

Realidad aumentada y aprendizaje en la química orgánica

Augmented reality and learning in organic chemistry

Salvador Ruiz Cerrillo*

Recepción del artículo: 3/11/2019 | Aceptación para publicación: 19/2/2020 | Publicación: 30/3/2020

RESUMEN

El uso de la realidad aumentada (RA) en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química orgánica es considerado una innovación en la didáctica de este tipo de contenido y un área de oportunidad para la llamada educación 4.0. El objetivo de este artículo es evaluar el aprendizaje en química orgánica de alumnos de bachillerato con el apoyo de RA. El enfoque del estudio fue mixto y se utilizó una rúbrica como instrumento principal para la evaluación de proyectos con RA diseñados con la aplicación HP Reveal®, así como un examen rápido o *quiz* que permitió evaluar los aprendizajes específicos de los alumnos. Los resultados mostraron una calificación promedio de 8.3/10 en la calidad de los proyectos con RA; el promedio obtenido en el examen fue de 7.94/10. A manera de conclusión, los proyectos con RA en alumnos de bachillerato mejoran las condiciones de aprendizaje en el área de la química mediante la identificación de fórmulas y nomenclatura de compuestos orgánicos.

Abstract

The usage of augmented reality (AR) in the process of Organic Chemistry Teaching-learning it's considered as an innovation in didactics of this type of content and an opportunity area for the known education 4.0. The aim of this article was to evaluate learning in Organic Chemistry in High school students' through the usage of AR. A mixed focus was used, using a rubric as principal tool for the evaluation of the augmented reality projects designed through HP Reveal®, such as a quiz that allowed to evaluate Specific learning on the students. The results showed a mean grade of 8.3/10 on the augmented reality projects, the mean obtained on the quiz was 7.94/10. As a conclusion manner, the usage of AR projects in high school students improves learning conditions in the domain of Chemistry through the identification of formulas and organic compounds.

Palabras clave

Realidad aumentada; química orgánica; aprendizaje; educación 4.0

Keywords

Augmented reality; organic chemistry; learning; education 4.0



INTRODUCCIÓN

Actualmente, la denominada educación 4.0 ha permitido generar una pluralidad de innovaciones dentro del proceso enseñanza-aprendizaje. El objeto del estudio para la actual investigación educativa (De la Iglesia, 2019) es la manera en la que se articulan las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) con el fenómeno educativo. Entre estas TIC se encuentra la realidad aumentada (RA), que ha sido empleada para fines educativos dentro del campo de la química orgánica en los últimos años (Behmke *et al.*, 2018; Cai, Wang & Feng, 2014; Chen, 2013; Martínez, García y Escalona, 2017).

El propósito de esta investigación fue evaluar el aprendizaje en química orgánica de alumnos de bachillerato mediante el uso de RA. El diseño de proyectos educativos y recursos digitales por

parte de los alumnos permiten el desarrollo de competencias educativas específicas, las cuales también son de nuestro interés (Hernández, Pérez y Reséndiz, 2017).

La enseñanza de la química en México enfrenta una serie de retos: el currículo, la evaluación educativa, la didáctica y su aplicación en la vida diaria; dentro de esta última, se localizan las acciones prácticas, las cuales van de los contenidos a la *praxis* del estudiante. Estas actividades fenomenológicas recaen, principalmente, en ejercicios prácticos, experiencias e investigaciones (Pérez y Chamizo, 2016). Aquí, la RA podría mejorar el acercamiento de los jóvenes a la construcción de un pensamiento científico y, sobre todo, la formación preuniversitaria hacia las ciencias duras en un contexto de innovación tecnológica educativa.

El término *realidad aumentada* posee diferentes definiciones, en este artículo se retoma la



propuesta de Merino *et al.* (2015), quienes señalan 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, audio-grabación, video, etcétera).

El uso de RA en la educación, y específicamente en las ciencias, se ha incrementado en los últimos años; sin embargo, la metodología, el enfoque, la instrumentación y las interpretaciones no han sido homogéneas (Da Silva *et al.* 2019), situación que suma importancia y pertinencia a nuestro estudio. Actualmente, la RA figura como una de las tecnologías emergentes con mayor proyección hacia el futuro, no solo en el campo educativo de las ciencias, sino también en el de la química industrial (Ministère de L'Économie et des Finances, 2019).

Las preguntas que guían esta investigación son: ¿cómo impacta la generación de proyectos

con RA en el aprendizaje de la química orgánica en alumnos de educación media superior?, y ¿qué nivel de alcance poseen los proyectos de los alumnos para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje en grupos funcionales? Como respuesta y a manera de supuesto hipotético, se afirma que los alumnos logran interiorizar elementos didácticos para la nomenclatura de estructuras químicas orgánicas; asimismo, el nivel de alcance de los alumnos es de carácter suficiente para el promedio de los proyectos con RA.

