



DIDÁCTICA DE LA QUÍMICA

Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en química

Cristian Merino*, Sonia Pino, Eduardo Meyer, José Miguel Garrido y Felipe Gallardo

Laboratorio de Didáctica de la Química, Instituto de Química, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

Recibido el 14 de enero de 2014; aceptado el 18 de noviembre de 2014

PALABRAS CLAVE

Secuencias de enseñanza aprendizaje; Enseñanza de la química; Realidad aumentada

Resumen El presente trabajo aborda las implicancias del diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA) en ciencias, con el uso de realidad aumentada (RA). Las SEA hacen referencia a la planificación de situaciones de enseñanza y aprendizaje centrada en un tema o contenido disciplinario específico. Por RA se entiende una combinación de ambientes reales e información en formato digital que amplía la comprensión sobre la realidad que captan nuestros sentidos. En el caso ilustrado en este artículo, la secuencia de enseñanza y aprendizaje enriquecida con RA propone la manipulación, interacción e integración de formatos de información tridimensional que permite una mejor conexión entre los aspectos teóricos y la experiencia práctica que guía un proceso de transformación de fenómenos científicos. En este artículo presentamos una actividad prototipo diseñada para la enseñanza de la química.

Derechos Reservados © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0.

KEYWORDS

Teaching-learning sequences; Chemical education; Augmented reality

Augmented reality to design teaching-learning sequences in chemistry

Abstract This article invites reflection on the design of teaching-learning sequences (TLS) with augmented reality (AR). TLS to understand as the planning document teaching situations and corresponding learning a subject or discipline specific content and Augmented Reality (AR), as the combination of real environments, which information is incorporated digitally extending it our senses show us reality. TLS design with RA for teaching chemistry is the development of the visualization and use of information from 2D contexts (eg textbooks) to one of 3D (ie manipulation, interaction, perspective, complexity, integration etc.) and building bridges between theory and practical experience. In this article we review some examples and prototypes in which we are working from reference literature.

All Rights Reserved © 2015 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química. This is an open access item distributed under the Creative Commons CC License BY-NC-ND 4.0.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: cristian.merino@ucv.cl (C. Merino).

Las secuencias en la enseñanza y aprendizaje y realidad aumentada

Entenderemos como secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA) el conjunto de actividades organizadas y sistematizadas con el fin de abordar y resolver un problema científico a nivel curricular (Izquierdo y Aduriz-Bravo, 2003). Por lo tanto, es una manera de planificar y diseñar el proceso de enseñar y aprender (Méheut, 2004), razón por la cual incluye respuestas a cuestiones tales como: qué contenidos concretos, en qué contexto, con qué objetivos, en qué orden y de qué forma se lleva a cabo y se evalúa cada una de las actividades que se realizan para enseñar y aprender el tema o los contenidos tratados. En tal sentido, incluye todos los materiales y los recursos que utiliza el profesor en el aula (p. ej., videos, simulaciones, prácticas de laboratorio, narrativas, cómics, artefactos tecnológicos, juegos, analogías, metáforas, maquetas, etc.). Pensada de esta manera, una SEA es una herramienta docente (en este caso de ciencias) que permite articular por qué y para qué enseñar ciencias (visión sobre el sentido del proceso), cómo enseña y cómo lo hace (trabajo concreto en aula) (Couso, 2012).

Entenderemos por realidad aumentada (RA) la combinación de ambientes reales, a los cuales se incorpora información en formato digital con el fin de ampliar lo que nuestros sentidos captan sobre situaciones de la realidad. Esto se puede visualizar en una pantalla donde se mezclan la realidad captada por una cámara (en tiempo real) y la información virtual creada previamente y sincronizada a través de marcas (p. ej., tarjetas con dibujos o diagramas en blanco y negro) o por posicionamiento geográfico (vinculado al uso de internet). Esto se concreta en la siguiente descripción: una cámara enfoca el ambiente real, donde el usuario cuenta con una o más marcas, las cuales se programan para asociarse a determinadas imágenes, estáticas o animadas en 3D, de un compuesto químico, planeta, célula, proceso, diagrama u otro contenido; sucesivamente, otros marcadores pueden ser asociados a otras imágenes. De esta forma, cuando el usuario alinea marcadores frente a una cámara, esta lo reconoce y los traduce, mostrando la imagen 3D asociada. Al utilizar más de un marcador a la vez, se puede visualizar una imagen/animación 3D nueva, que ilustra, por ejemplo, el surgimiento de un nuevo compuesto químico, un plano diferente para observar la geometría de un objeto, entre otros.

