

# *Innovación para la enseñanza de la Química*

## **REALIDAD AUMENTADA COMO RECURSO DISRUPTIVO PARA EXPLORAR LA QUÍMICA ORGÁNICA**

Mario Fernando Bustillo López, Liliana Ferrer, Silvina Videla, Gabriela Ohanian, Sergio Vardaro

*Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina.*

E-mail: [mabustillo02@gmail.com](mailto:mabustillo02@gmail.com)

Recibido: 22/01/2022. Aceptado: 20/06/2022.

**Resumen.** El presente trabajo aborda la aplicación de Realidad Aumentada como parte de un nuevo recurso didáctico, que pretende ser una herramienta innovadora que pueda apoyar el proceso pedagógico en las aulas de clases, con la finalidad de facilitar el aprendizaje de conceptos químicos en los estudiantes. Mediante una investigación y desarrollo tecnológico se presenta la aplicación de la tecnología de Realidad Aumentada dentro del rubro de las ciencias. Es por ello que dentro del área de Química Orgánica se plantea AUMENTED, una plataforma educativa desarrollada por el equipo de investigación, la cual permite la visualización de estructuras tridimensionales de moléculas químicas con realidad aumentada. En el ámbito educativo se logró utilizar para complementar los materiales didácticos con modelos virtuales que estimulen la percepción y la comprensión de conceptos químicos. Se reporta una aceptación por parte de los estudiantes que fue incrementándose en los dos años de uso.

**Palabras clave.** realidad aumentada, química orgánica, tecnologías de información y comunicación, innovación disruptiva, recurso didáctico.

### **Augmented Reality as a Disruptive Strategy to explore Organic Chemistry**

**Abstract.** This paper addresses the application of Augmented Reality as part of a new didactic resource, which aims to be an innovative tool that can support the pedagogical process in classrooms, in order to facilitate the learning of chemical concepts in students. Through research and technological development, the application of Augmented Reality technology is presented within the field of sciences. That is why within the area of Organic Chemistry is proposed AUMENTED, an educational platform developed by the research team, which allows the visualization of three-dimensional structures of chemical molecules with augmented reality. In the educational field it was possible to complement the teaching materials with virtual models that stimulate the perception and understanding of chemical concepts. Acceptance by students is reported to have increased over the two years of use.

**Keywords.** augmented reality, organic chemistry, information and communication technologies, disruptive innovation, didactic resource.

## **INTRODUCCIÓN**

En el contexto actual, de cambios y nuevos desafíos, es allí donde los dispositivos inteligentes se destacan del resto debido a su creciente masificación y a su innegable presencia en las aulas de clases, esto abre la ventana de oportunidades para la implementación de nuevas estrategias didácticas (Arredondo, 2020). La innovación, los avances, la investigación y las nuevas tecnologías han generado cambios y necesidades de aprendizajes.



La sociedad ha planeado exigencias en la educación que requiere modelos de enseñanza que se adapten al tiempo y al espacio. De manera que se deben reformular las evaluaciones, ya que no pueden limitarse a una prueba centrada en la repetición de contenidos, sino que deben ser una herramienta válida y coherente con el proceso de enseñanza y aprendizaje centrado en el estudiante. Las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) ofrecen variedad de posibilidades para la educación específicas en función a la necesidad de los estudiantes que se quieren formar y en función al contenido que se quiere impartir, por lo tanto son un medio que permiten implementar nuevos modelos pedagógicos para la enseñanza (Toala-Palma, 2020).

Una de las preocupaciones que han surgido en los últimos años en la educación de las ciencias tiene que ver con las dificultades que se generan en el estudiante para entender, comprender y relacionar los temas desarrollados en el aula de clase con su aplicabilidad en el diario vivir. Además, la Química es considerada como una "ciencia compleja", ya que se encuentra ligada a la representación continua de diversas estructuras que permitan un adelanto en la comprensión de conceptos y definiciones (Cerillo, 2020). En concordancia con ello, en nuestra cátedra, durante los años de enseñanza de la Química Orgánica, se comprobó que los estudiantes presentaban dificultad con ciertos temas básicos que son fundamentales para poder llevar la continuidad de la materia. Uno de los problemas detectados fue la complicada visualización o imaginación de las estructuras químicas de las moléculas, es por ello que en el equipo de cátedra surge la iniciativa de plantear una solución para que este problema se atienda desde el principio. Esto con la finalidad de que el estudiante alcance de manera sinérgica una mejor continuidad de la materia.