Esperamos que este trabajo abone a la mejora de la didáctica en el campo de la química orgánica en el bachillerato, así como exhortar a la utilización de RA como herramienta educativa perteneciente a la educación 4.0.

El uso de realidad aumentada en la enseñanza de la química

La RA, en la enseñanza de la química orgánica, resulta ser una intervención innovadora en el campo de la tecnología educativa. Existen pocos reportes de este tipo de tecnología aplicado al campo disciplinario de la química en México; su uso en la

enseñanza de la química ha sido diverso en cuanto al diseño de la secuencia didáctica, su evaluación e incluso las herramientas empleadas para crear los ambientes virtuales (Nechypurenko *et al.*, 2018). Por eso, esta intervención aporta a la mejora de la didáctica en las ciencias experimentales.

La química, a su vez, es considerada como una ciencia compleja, pues se encuentra ligada a la representación continua de diversas estructuras que permitan un adelanto en la comprensión de conceptos y definiciones. Por esto, se requiere perfeccionar el proceso de diseño mental en el cual el discente pueda representar los procesos y cambios químicos con mayor realidad (Nechypurenko *et al.*, 2016).

La enseñanza de la química a través de RA inicia en 2000, y es producto del avance tecnológico y el reporte de diversas secuencias didácticas e intervenciones. Los usos de la RA en el campo de la química se relacionan con redes cristalinas del estado sólido en 3D (Arloon, 2017), reacciones químicas (Maier, Tönnis & Klinker, 2009), modelos químicos 3D impresos en libros de texto (StudyMarvel, 2016), compuestos orgánicos (Virtual Space, 2017), nubes de electrones y modelos atómicos (Larngear, 2012), manejo de símbolos químicos y material de laboratorio como marcador o *trigger* (Dáskalos, 2015).

En México, la RA ha sido aplicada en ciencias como la anatomía (Ruiz, 2019), la física (Ruiz y Ríos, 2015), la mecánica (Suárez y González, 2016) y las matemáticas (Medina *et al.*, 2016); sin embargo, pocas investigaciones han reportado el apoyo de esta tecnología en la enseñanza de la química. Merino *et al.* (2014) abordaron el uso de secuencias didácticas en cuestiones de reactividad química en alumnos de licenciatura; de igual modo, en un informe de Zarate *et al.* (2013) se advierten algunos patrones de diseño de marcadores o *triggers* para la enseñanza de prácticas de laboratorio en un ambiente virtual, en los que se utilizan marcadores impresos como disparadores de un matraz de Erlenmeyer.

METODOLOGÍA

Instrumentos

Para la recolección de datos, recurrimos a dos instrumentos: en primer lugar, una rúbrica adaptada de Fernández (2015) (ver tabla 1), la cual fue validada en su contenido mediante la técnica de juicio de expertos, que consiste en verificar la fiabilidad y validez a través de una opinión informada de personas con trayectoria en el tema, quienes pueden brindar información, evidencia, juicios y valoraciones (Neira, Ibáñez y López, 2017). En segundo, un examen rápido o *quiz* para evaluar las competencias cognitivas de los estudiantes en materia de química orgánica.

El método para la validez de contenido consistió en la evaluación de categorías de acuerdo con la organización de los ítems, en este caso, la rúbrica propuesta. Se invitó a cuatro expertos en el área, quienes contaban con una formación profesional en desarrollo de *software*, sistemas computacionales, además de posgrados en educación (maestría) y redes (maestría), con un promedio de 15 a 18 años de experiencia docente. Para garantizar el anonimato, se empleó al método Delphi, por lo que la recolección de datos se realizó de manera individual y se devolvió a cada experto la propuesta de conjunto.

La enseñanza de la química a través de RA inicia en 2000, y es producto del avance tecnológico y el reporte de diversas secuencias didácticas e intervenciones

