadas en la aplicación didáctica de programas de modelización, de laboratorios virtuales y de herramientas de discusión y trabajo colaborativo. Así mismo, se debate sobre la utilización de las nuevas tecnologías en el diseño de actividades pre y post laboratorio. El empleo de recursos digitales multimedia en actividades pre y post-

laboratorio permite aumentar el valor formativo de las prácticas de ciencias experimentales y optimizar el tiempo disponible en las sesiones presenciales.

Sin embargo, con este trabajo también se persigue aportar una visión crítica, que nos permita tomar consciencia de que no es el medio en sí utilizado para la enseñanza, sino el uso pedagógico que se haga de él, lo que provoca una diferencia significativa en el aprendizaje adquirido. Para ello, se discuten algunos resultados de la investigación especializada. Por ejemplo la experiencia muestra que, los alumnos no siempre interpretan de forma adecuada los gráficos e imágenes ofrecidas por las visualizaciones y los programas de modelización. Por lo tanto, sino se les inicia en las formas de representación específicas, o si carecen de la orientación oportuna, los recursos digitales pueden reforzar sus errores conceptuales, en lugar de facilitar la asimilación y comprensión de las ideas científicas. Más aún, aunque las herramientas de adquisición de datos en tiempo real y los laboratorios virtuales ofrezcan nuevas oportunidades para encontrar sentido y aplicabilidad a las teorías científicas, no siempre es fácil inferir éstas a partir de un conjunto de datos experimentales, por lo que se requiere la intervención del docente para guiar al alumno en la construcción de conocimiento.

El artículo presenta también un análisis sobre el valor del debate y la reflexión para promover el cambio y el desarrollo conceptual del alumno, así como la asimilación significativa de las ideas científicas para explicar el mundo. En esta línea, se revisan investigaciones sobre trabajo colaborativo asistido por ordenador y la influencia de los foros virtuales en la construcción social del conocimiento, señalando ventajas y riesgos. Continuando con nuestro análisis crítico, se llama la atención sobre la importancia de diseñar adecuadamente las experiencias colaborativas apoyadas en las nuevas tecnologías, y la pertinencia de aportar el nivel adecuado de orientación y retroalimentación en las discusiones a través de foros digitales.

Algunos autores muestran que no todos los recursos tecnológicos son igual de potentes para promover el aprendizaje y que, incluso, cuando nos centramos en las aplicaciones más exitosas, existen múltiples factores que condicionan los resultados de su implementación en el aula (Roschelle et al., 2000). Por ello, sería conveniente recurrir a los resultados que muestran el uso eficaz de simulaciones y otros recursos digitales (Blake y Scanlon, 2007; Hennessy et al., 2007).

El análisis del impacto de las TIC sobre la enseñanza de las ciencias, se ha aborda en todo momento, desde una visión especializada, basada en el conocimiento actual acerca de cómo los individuos aprenden ciencias. Se ha prestado especial atención a los principales obstáculos asociados a la comprensión de las ideas científicas (ideas previas de los alumnos, abstracción de los modelos y teorías, carencia de contextos significativos...). Desde esta perspectiva y a pesar de las limitaciones y riesgos descritos anteriormente, consideramos que las TIC ofrecen recursos muy potentes para facilitar y potenciar el aprendizaje de las ciencias. Por un lado, estas herramientas facilitan el acceso a la información y multiplican las posibilidades de interacción y comunicación superando barreras temporales y espaciales. Por otro lado, las simulaciones, las modelizaciones y los laboratorios virtuales aumentan las oportunidades de cuestionar concepciones erróneas y acceder a contextos significativos para la comprensión y aplicación de las teorías científicas. Además, ponen a disposición del docente la eficacia de las imágenes para representar y hacer mucho más visibles los modelos y teorías abstractas de la ciencia, facilitando su asimilación y permitiendo la conexión entre el ámbito macroscópico o físico y el microscópico o teórico.

La eficacia de la tecnología para potenciar el aprendizaje de diversos contenidos de ciencias queda avalada por numerosas investigaciones. Este es el caso de trabajos sobre la mejora de habilidades relacionadas con la resolución de problemas cuantitativos (Diederer et al., 2005), conceptos y procedimientos asociados a la medida de variables físicas (Kiboss, 2002), desarrollo de destrezas espaciales relacionadas con la geografía o la astronomía (Piburn et al., 2005; Hasen et al., 2004) o mejora de la comprensión de conceptos claves en química y física (Venkataraman, 2009; Zucker y Hug, 2008).

Fundamentándonos en la perspectiva ofrecida en este trabajo, consideramos que sería interesante facilitar y promover el uso de los actuales recursos y herramientas tecnológicas como medio para afrontar dos de las grandes inquietudes de los profesionales de la enseñanza de las ciencias: motivar a los alumnos hacia la ciencia y ayudarles a comprender el valor del conocimiento científico para explicar el mundo.

BIBLIOGRAFÍA

Alessi, S.M. y Trollip, S.R. (2001). *Multimedia for Learning: Methods and Development* (3rd ed.). Boston: Allyn y Bacon.