Por otro lado, es evidente el crecimiento que han tenido las TIC de manera que han permitido realizar gran variedad de aplicaciones digitales, muchas de estas herramientas enfocadas a la educación, llegando a facilitar la interacción con los estudiantes creando totalmente un ambiente de aprendizaje. Es aquí donde surge la necesidad de implementar las nuevas TIC a diferentes sectores (como el educativo), para responder a las necesidades que determina la población en la actualidad (Ramos Geliz, Toscano, Regino Vidal, y Galván Lozano, 2015).

Se ha reportado un aumento en el interés en las tecnologías de realidad extendida (XR) (como la realidad virtual, aumentada, inmersiva y mixta). Las tecnologías XR nuevas y más asequibles brindan direcciones y oportunidades prometedoras para sumergir a los estudiantes en el plan de estudios, ofreciendo experiencias de aprendizaje más profundas y vívidas y ampliando el entorno de aprendizaje. Sin embargo, la integración efectiva de estas tecnologías en el plan de estudios requerirá una planificación cuidadosa y numerosos recursos. Además de la tecnología en sí, existen cuestiones como el desarrollo del cuerpo docente, el diseño educativo, la integración del espacio de aprendizaje, así como la gobernanza, las políticas y la ética (EDUCAUSE, 2015).

Hoy día, existe una tecnología que hace posible definir una visión del mundo digital directa o indirecta en el mundo real, la Realidad Aumentada (RA), que

es un medio interactivo que añade objetos virtuales a la realidad del usuario, a través de una cámara y observado por medio de la pantalla de la computadora, permitiendo ampliar información de un tema específico (Ramos Geliz y col., 2015). Tal como expresa Cerillo (2020), la enseñanza de la Química enfrenta una serie de retos como la evaluación educativa y la didáctica. Dentro de esta última, se localizan las acciones prácticas, las cuales van de los contenidos a la acción del estudiante. Es aquí donde la RA podría mejorar el acercamiento de los jóvenes a la construcción de un pensamiento científico y, sobre todo, la formación universitaria hacia las ciencias duras en un contexto de innovación tecnológica educativa, sin olvidar el enfoque científico del proyecto hacia las carreras de Ingeniería. Por ello, mediante la implementación de la RA se permitiría crear contenidos educativos capaces de apoyar los procesos de enseñanza y de aprendizaje, captar la atención del público al cual va dirigida la enseñanza y estimular la creatividad de los estudiantes y su interés al involucrarse en sus procesos de aprendizaje.

En este artículo, se utiliza la definición de Merino (2014), quien señala que es la combinación de ambientes reales a los que se les incorpora información en formato digital, la cual puede ser visualizada en una pantalla en tiempo real; es decir, el usuario tiene la capacidad de observar, a través de un dispositivo electrónico con cámara, determinados elementos (imágenes en 2D o 3D, estáticas o con movimiento) que pueden vincularse a otros recursos digitales remotos (página web, animación, audiograbación, video, etcétera).

El objetivo del presente trabajo es presentar una plataforma basada en RA diseñada por el equipo docente y describir una propuesta de enseñanza de la Química Orgánica con el apoyo de dicha tecnología.

Como parte de esta innovación nos preguntamos si el apoyo de las clases de Química Orgánica utilizando AUMENTED para visualizar moléculas 3D, aumenta la capacidad de comprender la forma de las moléculas y su posterior relación con las propiedades físicas y químicas de los compuestos orgánicos.

Se espera que el uso de la plataforma AUMENTED permita crear contenidos educativos capaces de apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como captar la atención de los estudiantes y estimular la creatividad y el interés al involucrarse en sus procesos de aprendizaje.