Vincular el diseño de una SEA con el uso de RA ofrece la posibilidad de transitar desde un contexto de interacción y gestión de la información 2D a uno en 3D (p. ej., manipulación, interacción, perspectiva, complejidad, integración, etc.), con lo cual se construyen puentes entre la teoría y la experiencia práctica en la construcción de aprendizaje científico.

A partir de estos aspectos, este artículo expone los resultados de un proceso de diseño y producción de SEA enriquecidas con el uso de la RA, destinado al desarrollo de aprendizajes en química en asignaturas iniciales de carreras universitarias. Para esto se caracteriza un prototipo de actividades elaboradas y se reflexiona sobre su potencial para la enseñanza universitaria de las ciencias.

Atributos para el diseño de secuencias de aprendizaje en química

La secuenciación de los contenidos científicos definidos en los currículos formativos, proviene normalmente del conoci-

miento y experiencia de expertos en la disciplina, quienes tienden a hacer propuestas centradas en la materia u objeto de enseñanza. Esta mirada, ha sido ampliamente revisada y criticada desde la investigación educativa que centra su atención en el aprendizaje de los estudiantes (Corcoran, Mosher y Rogat, 2009, citado en Talanquer, 2013). Esta investigación sostiene que hay conceptos que los estudiantes comprenden más fácilmente que otros, y que esta secuencia cognitiva no es necesariamente la misma que la sugerida por la lógica disciplinaria. Por ejemplo, Talanquer (2013) identifica la existencia de formas de pensar intermedias que pueden facilitar la eventual comprensión de los conocimientos científicos. De esta manera, ese autor propone considerar “catapultas” o “trampolines conceptuales” que pueden ayudar a los docentes a diseñar actividades de aprendizaje basado en los conocimientos previos de los estudiantes propiciando formas cognitivas más productivas para pensar sobre un concepto determinado. Desde este punto de vista, el diseño de secuencias de aprendizajes ofrece al profesor una manera concreta de articular el conocimiento disciplinario con el conocimiento pedagógico, en la lógica de lo planteado por Shulman (1987).

Una parte importante del éxito de una secuencia de enseñanza y aprendizaje radica en la selección y el uso de medios que: a) faciliten el trabajo con diferentes estilos de aprendizajes y en niveles de abstracción que promuevan logros sostenibles y sustentables en el tiempo; b) ayuden al sujeto que aprende a representar mediante modelos mentales apropiados su nivel de comprensión del objeto científico estudiado, y c) permitan al estudiante interactuar, visualizar y manipular su contexto de aprendizaje, para construir puentes entre la teoría y la experiencia práctica. Es en consideración de estos principios y los resultados evidenciados por la investigación que surge como una línea de investigación el uso y el aporte de la RA.

Innovación en las secuencias con inclusión de realidad aumentada

Las investigaciones que en los últimos años han estudiado los aportes de la RA (Azuma, Baillot, Behringer, Feiner, Julier y McIntyre, 2001), como el diseño de SEA (Méheut, 2004; Méheut y Psillos, 2004; Lijnse, 2004), y su impacto en el aprendizaje de las ciencias han ido por caminos separados. Sin embargo, el uso de RA ha mostrado aportes, especialmente, en la comprensión y el desarrollo de capacidad espacial (Martín Gutiérrez, Navarro y Acosta, 2011). La inteligencia espacial abarca conceptos de la percepción espacial, visualización espacial, rotaciones mentales, relaciones espaciales y la orientación espacial, todas características también del ámbito de la geometría, campo educativo que se encarga de mejorar estas habilidades espaciales. De esta forma, la posibilidad de explorar los contenidos desde diferentes perspectivas espaciales y al propio ritmo de aprendizaje son clave en el éxito potencial de usar RA para la enseñanza universitaria, en nuestro caso la química.