Tabla 1. Rúbrica empleada en la evaluación del proyecto con realidad aumentada

DIMENSIÓN A EVALUAR	NIVELES DE LOGRO			
	DEBES MEJORAR	SUFICIENTE	BUEN TRABAJO	EXCELENTE TRABAJO
Disparadores	Hay pocos disparadores para una correcta realización del trabajo. Los disparadores no tienen una descripción ni coordenadas (0.5 puntos)	El número de disparadores es suficiente, pero carecen de una descripción y en ninguno se han marcado áreas para insertar las capas (<i>overlays</i>) (1 punto)	Se ha introducido un número amplio de disparadores y todos tienen una descripción adecuada. En muchos se han seleccionado áreas para insertar las capas de superposición (1.5 puntos)	Se ha realizado una buena selección de imágenes disparadoras. Todas tienen una descripción correcta y se acompañan (2 puntos)
Capas (<i>overlays</i>)	Las capas asociadas son insuficientes o no están relacionadas con el trabajo (0.5 puntos)	Las capas asociadas a los disparadores son imágenes sin ningún efecto (1 punto)	Las capas asociadas son relevantes para el trabajo; se introducen capas de diversos tipos y en algunos casos se vinculan imágenes o videos (1.5 puntos)	Todos los disparadores tienen varias superpuestas en las que se incluyen imágenes, videos o direcciones URL. Se introducen distintos tipos de efectos de transición. Se usa el celular para la creación del proyecto (2 puntos)
Trabajo final	La <i>app</i> en la que se aloja el trabajo no se encuentra o no se producen los efectos buscados. El trabajo final no aporta nada significativo al proyecto y no deja de ser una herramienta curiosa que no va más allá de ser un simple artefacto llamativo (0.5 puntos)	El canal se encuentra fácilmente y en la mayoría de los disparadores se producen los efectos que se esperaban. El trabajo final ayuda a completar el proyecto y a dotarlo de una herramienta necesaria (1 punto)	Todos los disparadores aparecen asociados a las capas superpuestas, aunque los efectos finales son limitados. El trabajo final contribuye de manera eficaz al proyecto y aporta un elemento de calidad a este (1.5 puntos)	Todos los disparadores se asocian a las capas programadas con una amplia variedad de efectos de transición. El trabajo final contribuye de forma sobresaliente a alcanzar los objetivos del proyecto (4 puntos)

Fuente: adaptado de Fernández (2015).

De esta forma, agrupamos los ítems conforme a las dimensiones propuestas en el instrumento original: disparadores, capas (*overlays*) y trabajo final. Los expertos se dieron a la tarea de evaluar cada uno y los clasificaron en las siguientes categorías según su juicio y experiencia: 1) no cumple, 2) bajo nivel, 3) moderado,

y 4) alto nivel. El análisis del alfa de Cronbach de los datos es mostrado en la tabla 1. Con base en Welch y Comer (1998), la fiabilidad mediante este alfa asume que los ítems miden un mismo constructo y que están altamente correlacionados. El puntaje máximo posible de la rúbrica fue de 10 puntos y el mínimo, de 1.5, en el cual se

consideraron los elementos básicos para la evaluación del proyecto.

La autovaloración de la competencia de los expertos se llevó a cabo con el coeficiente K o coeficiente de competencia experta, y el cálculo de este se realizó mediante los siguientes datos:

- Coeficiente de conocimiento (K_c), que es la información que tiene el experto referente a la temática a evaluar; se obtiene a través de una autoapreciación numérica que va del 1 al 10, multiplicado por 0.1.
- Coeficiente de argumentación (K_a), que se obtuvo a partir de los valores de la tabla 2, en los cuales se evalúa la respuesta de cada experto y se asigna de acuerdo con las fuentes de argumentación de su discurso y su influencia (alta, media o baja); en esta tabla, el investigador debe sumar conforme a la existencia de la fuente de fundamentación y la valoración del discurso del experto.

Los resultados de K para cada experto son mostrados en la tabla 3, así como los valores de K_c y K_a . Una vez obtenido el valor de K, clasificamos a los expertos en tres grupos: los que tienen una alta influencia de las fuentes ($K > 0.8$), aquellos con una influencia media de las fuentes ($K < 0.8$ y ≥ 0.5), y los de influencia baja ($K < 0.5$). De los expertos, tres de ellos mostraron un nivel de influencia alta (valor de $K > 0.8$) y uno, de media (valor de $K < 0.8$ y ≥ 0.5), lo cual sugiere un buen grado de dominio del tema de investigación (ver tabla 3).

Con apoyo del programa SPSSStatistics (versión para Macintosh), calculamos el valor del alfa de Cronbach para cada ítem, por dimensión, y el promedio del total del instrumento, con el objetivo de lograr la fiabilidad y consistencia interna; los valores estadísticos son mostrados en la tabla 4. La rúbrica presentó una consistencia interna baja con un valor total de alfa de Cronbach de 0.686; el parámetro mínimo sugerido para las ciencias sociales es de 0.7, según

Tabla 2. Valoración de las fuentes de argumentación para obtener el valor de K_a

FUENTE DE FUNDAMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	ALTO	MEDIO	BAJO
Análisis teóricos realizados por el experto	0.3	0.2	0.1
Experiencia obtenida	0.5	0.4	0.2
Estudio de trabajos sobre el tema de autores en México	0.05	0.05	0.05
Estudio de trabajos sobre el tema de autores extranjeros	0.05	0.05	0.05
Conocimiento propio acerca del estado del problema en el extranjero	0.05	0.05	0.05
Intuición del experto	0.05	0.05	0.05

Fuente: adaptado de Cabero y Barroso (2013).