## **DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA**

AUMENTED es una plataforma educativa basada en la tecnología de RA, que incluye los conceptos teóricos y pedagógicos necesarios para ser utilizada en el nivel educativo correspondiente. La plataforma permite la visualización de moléculas de Química Orgánica mediante el uso de RA. Tanto el diseño y desarrollo de la plataforma de RA, como las actividades educativas fueron desarrolladas por el equipo de investigación.

Como lo menciona Martínez-Hung (2017), en la enseñanza de la Química universitaria son comúnmente empleados los programas de modelación molecular y las bases de datos. Por otra parte, se encuentran relativamente pocas aplicaciones de RA enfocadas a la enseñanza de la Química en comparación con otras áreas del conocimiento. Quizás esto último se deba a que resulta poco visible, en la bibliografía revisada, un vínculo entre lo

ampliamente conocido (programas de modelación molecular y las bases de datos) y la tecnología de RA a pesar de las ventajas demostradas en otras áreas.

Abordar la utilización educativa de la RA, es tener siempre presente el principio que su utilización está alcanzando a todos los niveles y disciplinas educativos. Luego de una serie de pruebas con distintas plataformas existentes en el momento, tales como Roar, Zappar, Aumentaty Author, entre otras, las cuales permitían el uso de RA dentro de su interfaz, se decidió crear una plataforma de desarrollo propio que incluyera los modelos tridimensionales de las moléculas químicas orgánicas que puedan representarse empleando la RA. Lo que buscaba reducir el tiempo de diseño de cada molécula y la brecha tecnológica entre el estudiante y la tecnología de RA, ya que las otras plataformas requerían instalar una aplicación o programas adicionales para utilizarlas. El tipo de plataforma desarrollada es de estilo WebAR, que consiste en un navegador web que da acceso a la RA. De esta manera, para la interacción con la plataforma de AUMENTED no se requiere instalar ninguna aplicación o programa adicional para su uso. Además, posee una interfaz de sencilla comprensión e intuitiva para el usuario.



*Figura 1. Código QR de acceso a la plataforma de AUMENTED.*



*Figura 2. Marcador disparador de RA de AUMENTED.*

El proceso por el que se produce la RA es sencillo. Al disponer de un dispositivo con acceso a la plataforma de AUMENTED, el primer paso sería ingresar a la plataforma web en cuestión (ver figura 1), para luego ceder los permisos necesarios para poder utilizar la cámara del dispositivo. Posteriormente se debe enfocar con la cámara del dispositivo la realidad física sobre la que queremos obtener la información adicional y capturarla, es decir, enfocar al marcador que dispara y ejecuta la RA (ver figura 2). De forma

inmediata y tras la transformación de los datos por parte del software de la plataforma, la pantalla del dispositivo mostrará la información adicional que conlleva asociada la realidad que ha sido capturada por la cámara.

Como plantea Merino (2014), la integración de este tipo de plataforma fue un desafío y una oportunidad que permitió presentar al estudiante contenidos altamente interactivos que responden a sus expectativas y necesidades con el fin de que puedan 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 texto) hacia uno de 3D (p. ej. Manipulación, interacción, perspectiva, complejidad, integración, etc.), construyendo así puentes entre la teoría y la experiencia práctica.

### **PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE EXPERIENCIA INCORPORANDO REALIDAD AUMENTADA**

La ejecución e implementación del trabajo de investigación se dividió en siete fases:

1. Selección de las clases donde se aplicará la RA.
2. Selección de los temas y tipologías que se incluirán con la RA. Selección de los objetos a representar con RA.
3. Construcción de los objetos tridimensionales y conversión a la plataforma de RA.
4. Diseño de actividades evaluativas y rúbricas con RA.
5. Instrucción y tutoría del uso de la plataforma de RA.
6. Aplicación de la RA en el proceso docente.
7. Validación de la aplicación mediante encuestas a los estudiantes.