Entre las ventajas que se han identificado con el uso de la RA, se puede mencionar la enseñanza de conceptos abstractos, fenómenos y objetos que no pueden verse a simple vista. La RA permite establecer un puente entre los conceptos teóricos y la realización física de los experimentos con los dispositivos reales. Otro aporte es la posibilidad de imple-

mentar situaciones potencialmente peligrosas, es decir, situaciones que en el mundo real los estudiantes no podrían realizar de manera autónoma (p. ej., manipulación de reacciones químicas, o de restricciones a material morfológico fresco). También se ha observado cómo la interacción en ambientes virtuales es importante para el aprendizaje de la morfología (Petersson et al., 2009; Schleich et al., 2009; Adams et al., 2011; Lizana et al., 2008).

Un tercer aporte se sitúa respecto del uso de la RA para el conocimiento mediado por objetos físicos. Esto implica que los estudiantes, al interactuar con RA, movilizan los mismos recursos cognitivos que usarían para el tratamiento con objetos de la vida real, centrando su atención en el objeto de aprendizaje y no el objeto mediador (Martín-Gutiérrez, Saorín, Contero, Alcañiz, Pérez-López y Ortega, 2010).

Oportunidades para innovar e investigar en la enseñanza de la química con realidad aumentada

Al utilizar secuencias de enseñanza y aprendizaje con realidad aumentada, se puede intencionar la reproducción del esquema clásico que moviliza a la investigación científica: identificar un problema e intentar resolverlo. En la última década, el aprendizaje apoyado por tecnologías se ha visto reforzado por la aplicación de tecnologías emergentes como la computación móvil y la RA. Un sistema de RA permite combinar los objetos del mundo real con objetos virtuales que parece que coexistieran en el mismo espacio como en el mundo real (Azuma et al., 2001). Con la RA, los estudiantes en su proceso de aprendizaje se pueden beneficiar de la relación que tienen los objetos del espacio que los rodea con los conceptos aprendidos y adquieren destrezas para interpretar el conocimiento con experiencias y la experimentación en el mundo real (Fabri et al., 2008). De igual manera, en el proceso de enseñanza se pueden integrar materiales altamente interactivos en situaciones y entornos donde la descripción de los objetos y su funcionamiento y los conceptos relacionados a ellos son complejos de explicar y conllevan más esfuerzo en su aprendizaje.

Durante los últimos 2 años ha habido una tendencia en combinar las tecnologías con la RA para lograr la creación de aplicaciones de RA que se benefician de las características de portabilidad, acceso inmediato y brevedad en la información que se logran con, por ejemplo, los dispositivos móviles (Papagiannakis, Singh y Magnenat-Thalmann, 2008). Sin embargo, esta combinación y su aplicación en escenarios educativos siguen siendo un área abierta de investigación. Actualmente, no existen lineamientos para la descripción de contenidos educativos basados en técnicas de RA ni metodologías para el diseño y la creación de estos materiales altamente interactivos para lograr un aprendizaje personalizado en cualquier lugar y en cualquier momento. Normalmente, en el ámbito de educación y especialmente en ciencias, la creación de aplicaciones de RA utiliza datos que son generados por computador y se superponen en el campo de visión de los usuarios para proporcionar información adicional sobre su entorno o proporcionar una guía visual para la realización de una tarea (Yu, Jin, Luo, Lai y Huang, 2010). La integración de este tipo de aplicaciones al diseño de SEA es un desafío y una oportunidad que permitiría presentar al estudiante contenidos altamente interactivos que respondan a sus expectativas y necesidades con el fin de que pue-

dan interpretar los contenidos, relacionarlos con el mundo real y evolucionar de la visualización y uso de información desde contextos en 2D (p. ej., libros de textos) hacia uno de 3D (p. ej., manipulación, interacción, perspectiva, complejidad, integración, etc.), construyendo así puentes entre la teoría y la experiencia práctica (modelización) (Merino e Izquierdo, 2011), sin descuidar ninguna de las tres dimensiones de la ciencia: pensar, hablar y hacer.