Tabla 3. Valores del coeficiente de competencia experta (K) obtenidos para cada experto

EXPERTO	VALOR DE K_c	VALOR DE K_a	COEFICIENTE K ($K = K_c + K_a$)	NIVEL DE INFLUENCIA DE ACUERDO CON EL VALOR DE K
1	1	0.7	1.7	Alta
2	0.8	0.5	1.3	Alta
3	0.7	0.6	1.3	Alta
4	0.6	0.1	0.7	Media

Fuente: elaboración propia.

Celina y Campo (2005), lo cual sugiere un futuro rediseño del instrumento a fin de incrementar sus valores de consistencia interna; cabe mencionar que esto no es objeto de estudio de este artículo.

Tabla 4. Análisis alfa de Cronbach de los ítems de la rúbrica

NÚMERO DE ÍTEM	VALOR DEL ALFA DE CRONBACH POR ÍTEM
Ítem 1	0.691
Ítem 2	0.642
Ítem 3	0.691
Ítem 4	0.691
Ítem 5	0.691
Ítem 6	0.579
Ítem 7	0.691
Ítem 8	0.691
Ítem 9	0.550
Ítem 10	0.691
Ítem 11	0.691
Ítem 12	0.550

Fuente: elaboración propia.

El *quiz* consistió en la redacción de 15 preguntas de relación, en las cuales los alumnos debían relacionar el nombre de la estructura bajo un sistema UIQPA (Unión Internacional de Química Pura Aplicada) con la fórmula desarrollada, semidesarrollada o condensada. Los grupos de compuestos orgánicos y grupos funcionales que fueron evaluados son: hidrocarburos alifáticos (cadena abierta y arborescentes), hidrocarburos aromáticos, alcoholes, cetonas y aldehídos. Estos aprendizajes esperados están considerados en el programa curricular de la materia de Química II propuesto por la Dirección General de Bachillerato (SEP, 2017). En este documento se establece que el alumno “utilizará un lenguaje químico para referirse a hidrocarburos y grupos funcionales, identificando sus aplicaciones en diversos ámbitos” (DGB, 2017 p. 19).

Los ítems del examen rápido fueron diseñados con el objetivo de alcanzar los aprendizajes esperados del bloque propuesto en el programa de

la DGB, de tal forma que, a través del diseño del proyecto con RA, los alumnos pudieran identificar e interpretar, mediante un lenguaje químico, los grupos funcionales propuestos en el currículo de Química II.

Participantes

La muestra fue de tipo no estadística intencionada en la que se incluyeron a todos los alumnos inscritos oficialmente en el segundo semestre del turno vespertino, ciclo escolar 2018-2019 de la preparatoria de la Universidad de la Salle Bajío, campus Américas en León, Guanajuato, México. La población estuvo compuesta por 118 estudiantes, distribuidos de la siguiente manera: 39 alumnos del grupo A, 37 del grupo B y 42 del grupo C; 45.5% de la población fue masculina y 54.5% femenina, con un rango de edad de 15 a 18 años.

Procedimiento

La investigación se dividió en tres fases: instrucción y tutoría, diseño de los recursos digitales, y evaluación del proyecto. En la primera, los alumnos fueron instruidos sobre el uso de la aplicación HP Reveal® Studio, la cual fue empleada como gestor del proyecto de RA. También se les explicó el objetivo del proyecto y los elementos básicos a considerar en el diseño de los insumos digitales; esta etapa tomó casi dos meses. Los alumnos formaron subgrupos de entre siete y diez alumnos, crearon una cuenta en la plataforma de HP Reveal® y se dieron a la tarea de investigar el referente y antecedente teórico del proyecto; en este caso, el tema de química orgánica, que formaba parte del contenido del programa oficial, de acuerdo con la DGB (generación 2017-2020 y subsecuentes), y que fue asignado por el profesor.

Durante la segunda fase, los alumnos diseñaron los recursos digitales, se solicitó que crearan un video que tuviera los siguientes elementos: introducción al tema, definición del grupo funcional, usos y aplicaciones industriales, así como la estructura

en 3D de una molécula ejemplo. El video, además, debía contener la voz de los participantes como parte de su explicación; algunos equipos emplearon videos de YouTube y otros hicieron una mezcla de estos e insertaron como última capa la voz de los integrantes. Después, los alumnos crearon un nuevo proyecto en la plataforma de HP Reveal®, que es denominado Aurasma; seleccionaron una imagen como marcador o *trigger*, el cual permite ser identificado por la cámara; en seguida se insertó el video de cada uno de los equipos a manera de capa u *overlay*, que surge del *trigger*.