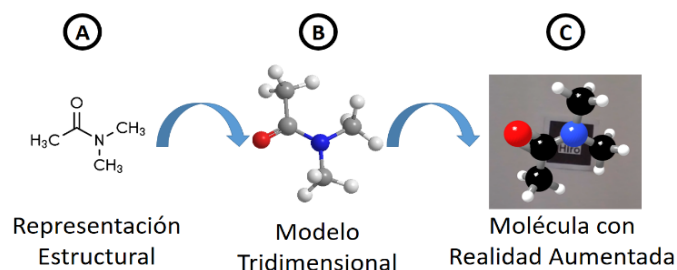
La muestra fue de tipo no estadística intencionada, ya que se incluyeron todos los estudiantes de segundo año de Ingeniería Industrial e Ingeniería en Petróleos de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Cuyo. Los estudiantes cursaron la asignatura Química Orgánica, dictada en el segundo semestre, durante el año lectivo 2020 y 2021.

En la segunda fase, se comenzó con una revisión del programa del dictado de la clase. La asignatura consta de cinco unidades temáticas; los grupos funcionales y macromoléculas. De estos temas, se escogieron las moléculas representativas de cada tema y se realizaron los modelos tridimensionales. Principalmente se seleccionaron moléculas de los grupos funcionales por considerarse que la comprensión de las estructuras y los conceptos estudiados, se vería favorecida con el empleo de la tecnología de RA. Los temas teóricos-prácticos tratados fueron:

- a) Hidrocarburos. Compuestos Aromáticos
- b) Compuestos Oxigenados
- c) Compuestos Halogenados
- d) Compuestos Nitrogenados
- e) Macromoléculas. Polímeros. Lípidos. Aminoácidos. Carbohidratos

Luego, en la tercera etapa, para la creación de los modelos tridimensionales, se parte de la representación estructural de cada molécula (figura 3-a). Estas representaciones se ingresan a un programa de modelado molecular para

obtener el modelo tridimensional de la molécula (figura 3-b). Luego se importa este archivo a un programa de modelado tridimensional para obtenerlo en un archivo apto para la plataforma de RA. Posteriormente se suben los archivos al repositorio de modelos de las moléculas químicas de plataforma y se añaden las líneas de código correspondientes al código de la plataforma. Una vez realizado esto, se obtiene un modelo tridimensional de la molécula que se logra visualizar mediante la tecnología de RA en la plataforma de AUMENTED (figura 3-c). Este proceso se repitió con cada molécula.

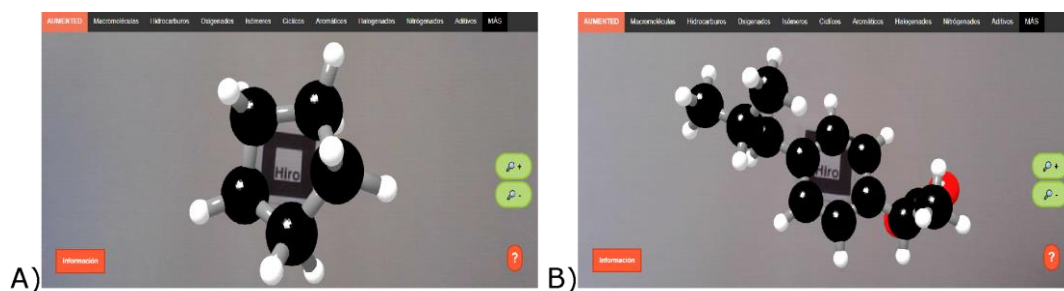


*Figura 3. Incorporación de una molécula a la plataforma de AUMENTED. Molécula de Dimetilacetamida*

Sin embargo, en la mayoría de los casos fue necesario superponerles elementos construidos en el programa de modelado tridimensional, que representan aromaticidad y enlaces múltiples, los cuales se pierden en el proceso de conversión de formatos de archivos. Esta metodología es extensible a otras fuentes de modelos moleculares.

En la cuarta fase, para el diseño de actividades evaluativas que incluyeran el uso de RA, se priorizó que los estudiantes aprendieran los conceptos básicos de la Química Orgánica, como nomenclatura, propiedades físicas y químicas. De manera que se elaboran las actividades con la finalidad de aclarar la explicación dictada por el equipo docente durante la clase.