Revisión de un ejemplo

En el marco del proyecto de Innovación Grupal “Diseño de SEA con RA para promover aprendizajes en ciencias”, se coordinaron las experticias de cuatro unidades de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Centro Costadigital, Escuela de Ingeniería Química, Escuela de Pedagogía e Instituto de Química) para el diseño diferenciado de SEA con RA para mejorar el aprendizaje científico en la formación inicial de profesores de ciencias.

Como resultado, se obtuvo una SEA+RA que aborda el tema “Reactividad en Química Orgánica” y los conceptos principales que la sostienen, materia situada en segundo año de enseñanza media en el currículo de la educación chilena. El diseño didáctico se fundamenta desde el Ciclo de Aprendizaje Constructivista (Sanmartí, 2002), el cual considera cuatro fases de desarrollo: *a)* actividades de exploración; *b)* actividades de introducción de nuevas variables; *c)* actividades de sistematización, y *d)* actividades de aplicación. Cada una de las fases incluye objetivos, orientaciones para el profesorado y las actividades para el estudiantado, así como las habilidades de investigación científica asociadas desde un enfoque comunicativo-interpretativo.

Desde el punto de vista tecnológico, se utilizó el lenguaje C++ a través del *software* Visual Studio 2010, al que se sumó el *software* SDK de Metaio para trabajar con las aplicaciones de RA. Para el desarrollo de la interfaz, se ha trabajado con la biblioteca QT, que es un *software* libre y de código abierto. Cada actividad se descarga como una aplicación individual desde la página *web* del proyecto, con el fin de facilitar el acceso de los profesores a esta y otras secuencias que están actualmente en desarrollo. Cada aplicación tiene un peso aproximado de 50 MB y se puede ejecutar en ambiente Windows en cualquiera de sus versiones.

La secuencia cuenta con siete actividades de aprendizaje, las cuales están distribuidas en las cuatro fases mencionadas. Las actividades están contenidas en un manual del estudiante y un *kit* de materiales y reactivos. Cada una de las actividades cuenta con una sección de complemento con RA para profundizar, ampliar e ir más allá. Para la visualización del fenómeno en estudio, el profesor debe contar con un computador con la aplicación descargada (aplicación desarrollada por el equipo de investigación), una cámara *web* y un proyector. Es posible incorporar el uso de pizarra interactiva.

Las actividades diseñadas que se informan son de dos tipos (AT1 y AT2):

- AT1: permite al estudiante cambiar el nivel de representación (macro a micro). Es un “zoom” desde un elemento de uso cotidiano (p. ej., una barra de jabón o una botella de bebida cola) y luego, al hacer zoom sobre este elemento, puede visualizar su composición química.

- AT2: permite al estudiante tomar dos elementos de uso cotidiano, como una botella de acetona y un trozo de plumavit, y al juntarlos visualizar la interacción, que es posible ver en términos reales a través de un video, y en términos moleculares, haciendo zoom sobre la reacción. Un ejemplo de AT1 se puede apreciar en la figura 1. Con

esta representación, que en la realidad es bastante más interactiva pues los usuarios pueden manipular la imagen y moverla a su antojo, los estudiantes están en condiciones de completar la guía didáctica que el profesor les ha entregado (para mayor información, <http://www.costadigital.cl/newsite/index.php/investigacion/realidad-aumentada>).

AA2. ¿Qué sustancias ácidas y básicas conocemos?