Finalmente, en la etapa de evaluación del proyecto, se aplicó la rúbrica para la evaluación del proyecto y, por último, el *quiz* de manera impresa, para lo cual dedicamos un tiempo de veinticinco minutos; la actividad fue individual y supervisada por el docente.

RESULTADOS

Luego del registro de los datos obtenidos, realizamos un análisis cuantitativo por grupo, del que obtuvimos el promedio de cada dimensión y el nivel de alcance de la rúbrica (ver tabla 5), así como la calificación promedio del examen rápido (ver tabla 6). La evaluación se hizo con la rúbrica validada por los expertos.

En el video¹ de uno de los proyectos realizados por los alumnos observamos el marcador del Aurasma o proyecto y el video emergente (*overlay*). En la dimensión de disparadores, la mayoría de los grupos obtuvieron un nivel suficiente (35.6%); en la dimensión de las capas insertadas en el proyecto digital fue de excelente (50.6%), ya que en la mayoría de los videos se incorporaron elementos digitales variados (videos de propia creación, editados

Tabla 5. Resultados obtenidos de la rúbrica por grupo en porcentajes

DIMENSIÓN A EVALUAR	GRUPO A	GRUPO B	GRUPO C	PROMEDIO 3 GRUPOS
Disparadores	35%, debes mejorar 30%, suficiente 12%, buen trabajo 23%, excelente trabajo	12%, debes mejorar 32%, suficiente 23%, buen trabajo 33%, excelente trabajo	31%, debes mejorar 45%, suficiente 20%, buen trabajo 4%, excelente trabajo	26%, debes mejorar 35.6%, suficiente 14.66%, buen trabajo 20%, excelente trabajo
Capas (<i>overlays</i>)	10%, debes mejorar 25%, suficiente 18%, buen trabajo 47%, excelente trabajo	7%, debes mejorar 8%, suficiente 15%, buen trabajo 70%, excelente trabajo	10%, debes mejorar 42%, suficiente 13%, buen trabajo 35%, excelente trabajo	9%, debes mejorar 25%, suficiente 15.3%, buen trabajo 50.6%, excelente trabajo
Trabajo final	15%, debes mejorar 14%, suficiente 21%, buen trabajo 50%, excelente trabajo	5%, debes mejorar 15%, buen trabajo 80%, excelente trabajo	20%, debes mejorar 20%, suficiente 30%, buen trabajo 30%, excelente trabajo	13.33%, debes mejorar 11.33%, suficiente 22%, buen trabajo 53.33%, excelente trabajo
Calificación promedio obtenido en la rúbrica	7.5	8.5	8.9	8.3

Fuente: elaboración propia.

¹ Un ejemplo a manera de *screen video* o grabación de pantalla lo podemos encontrar en: https://drive.google.com/file/d/1RTp9BTA7_MorLR2Sw1X9b0EHc6Pzc6y5/view?usp=sharing

por los alumnos, mezcla de videos con algunos preexistentes, así como imágenes, representaciones moleculares en 3D y audiograbaciones); en la última dimensión, correspondiente a la estructura general del proyecto para trabajo final, el promedio fue de excelente. En la mayoría de los equipos se cumplió lo cometido al presentar un proyecto de RA con recursos digitalizados de calidad (53.33%). La calificación promedio de todo el proyecto integrado, es decir, de las tres dimensiones evaluadas, fue de 8.3 en una escala de 10.

Tabla 6. Calificaciones promedio obtenidas en el examen rápido

	GRUPO A	GRUPO B	GRUPO C
Promedio de respuestas correctas	11.74	12.49	11.49
Calificación promedio obtenida	7.83	8.33	7.66

Fuente: elaboración propia.

Respecto a los resultados obtenidos en el examen rápido, el grupo que alcanzó el mayor promedio fue el B, con una calificación de 8.33; el de menor promedio fue el C, con un valor de 7.66 (ver tabla 6). Entre los proyectos de RA del grupo B, se identificaron elementos de importancia visual y digital, por ejemplo, el uso de su propia voz, la edición de entradas y salidas, así como las referencias empleadas para la elaboración del proyecto.²

Por otro lado, en el grupo A los proyectos carecieron de dinamismo en sus elementos comunicativos; solo emplearon la voz de uno de sus compañeros, o bien, insertaron capas con videos de otros autores.³

DISCUSIÓN

Los datos obtenidos en la intervención mostraron que la calidad de recursos digitales empleados por los alumnos (*overlays*) fue diversa en cuanto

a la claridad del sonido; otro elemento importante que se presentó como un factor heterogéneo fue la calidad de grabación de la pantalla, pues la nitidez de los celulares empleados fue variable. En un reporte de Dünser y Billinghamurst (2011), los elementos que se evalúan dentro de un proyecto de RA son la interfaz del usuario y la plataforma, la interacción del usuario con la aplicación o el programa, la manipulación de objetos o elementos 3D, y la inmersión del usuario en el ambiente de RA.