Posteriormente en la quinta fase, previo a la implementación de RA en el dictado de las clases, se entrenó al equipo de la cátedra de Química Orgánica sobre el uso de la plataforma. Luego, durante el comienzo del cursado, los estudiantes fueron instruidos sobre el uso de la plataforma de AUMENTED, la cual fue empleada como gestor de la tecnología de RA. Para mantener la interacción dinámica con los estudiantes se les propuso indagar en las distintas funciones y moléculas que propone la plataforma, esto mientras se respondieron dudas sobre el uso de la misma.



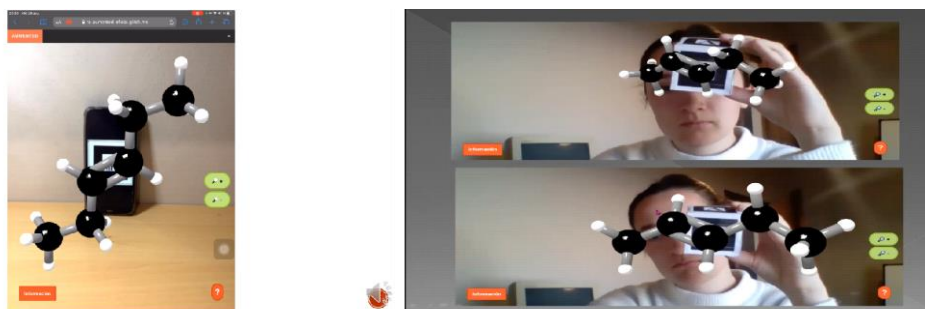
*Figura 4. Visualización de moléculas con la plataforma de AUMENTED. A) Ciclopentano B) Ibuprofeno.*

También se les explicitó el objetivo del proyecto y los elementos básicos a considerar en el diseño de insumos digitales. Se les dio a conocer una nueva aplicación de la RA en escenarios formativos y sus posibilidades pedagógicas en contextos educativos.

Durante la sexta fase, a lo largo del cursado como parte de la metodología de evaluación continua, se utilizó la plataforma de RA en el desarrollo de algunas actividades pertenecientes a los trabajos prácticos previamente diseñadas por el equipo de investigación.

Se incluyeron pequeñas actividades evaluativas donde los estudiantes a partir de la estructura tridimensional debían escribir la fórmula molecular; identificar si la molécula presenta isomería de cadena, posición y/o función; escribir al menos un isómero de cada tipo encontrado y nombrarlo respectivamente.

En la actividad final integradora, los estudiantes formaron grupos de a pares y se les pidió realizar un video sobre uno de los compuestos químicos que se encuentran en la plataforma de AUMENTED, en el cual debían mencionar su nombre común y nombre según IUPAC, isomería de la molécula, sus propiedades químicas, hibridación del Carbono, geometría, fuerzas de interacción, aplicaciones industriales y su relación con las propiedades físicas que presenta la molécula (solubilidad, punto de fusión, punto de ebullición), así como la estructura en 3D de la molécula. El video, además debía incluir narraciones en off como parte de su explicación. Este trabajo fue defendido por la dupla de estudiantes ante los profesores. Estas actividades permitieron trabajar competencias de pensamiento crítico, trabajo colaborativo, competencias comunicativas y digitales.



*Figura 5. Carátulas de trabajos finales presentados por los estudiantes utilizando la plataforma de AUMENTED.*

Finalmente se aplicó una rúbrica de evaluación de la actividad integradora. Aprobando dicha actividad, se accedía a la promoción de la asignatura.

En la séptima fase, se evaluó la percepción de los estudiantes mediante una encuesta, el instrumento utilizado para la recolección de la información fue una encuesta anónima confeccionada en un formulario Google.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La experiencia realizada con la plataforma de Realidad Aumentada con el alumnado universitario indica que el uso de la plataforma potencia escenarios formativos más motivadores, colaborativos e interactivos.

Al analizar la cantidad de estudiantes que promocionaron la asignatura, del total de alumnos que comenzaron a cursar la asignatura en el 2020, aprobó un 85% en una primera instancia. Luego, durante el 2021, del total de alumnos que comenzaron a cursar la asignatura, aprobó un 76% en una primera instancia.