Ariza, M. R., Quesada, A. y Ocaña, M. T. (2008). An experience about promoting general and specific competences acquisition in Higher Education. En L. Gómez, D. Belenguer, I. Candel (eds.), *International Conference of Education, Research and Innovation* (1-7). Madrid: IATED.

Blake, C. y Scanlon, E. (2007). Reconsidering simulations in science education at a distance: Features of effective use. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23, 491-502.

Diederer, J., Gruppen, H., Hartog, R. y Voragen, A.G.J. (2005), Design and evaluation of digital learning material to support acquisition of quantitative problem-solving skills within food chemistry. *Journal of Science Education and Technology*, 14(5-6), 495-507.

Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (1999). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia* (4ª Edición). Madrid: Morata.

Gibbins, P. y Brodie, L. (2008). Team-based learning communities in virtual space. *International Journal of Engineering Education*, 24(6), 1119-1129.

Giere, R.N. (1999). Using Models to Represent Reality, en Magnani, L., Nersessian, N.J. y Thagard, P. (eds.). *Model- Based Reasoning in Scientific Discovery*, 41-57. Nueva York: Kluwer and Plenum Publishers.

Gómez Crespo, M.A., Pozo, J.I. y Gutiérrez, M.S. (2004). Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación Química*, 15(3), 198-209.

Hansen, J.A., Barnett, M., Makinster, J.G. y Keating, T. (2004). The impact of three-dimensional computational modelling on student understanding of astronomical concepts: A quantitative analysis. *International Journal of Science Education*, 26(11), 1365-1378.

Hennessy, S., Wishart, J., Whitelock, D., Deane, R., Brawn, R., Velle, L., McFarlane, A., Ruthven, K. y Winterbottom, M. (2007). Pedagogical approaches for technology-integrated Science teaching. *Computers and Education*, 48(1), 137-152.

Hewson, P.W., Beeth, M.E. y Thorley, N.R. (2003). Teaching for conceptual change. In B.J. Fraser and K.G. Tobin (eds.). *International Handbook of Science Education*, (2ª edición, 119-218). London: Kluwer Academic Publishers.

- Johnson, D.W. y Johnson, R.T. (1999) Making cooperative learning work. *Theory into Practice*, 38, 67–73.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- Kiboss, J.K (2002). Impact of a computer-based physics instruction program on pupils' understanding of measurement concepts and methods associated with school science. *Journal of Science Education and Technology*, 11(2), 193-198.
- Linn, M. (2002). Promover la educación científica a través de las tecnologías de la información y comunicación (TIC). *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 347-355
- Linn, M. (2003). Technology and science education: starting points, research programs, and trends. *International Journal of Science Education*, 25(6), 727-758.
- Linn, M., Clarck, D. Slotta, J.D. (2003). WISE design for knowledge integration. *Science Education*, 87(4), 517-538.
- Moreno, L., Gonzalez, C., Castilla, I., Gonzalez, E. y Sigut, J. (2007). Applying a constructivist and collaborative methodological approach in engineering education. *Computers and Education*, 49, 891-915.
- Piburn, M.D., Reynolds, S.J., Mcauliffe, C., Leedy, D.E. Y Johnson, J. K. (2005). The role of visualization in learning from computer-based images. *International Journal of Science Education*, 27(5), 513-527.
- Pozo, J.I. y Gómez-Crespo; M.A. (2009). Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico: más allá del cambio conceptual. En J. I. Pozo, M. A. Gómez-Crespo (Eds.) *Aprender y enseñar ciencia* (128-146). Madrid: Morata
- Puntambekar, S. (2006). Analyzing collaborative interactions: divergence, shared understanding and construction of knowledge. *Computers and Education*, 47(3), 332-351.
- Quesada, A., Ariza, M.R., Ortiz, A. y Bermejo, R. (2009). Designing and applying multimedia material for experimental sciences. Teacher and student assessment of its implementation. En L. Gómez, D. Martí, y I. Candel. *International Technology, Education and Development Conferences*, (4911-4919). Valencia, Spain: IATED
- Roschelle, J.M., Pea, R.D., Hoadley, C.M., Gordin, D.N. y Means, B.M. (2000). Changing how and what children learn in school with computer-based technologies. *Future of Children*, 10, 76-97.
- Scardamalia, M. y Bereiter, C. (1992). A knowledge building architecture for computer supported learning. In E. De Corte, M.C. Linn, H. Mandl, y L. Verschaffel (eds.), *Computer-based learning environments and problem solving*. Berlin: Springer-Verlag.
- Segura, M. (2006). Contenidos educativos digitales en línea del Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa (CNICE). *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. 50, 9-18
- Van Joolingen, W.R., De Jong, T., Lazonder, A.W., Savelsbergh, E. y Manlove (2005). S. Co-Lab: Research development of an on-line learning environment for collaborative scientific discovery learning. *Computers in Human Behavior*, 21(4), 671–688.
- Venkataraman, B. (2009). Visualization and interactivity in the teaching of chemistry to science and non-science students. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(1), 62-69.
- Zucker, A.A. y Hug, S.T. (2008). Teaching and learning physics in a 1:1 laptop school. *Journal of Science Education and Technology* , 17(6), 586-594.