De acuerdo con Jiménez (2019), los temas de química más abordados a través de la RA han sido las estructuras moléculas en 3D –como en este proyecto–, así como los enlaces químicos y las fuerzas intermoleculares. En este caso, solo se evaluaron algunas estructuras en 3D y otras en 2D. Tampoco los enlaces químicos fueron objeto de estudio exclusivo de esta investigación.

Las ventajas de emplear la RA como parte de las estrategias de aprendizaje y enseñanza han sido la disminución de costos y la mejora en la administración del tiempo de los estudiantes; de la misma manera, al cruzar los datos obtenidos en esta investigación, el uso de marcadores en 2D (*triggers*) constituyó parte de la enseñanza a través de este tipo de TIC (Linowes y Babilinski, 2017). En cuanto a las metodologías empleadas en la enseñanza con RA, la que más ha destacado ha sido la de diseños experimentales y, en segundo lugar, el uso y diseño de cuestionarios como instrumento recolector de datos (Da Silva, 2019).

En este trabajo, se empleó a una metodología mixta (cuali- y cuanti-) en lo concerniente a la evaluación de los proyectos y el impacto educativo logrado. Por otra parte, la población objetivo más estudiada a nivel internacional para uso educativo de estas tecnologías emergentes ha sido la de primaria y licenciatura, y en un tercer lugar la de bachillerato, como fue en este caso (Sommerauer & Müller, 2014).

² En la liga: <https://drive.google.com/open?id=1thUXCLn3DGaMCSbSMcl-1re6Bo88L8n0> se muestra un ejemplo de proyecto del grupo B.

³ La siguiente liga contiene un ejemplo del proyecto del grupo A: <https://drive.google.com/open?id=1thUXCLn3DGaMCSbSMcl-1re6Bo88L8n0>

Algunos autores han sugerido que el uso de RA en la enseñanza de las ciencias exactas y experimentales en México puede mejorar el desempeño de los estudiantes (Gómez, 2017). La RA permite una mejor conexión entre los aspectos teóricos y la experiencia práctica, lo cual puede ser corroborado con los datos obtenidos del grupo B sobre el *quiz*.

Una de las limitantes en los últimos años respecto al empleo de este tipo de tecnologías es la resistencia del profesorado a la inclusión de RA en su didáctica, así como la exploración de nuevos modelos de enseñanza y apoyo de las instituciones (Bitner & Bitner, 2002). En el caso de la presente investigación, la institución apoyó en la realización de esta clase de proyectos, lo cual permitirá que en un futuro los docentes de la academia de ciencias experimentales incorporen estas estrategias en sus sistemas de evaluación y enseñanza.

La evidencia actual sobre la evaluación de proyectos educativos que usan RA es muy heterogénea; por ejemplo, Swan y Gabbard (2009) afirman que solo 8% de las investigaciones publicadas sobre RA incluyen evaluaciones formales, y una de las razones es la falta de métodos adecuados para las diversas interfaces de la RA (Dünser & Billinghamurst, 2011). Este estudio utilizó una rúbrica que permitió valorar el proyecto de RA articulado con la interfaz de la aplicación que, en este caso, fue HP Reveal®. La evaluación que hicimos a los alumnos arrojó datos de tipo cuantitativo, los cuales podrían ser solo una aproximación numérica, pero de alta significancia para los alumnos, como lo explica Da Silva *et al.* (2019) en su revisión sistemática de las perspectivas de cómo evaluar las herramientas tecnológicas de RA empleadas en la educación.

El diseño del sistema de evaluación resultó complejo, pues en la literatura se sugiere la inclusión de instrumentos con naturaleza variada (cuali- y cuanti-) (Da Silva *et al.*, 2019); en este trabajo, recurrimos a dos instrumentos de ambas naturalezas (rúbrica y examen rápido); sin embargo, se requiere mejorar la consistencia interna de los instrumentos como recomendación

para intervenciones futuras con RA, ya que, así, la emisión de los resultados tendrá una mayor solidez.

CONCLUSIÓN

Las preguntas de investigación quedaron resueltas al constatar que el uso de RA en la enseñanza de la química orgánica mejora la identificación de fórmulas químicas, así como la nomenclatura de compuestos orgánicos; de la misma manera, el nivel de alcance promedio de los proyectos de los alumnos fue suficiente y un buen trabajo de acuerdo con la rúbrica empleada.