En nuestras vidas utilizamos diversos elementos para asearnos, cocinar y alimentarnos, entre otros, pero, a pesar de que están presentes, no nos detenemos a analizar de qué están compuestos o qué característica de cada uno de ellos les propicia su olor, su sabor, etc. A partir de las siguientes imágenes, clasifícalas según sean ácidas, básicas o neutras. Explica por qué lo clasificaste en ese grupo y no en otro. Aquí se ofrecen 8 imágenes para escoger: limón, pasta de dientes, bebida cola, vinagre, agua, leche, café y una barra de jabón.

Tomemos el ejemplo de la bebida cola:

1. El estudiante trabaja con tres marcas (tarjetas impresas) para esta actividad



Marca para la bebida cola



Marca para el zoom -

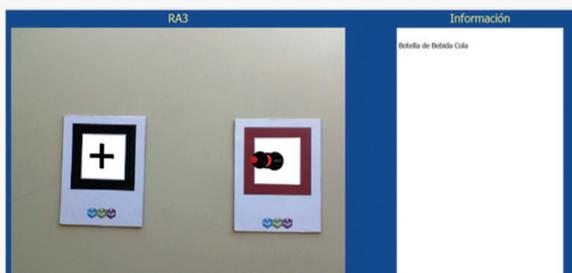


Marca para el zoom +

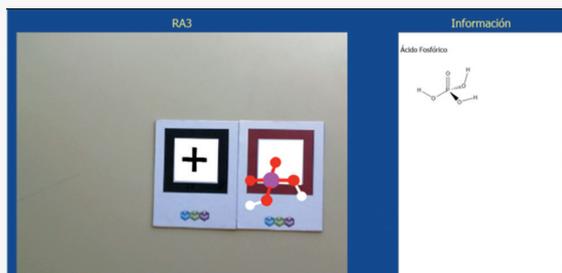
2. En pantalla aparece la visualización de la bebida:



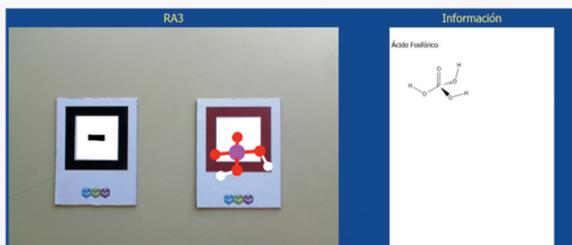
3. Luego se pide al estudiante que use la marca relacionada con zoom +



4. Al acercar el zoom + a la bebida, se visualiza la molécula de ácido fosfórico, cuya representación química también es posible ver en la sección de Información de la interfaz



5. Luego el estudiante trabaja con la tarjeta que representa el zoom - (quitar la vista molecular)



6. Acá podemos ver lo que ocurre al acercar el zoom -, aparece nuevamente la boleta de bebida en su vista tradicional

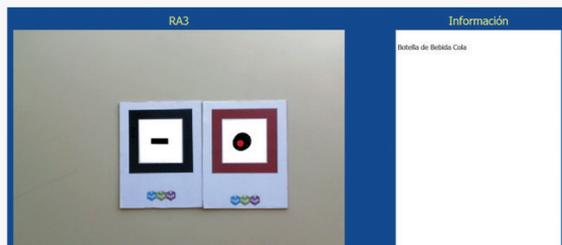


Figura 1 Ejemplo de actividad del SEA de reactividad.

A modo de síntesis

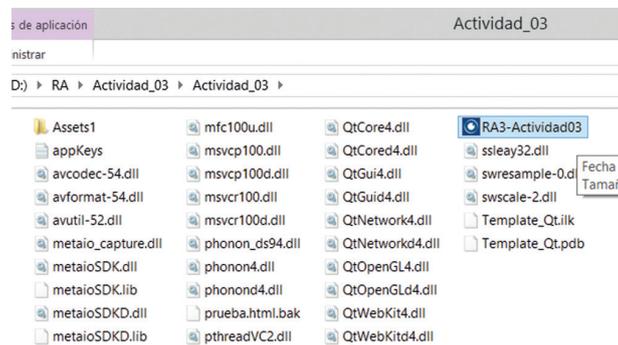
El aprendizaje, ligado al acceso mediado por RA a representaciones mentales, da un paso adelante más frente a otros procesos conocidos y estudiados, como la atención, la concentración y la memoria, y da lugar a la elaboración de representaciones mentales que estarían en la base del aprendizaje y en directa relación con las representaciones “encarnadas” ya investigadas. El aprendizaje toma una forma cada vez más activa, el estudiante interactúa con procesos abstractos que se concretan en un lenguaje visoespacial y familiar.