Si bien fue evidente el entusiasmo que presentaron los estudiantes ante los recursos de RA trabajados, se les hizo una pequeña encuesta a fin de determinar individualmente que era lo que más destacaban de la experiencia realizada respecto a todas las tecnologías implementadas.

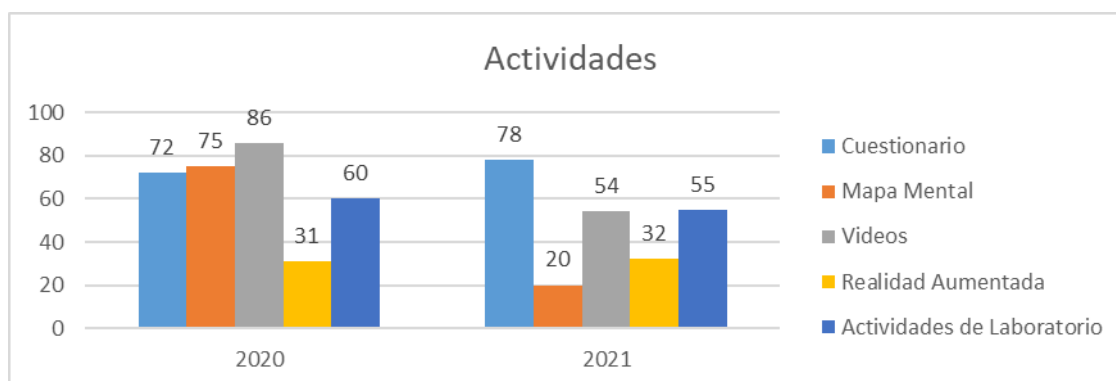


Figura 6. Resultados de las encuestas de validación de actividades semestrales (año lectivo 2020 y 2021).

Se observa que, durante el 2020, respecto a las actividades pedagógicas en las que se implementó la tecnología de RA no fue del todo conveniente para fijar conocimientos de manera eficiente. De manera que para el próximo semestre que se dictó la materia en el 2021, se replanteó una nueva actividad evaluativa que incluyera la tecnología de RA y que de la misma manera cumpliera los lineamientos de evaluación de la asignatura. Se logra observar que hubo una mejora en el porcentaje de aceptación de los estudiantes.

## CONCLUSIONES

Se pretendió la incorporación de RA con la finalidad de mantener la atención del estudiante y lograr un aprendizaje de acuerdo con el contexto tecnológico y social en el que vive, ya que pertenece a una generación que está en contacto permanente con dispositivos digitales. A través de la implementación de estas nuevas tecnologías en la educación, se espera promover, facilitar y enriquecer la comprensión de temas y conceptos propios e importantes dentro del proceso educativo.

Estamos de acuerdo con Araya Poblete (2016) que aumentar las habilidades de los alumnos a través de nuevas tecnologías resulta ser una situación muy beneficiosa al momento de ilustrar ramos complejos como lo son las ciencias, esto va en específico al desarrollo de las destrezas de formación de los estudiantes, además de incentivar el gusto por la Química por medio de metodologías más afables, se aportará al desarrollo tecnológico del país generando nuevas competencias en los alumnos, favoreciendo el autoaprendizaje y el entendimiento de la Química. La intervención del



material educativo basado en tecnologías de RA, contribuye de manera significativa en el aprendizaje de la configuración de moléculas básicas de la Química Orgánica, que no son perceptibles a simple vista en estudiantes. Se destaca también que el uso de dispositivos móviles en los procesos de enseñanza y de aprendizaje representa una tendencia novedosa, capaz de captar la atención del público joven. También contribuye a una educación más abierta y creativa.

Se espera para el año 2022 trabajar con AUMENTED desde las primeras clases de Química Orgánica, de esa manera los estudiantes se familiarizarían con la plataforma y se podría trabajar con la misma durante todo el cursado. Estamos convencidos de que el uso de RA desde un principio ayudará a los estudiantes a comprender conceptos importantes, además de posibilitar estudiar las estructuras o los mecanismos de resolución de problemas, conociendo las estructuras 3D de las moléculas, construyendo conocimiento que les permita deducir soluciones a problemas más complejos a partir de conceptos más simples.