Algunas de las limitaciones que identificamos fueron:

- El diseño metodológico: aludimos a una plurimetodología que permita la inclusión de instrumentos con naturaleza mixta (cuali- y cuanti-), así como un diseño muestral de carácter estadístico, con la finalidad de mejorar los resultados y su grado de confiabilidad.
- El valor de la consistencia interna (fiabilidad) de la rúbrica empleada en la evaluación del proyecto fue bajo, ya que obtuvimos un alfa de Cronbach del 0.686, cercano al 0.7; no obstante, recomendamos estudios futuros para mejorar el constructo y el nivel de confiabilidad del instrumento.
- Las competencias digitales en el estudiante resultaron ser un reto para ellos, ya que algunos poseen habilidades de edición básicas y digitalización de contenido, lo cual revela un área de oportunidad para el trabajo futuro con RA.
- La disponibilidad de plataformas y aplicaciones para el diseño de proyectos educativos con RA sigue limitada; también se requiere, en ocasiones, una promoción específica de competencias digitales en los usuarios, como conocimientos de edición de videos, imágenes y audio.

Para concluir, podemos afirmar que la realización de proyectos con RA en alumnos de

bachillerato mejora las condiciones de aprendizaje en el área de la química orgánica mediante la identificación de fórmulas y nomenclatura de compuestos. Además, la inclusión de tecnologías emergentes propias de la educación 4.0 permite un acercamiento más adecuado al desarrollo de habilidades y competencias educativas específicas en la enseñanza de las ciencias experimentales y su futuro prometedor. *a*

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arloon. (2017). Arloon Chemistry: AR. Recuperado de: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Arloon.Chemistry.AR&hl=es_MX
- Behmke, D.; Kerven, D.; Lutz, R. & Paredes, J. (2018). Augmented reality chemistry: Transforming 2-D molecular representations into Interactive 3-D structures. *Memorias del Congreso Interdisciplinario en Enseñanza y Aprendizaje del STEM*. Georgia Southern University: Georgia, EUA.
- Bitner, N. & Bitner, J. (2002). Integrating technology in the classroom: Eight Keys to success. *Journal of Technology and Teaching Education*, 10(95), 95-100.
- Cabero, J. y Barroso, J. (2013). La utilización del juicio de expertos para la evaluación de TIC: el coeficiente de competencia externa. *Bordón*, 25-38.
- Cai, S.; Wang, X. & Feng, K. (2014). A case study of augmented reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behaviour*, 37, 31-40.
- Celina, H. y Campo, A. (2005). Aproximación al uso de coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4), 572-580.
- Chen, Y. (2013). *Learning protein structure with peers in an AR enhanced learning environment*. Memoria de tesis (doctorado). University of Washington.
- Da Silva, M.; Teixeira, J.; Cavalcante, P. & Teichrieb, V. (2019). Perspectives on how to evaluate augmented reality technology tools for education: A systematic review. *Journal of the Brazilian Computer*, 25(3), 1-18.
- Dáskalos. (2015). *Dáskalos Chemistry: Interactive science teacher for augmented reality*. Recuperado de: <https://prefrontalcortex.de/labs/daskalos/periodicSystem.pdf>. Dinamarca, European Regional Development Fund (ERDF).
- De la Iglesia, M. (2019). Caja de herramientas 4.0 para el docente en la era de la evaluación por competencias. *Innovación Educativa*, 19(80), 93-112.
- Dünser, A. & Billinghamurst, M. (2011). *Evaluating augmented reality systems*. Springer New York, NY.
- Fernández, J. (2015). Rúbricas para la evaluación de proyectos sobre realidad aumentada. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/JoseLuisFernandez3/rbricas-para-la-evaluacin-de>
- Gómez, I. (2017). *Posibilidad didáctica de la realidad aumentada*. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional. Recuperado de: <https://www.ipn.mx/assets/files/innovacion/docs/libros/solo-ensayo/vol-II/Posibilidad-didactica-de-la-Realidad-Aumentada.pdf>
- Hernández, J.; Pérez, C. y Reséndiz, N. (2017). El aprendizaje de las habilidades digitales en el bachillerato: entrelazar las actividades cotidianas con el estudio usando tecnologías digitales. *Memorias del XIV Congreso Nacional de Investigación Educativa*. San Luis Potosí, México. Consejo Mexicano de Investigación Educativa.
- Jiménez, Z. (2019). Teaching and learning chemistry via augmented and immersive virtual reality. *Technology Integration in Chemistry Education and Research (TICER)*. Chicago: ACS publications
- Larngear. (2012). Atomic structure AR learning gear. Tailandia: LarngearTech. Recuperado de: <http://larngeartech.com/products/atomic-structure-ar-learning-gear/>
- Linowes, J., Babilinski, K. (2017). *Augmented Reality for Developers*. Birmingham Packt Publishing: Reino Unido
- Maier, P.; Tönnis, M. & Klinker, G. (2009). Dynamics in tangible chemical reactions. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Chemical and Molecular Engineering*, 3(9), 442-448.
- Martínez, H.; García, A. y Escalona, J. (2017). Augmented reality models applied to chemistry education on college. *Revista Cubana de Química*, 29(1), 13-25.
- Medina, L.; Aguilar, G.; Angelo, L.; Ruiz, S. y Alencastre, M. (2017). *Visualización matemática con realidad aumentada: cálculo multivariado*. Fondo Novus. Monterrey: México, ITESM.