Sobre la base de lo anterior, entre otras interesantes preguntas a resolver en el marco del trabajo del grupo, cuatro han sido las preguntas que han guiado hasta ahora esta experiencia: a) ¿qué efectos tendrán en estudiantes de la PUCV secuencias con RA en el aprendizaje de ciencias básicas?; b) ¿la promoción de capacidad/inteligencia espacial a través de secuencia con RA optimizará las experiencias de aprendizaje de nuestros estudiantes, y así en un mediano plazo se reducirán los procesos de deserción y avance curricular?; c) ¿cómo se desencadena este proceso?, y d) ¿qué factores del recurso favorecen y/u obstaculizan los procesos de aprendizaje efectivos?

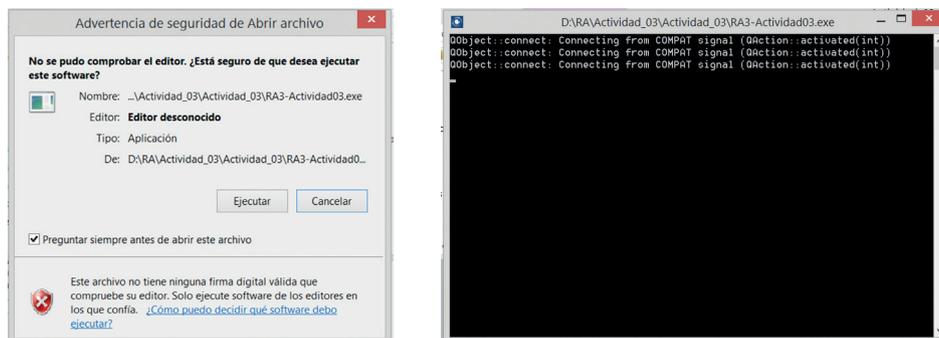
ANEXO 1

Para hacer uso de las actividades, debes realizar los siguientes pasos:

1. Descargar el archivo comprimido (p. ej., actividad3.rar) del sitio: http://www.costadigital.cl/realidad_aumentada/Actividades.rar
2. Descomprimir el archivo en la ubicación que creas conveniente. En la carpeta donde descomprimas, verás que se cargarán varios archivos con extensión .dll
3. Buscar el archivo de la aplicación y hacer doble clic. En este ejemplo sería RA3-Actividad3, como se muestra en la siguiente imagen:



4. Lo más probable es que salga una advertencia, pero tú debes “ejecutar”. Luego aparece una ventana negra como la de la imagen:



5. Finalmente se carga la ventana de trabajo
6. Esta ventana tiene dos espacios de trabajo, RA3 es el espacio donde tu interactúas con el *software*, pues en él se visualiza lo que muestra la cámara y allí se interpreta visualmente lo que se ha programado para cada marca. En el segundo espacio, llamado Información, irá apareciendo información relacionada con la actividad o instrucciones para trabajar en la guía que entrega el profesor

El desarrollo de esta innovación en la docencia universitaria puede contribuir a la retención y promoción de estudiantes, la apropiación y la comprensión de los contenidos científicos de alta abstracción, y la promoción de habilidades cognitivas espaciales en los estudiantes.