## **IMPLICACIONES**

Como afirma Guerrero (2017), el desafío de incorporar la RA en los contextos educativos, implica la voluntad de centrar el aprendizaje en la participación activa del estudiante, en sus intereses, en situaciones relevantes y directamente relacionadas con su vida real, lo cual supone un cambio en los planteamientos pedagógicos que exigen el diseño de nuevas propuestas metodológicas y el uso de recursos didácticos capaces de facilitar los nuevos procesos. Para ello, se requiere conocer y aprender a utilizar estas herramientas, para luego mediar el contenido de su disciplina desde una mirada pedagógica – didáctica, pudiendo vislumbrar las posibilidades educativas de la RA para enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje; brindando escenarios para explorar, interactuar y relacionarse con su entorno, generando recursos y conocimientos de manera creativa y lúdica.

Proponemos considerar la incorporación de TIC en educación no sólo como un nuevo insumo, sino como un elemento de innovación disruptiva, es decir, que obliga al cambio de las prácticas educativas y, en definitiva, a un cambio importante de los sistemas escolares. En consecuencia esto genera nuevas competencias en los alumnos, favoreciendo el autoaprendizaje y el entendimiento de la Química de una manera más didáctica y enriquecedora. Además, fortalecen el desarrollo de aptitudes de trabajo colaborativo, no sólo en el aula universitaria sino también a nivel de preparación para el mundo laboral, de esa forma adquieren otras capacidades que forman al perfil del ingeniero, como competencias tecnológicas, pensamiento crítico, capacidad para aprender en forma continua y autónoma.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto "Uso de las TIC en el proceso de aprendizaje-enseñanza en la Química Orgánica" (segunda etapa) financiado por la Secretaría de Investigación, Internacionales y Posgrados (SIIP) de la Universidad Nacional de Cuyo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arredondo, L. A. L. (2020) Realidad Aumentada Móvil: Una estrategia pedagógica en el ámbito universitario. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia*, 43(3), 142-149. <http://dx.doi.org/10.22209/rt.v43n3a04>
- Araya Poblete, E. M. (2016). *Aprendizaje de la química con realidad aumentada*. Trabajo final de Ingeniería de Ejecución en Informática no publicada. Pontificia Universidad Católica De Valparaíso, Valparaíso, Chile. Recuperado de: [http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-6500/UCD6685\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-6500/UCD6685_01.pdf)
- Cerillo, S. R. (2020). Realidad aumentada y aprendizaje en la Química orgánica. *Revista Apertura*, 12(1), 106-117. <http://dx.doi.org/10.32870/Ap.v12n1.1853>
- EDUCAUSE. (2015). *Extended Reality (XR)*. Recuperado 30 de mayo de 2022, de <https://library.educause.edu/topics/teaching-and-learning/extended-reality-xr>
- Guerrero, A. M. J. (2017). Realidad aumentada, realidad virtual e interacción tangible para la educación. *XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, Buenos Aires, 1312-1316. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/62975>
- Martinez-Hung H. (2017). Modelos de Realidad Aumentada aplicados a la enseñanza de la Química en el nivel universitario. *Revista Cubana de Química*, 29(1), 13-25. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2224-54212017000100002&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2224-54212017000100002&lng=es&nrm=iso)
- Merino, C. (2014). Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en Química. *Educación Química*, 26(2), 94-99. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/52916>
- Ramos Geliz, F., Toscano Ricardo, A., Regino Vidal, C., & Galván Lozano, E. E. (2015). *Objeto virtual de aprendizaje para la enseñanza de la Química del carbono soportado en dispositivos móviles y realidad aumentada*. Repositorio Digital de Universidad Nacional Autónoma de México. <https://repositorial.cuaed.unam.mx:8443/xmlui/handle/20.500.12579/3950>
- Toala-Palma, J. K. (2020). *La Realidad Virtual como herramienta de innovación educativa*. *EPISTEME KOINONIA*, 3(5), 270-286. <http://dx.doi.org/10.35381/e.k.v3i5.835>