- Merino, C.; Pino, S.; Meyer, E.; Garrido, J. y Gallardo, F. (2015). Realidad aumentada para el diseño de enseñanza-aprendizaje en química. *Educación Química*, 26(2), 94-99.
- Ministère de L'Économie et des Finances. (2019). *Prospective: industrie du futur-Secteurs de la chimie et du papier-carton: amélioration des outils de production eta apport du numérique*. Recuperado de: https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/etudes-et-statistiques/prospective/chimie/15-03-Chimie-Papier-Rapport-COMPLET.pdf
- Neira, I.; Ibáñez, M. y López, M. (2017). Proceso de validación de una rúbrica diseñada con el enfoque socioformativo. *Memorias del XIV Congreso Nacional de Investigación Educativa*. San Luis Potosí, México. Consejo Mexicano de Investigación Educativa.
- Nechypurenko, P.; Semerikov, S.; Selivanova, T.; Shenaya, T. (2016). Information and communication tools for pupils research competence formation at chemistry profile learning. *Information Technologies and Learning Tools*. 56(6). pp.10-29.
- Nechypurenko, P.; Starova, T.; Selivanova, T.; Tomilina, A. & Uchitel, A. (2018). Use of augmented reality in chemistry education. *Memoires of 1st International Workshop on Augmented Reality in Education*. Kryvyi Rih, Ucrania. Kryvyi Rih State Pedagogical University.
- Pérez, Y. y Chamizo, J. (2016). Análisis curricular de la enseñanza química en México en los niveles preuniversitarios. Parte II: La educación media superior. *Educación Química*, 27, 182-194.
- Ruiz, R. y Ríos, M. (2014). Incorporación de modelos 3D manipulables en la materia de Estática en eBooks y realidad aumentada. *Memorias del I Congreso Internacional de Innovación Educativa*. Ciudad de México: ITESM.
- Ruiz, S. (2019). Enseñanza de la anatomía y la fisiología a través de las realidades aumentada y virtual. *Innovación Educativa*, 19(79), 57-76.
- SEP. (2017). Dirección General de Bachillerato. Programa de estudios: Química II. México: Subsecretaría de Educación Media Superior.
- Sommerauer, P. & Müller, O. (2014). Augmented reality in informal learning environments: A field experiment in a mathematics exhibition. *Computers & Education*, 79, 59-68.
- StudyMarvel. (2016). *Immersive Chemistry*. Recuperado de: <http://myvirtualspaceapp.com/>
- Suárez, F. y González, E. (2016). Transferencia de conocimiento procedural asistido por RA: casos de ensamble de regulador-válvula de paro de CFM56, de motor de RF y de ala de RV. *Memorias del II Congreso Internacional de Innovación Educativa*. Ciudad de México: ITESM
- Swan, J. & Gabbard, J. (2009). Survey of user-based experimentation in augmented reality. *Memorias del I Congreso Internacional en Realidad Aumentada*. Louisiana, EUA.
- Virtual Space. (2017). *AR and VR molecules editor free*. Recuperado de: <http://myvirtualspaceapp.com/>
- Welch, S. y Comer, J. (1988). *Quantitative Methods for Public Administration: Techniques and Applications*. Books/Cole Publishing Co: EUA.
- Zárate, M.; Mendoza, C.; Aguilar, H. y Padilla, J. (2013). Marcadores para la realidad aumentada para fines educativos. *ReCIBE*, 2(3), 1-17.

Este artículo es de acceso abierto. Los usuarios pueden leer, descargar, distribuir, imprimir y enlazar al texto completo, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO:

Ruiz Cerrillo, Salvador. (2020). Realidad aumentada y aprendizaje en la química orgánica. *Apertura*, 12(1), pp. 106-117. <http://dx.doi.org/10.32870/Ap.v12n1.1853>