Agradecimientos

Este artículo es un producto científico derivado del Proyecto Fondecyt 1150659 "Diseño, validación y evaluación de secuencias de enseñanza aprendizaje en ciencias para promover capacidad metavisual mediante realidad aumentada". Además, este proyecto ha sido apoyado por la Vicerrectoría de Investigación y Estudios Avanzados de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Dirección de Innovación y Emprendimiento, II Concurso de Innovación Grupal 2013; el Centro Costa Digital, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (www.costadigital.cl), y la Escuela de Pedagogía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (www.pedagogia.ucv.cl).

Referencias

- Adams, C.M., y Wilson, T.D. (2011). Virtual cerebral ventricular system: an MR-based three-dimensional computer model. *Anat Sci Educ*, 46, 340-347.
- Akinoglu, O., & Tandogan, R.Ö. (2007). The effects of problem-based active learning in science education on students' academic achievement, attitude and concept learning. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 3, 71-81.
- Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., y McIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *Comput. Graph. Appl.*, 34-47.
- Corcoran, T., Mosher, F.A., y Rogat, A. (2009). *Learning progressions in science: An evidence-based approach to reform*. Philadelphia, PA: Consortium for Policy Research in Education.
- Couso, D. (2012). Las secuencias didácticas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: modelos para su diseño y validación. En Caamaño, A. (Ed.), *Didáctica de la física y la química* (Vol. 2, pp. 57-84). Barcelona: Garó.
- Fabri, D., Falsetti, C., Lezzi, A., Ramazzotti, S., Viola, S., y Leo, T. (2008). Virtual and augmented reality. En Adelsberger, H., Kinschuk, Pawlowski, J., y Sampson, D. (Eds.), *Handbook on Information Technologies for Education and Training* (pp. 113-132). Berlin: Springer.
- Izquierdo, M., y Aduriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12, 27-43.
- Lijnse, P. (2004). Didactical structures as an outcome of research on teaching-learning sequences? *International Journal of Science Education*, 26, 537-554.
- Lizana, P., Almagià, A., Barraza, F., y Rodríguez, F. (2008). Diseño de un modelo neuroeducativo para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias morfológicas. *International Journal Morphology*, 26, 170-226.
- Martín-Gutiérrez, J., Navarro, R.E., Acosta González, M. (2011). *Mixed reality for development of spatial skills of first-year engineering students*. Proceeding of the IEEE 2011 Frontiers in Education Conference. Rapid City, South Dakota.
- Martín-Gutiérrez, J., Saorín, J.L., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D.C., y Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented reality for spatial abilities development in engineering students. *Computer & Graphics*, 34, 7-91.
- Izquierdo, M., y Aduriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12, 27-43.
- Méheut, M., y Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: Aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26, 515-536.
- Méheut, M. (2004). Designing and validating two teaching-learning sequences about particle models. *International Journal of Science Education*, 26, 605-618.
- Merino, C., e Izquierdo, M. (2011). Aportes a la modelización, según el cambio químico. *Educación Química*, 12, 212-223.
- Papagiannakis, G., Singh, G., & Magnenat-Thalmann, N. (2008). A survey of mobile and wireless technologies for augmented reality systems. *Journal of Computer Animation and Virtual Worlds*, 19, 3-22.
- Petersson, H., Sinkvist, D., Wang, C., y Smedby, O. (2009). Web-based interactive 3D visualization as a tool for improved anatomy learning. *Anatomical Sciences Education*, 2, 61-68.
- Schleich, J.M., Dillenseger, J.L., Houyel, L., Almange, C., y Anderson, R.H. (2009). A new dynamic 3D virtual methodology for teaching the mechanics of atrial septation as seen in the human heart. *Anatomical Sciences Education*, 2, 69-77.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las Ciencias en la ESO*. Madrid: Síntesis.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22.
- Talanquer, V. (2013). Progresiones de aprendizaje: promesa y potencial. *Educación Química*, 24, 362-364.
- Yu, D., Jin, J., Luo, S., Lai, W., y Huang, Q. (2010). A useful visualization technique: a literature review for augmented reality and its application, limitation & future direction. En Huang, M., Nguyen, Q., y Zhang, K. (Eds.), *Visual information communication* (pp. 311-337). New York: Springer.