

07

USO DE LA REALIDAD VIRTUAL PARA LA ENSEÑANZA DE MACROMOLÉCULAS EN ESTUDIANTES DE QUÍMICA A NIVEL UNIVERSITARIO

USE OF VIRTUAL REALITY FOR TEACHING MACROMOLECULES IN CHEMISTRY STUDENTS AT THE UNIVERSITY LEVEL

Sedolfo Jose Carrasquero Ferrer¹

E-mail: scarrasquero@uteg.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4725-963X>

Gabriel Vaca Suárez¹

E-mail: gvaca@uteg.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5552-1848>

¹Dirección de Innovación y Desarrollo. Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil (UTEG)

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Carrasquero Ferrer, S. J., Vaca Suárez, G. (2024). Uso de la realidad virtual para la enseñanza de macromoléculas en estudiantes de Química a nivel universitario. *Revista Conrado*, 20(96), 68-76.

RESUMEN

La realidad virtual es prometedora como tecnología prospectiva para la educación química, ya que tiene la capacidad de satisfacer los requisitos simultáneos de las instituciones académicas y sector industrial. El objetivo de la investigación fue determinar la percepción de estudiantes universitarios sobre el uso de la realidad virtual (RV) en el aprendizaje de macromoléculas. El presente estudio se enmarcó en un nivel aprehensivo, alcance descriptivo y un diseño de campo. La estructura metodológica seguida consistió en tres aspectos, que comprendieron, el diseño de la actividad de laboratorio virtual para el reconocimiento de compuestos químicos, la realización de la actividad con los estudiantes, y la medición de la percepción a través de un cuestionario modelo de aceptación tecnológica. El núcleo de este laboratorio lo constituyeron seis dispositivos Meta Quest 2 Advanced All-in-One Virtual Reality Headset, cada uno equipado con 128 GB de capacidad. En la investigación participaron 42 estudiantes del primer semestre de Química. De acuerdo a los resultados obtenidos, el 80%, del alumnado expresó con confianza su creencia de que la incorporación de la RV en sus actividades educativas arrojará resultados positivos en lo que respecta a la comprensión y el rendimiento en el ámbito de la Química. De igual manera, 91% por ciento de los encuestados aseguraron que les gustaría que se incorporarán más actividades de RV. Se concluye que, al integrar la tecnología de la RV en el entorno educativo, se espera que los estudiantes posean la capacidad de comprender principios complejos como enlaces, orbitales y estructuras químicas.

Palabras clave:

Enseñanza de la Química, macromoléculas, tecnología de realidad virtual.

ABSTRACT

Virtual reality is promising as a prospective technology for chemistry education, as it has the ability to satisfy the simultaneous requirements of academic institutions and industrial sector. The objective of the research was to determine the perception of university students about the use of virtual reality (VR) in learning macromolecules. The present study was framed at an apprehensive level, descriptive scope and a field design. The methodological structure followed consisted of three aspects, which included the design of the virtual laboratory activity for the recognition of chemical compounds, carrying out the activity with the students, and measuring perception through an acceptance model questionnaire. technological. The core of this laboratory was six Meta Quest 2 Advanced All-in-One Virtual Reality Headset devices, each equipped with 128 GB of capacity. 42 students from the first semester of Chemistry participated in the research. According to the results obtained, 80% of the students confidently expressed their belief that the incorporation of VR in their educational activities will yield positive results in terms of understanding and performance in the field of Chemistry. Likewise, 91% percent of those surveyed said they would like to see more VR activities incorporated. It is concluded that by integrating VR technology into the educational environment, students are expected to possess the ability to understand complex principles such as bonds, orbitals, and chemical structures.

Keywords:

Teaching chemistry, macromolecules, virtual reality technology.

INTRODUCCIÓN

La importancia de los experimentos y las habilidades de laboratorio está universalmente aceptada en la educación universitaria en ciencias. Sin embargo, a menudo los recursos didácticos limitan la cantidad de ejercicios prácticos que pueden incluirse en el plan de estudios (Hu et al., 2017). Aunque se reconoce ampliamente que el aprendizaje de habilidades prácticas de laboratorio requiere suficiente formación práctica, en la universidad también se estudian y utilizan cada vez más diferentes tipos de actividades de realidad virtual y materiales digitales de aprendizaje.

En el ámbito de la educación en Química, los laboratorios virtuales se utilizan ampliamente para la formación de químicos industriales y estudiantes universitarios en un entorno seguro e interactivo (Domingues et al., 2010; Viitaharju et al., 2023). Los experimentos virtuales suelen requerir menos tiempo de configuración y, por lo tanto, permiten a los usuarios realizar varios experimentos en un corto período de tiempo (Ramírez et al., 2020). Seifan et al. (2020) desarrollaron un laboratorio virtual de ingeniería de bioprocesos para estudiantes universitarios de ingeniería química, encontrando que más del 90% de los estudiantes encontraron que el laboratorio de fermentación era eficaz para realizar experimentos prácticos de forma virtual.

La realidad virtual (RV) se define como un entorno artificial que se experimenta a través de estímulos sensoriales, como imágenes y sonidos, proporcionados por una computadora y en el que las acciones de uno determinan parcialmente lo que sucede en el entorno (Coyne et al., 2019). La enseñanza utilizando RV es una medida importante de adaptación a los nuevos cambios tecnológicos, lo cual es de gran importancia para el desarrollo de las universidades (De Vries et al., 2019).

Una cantidad considerable de investigadores ha utilizado la RVI como una herramienta educativa, particularmente en el ámbito de la ciencia, obteniendo resultados positivos en este aspecto. (Silva et al., 2021). Además, existen evidencias de que el uso de la RVI en la educación tiene un impacto positivo en habilidades como las representaciones espaciales, el aprendizaje experiencial y la motivación por el aprendizaje (Chang et al., 2019; Cheng y Tsai, 2020)

Los materiales de aprendizaje de realidad virtual ofrecen un método poderoso para mejorar la educación práctica en el laboratorio (Glasse y Magalhães, 2020) al permitir a los estudiantes actuar en un entorno libre de riesgos, aumentar su motivación y ofrecer oportunidades de aprendizaje más flexibles (Formella et al., 2022). Potentes

dispositivos electrónicos de consumo, software de creación de contenido fácil de usar y crecientes habilidades digitales de los docentes son algunos de los factores que han aumentado la utilización de nuevos materiales de aprendizaje práctico (Ferrell et al. 2019).

La realidad virtual es una tecnología potencial para la educación en química que puede satisfacer las necesidades paralelas tanto de la universidad como de la industria. La RV se puede utilizar para desarrollar plataformas de práctica virtual a escala industrial que ayudarían a mejorar la comprensión general de las plantas de proceso (Ouyang et al., 2018). Además, la realidad virtual se puede utilizar para replicar escenarios potenciales, incluidos el arranque, el apagado de emergencia, escenarios inseguros y peligrosos, que se pueden visualizar y reproducir varias veces en entornos seguros, guiados y rentables (Gani et al., 2020).

Además, al emplear la tecnología de realidad virtual para observar moléculas, se puede mejorar la comprensión de la composición molecular de las sustancias. Por ejemplo, al utilizar la carga proteica, los estudiantes pueden examinar las configuraciones y los arreglos jerárquicos de las proteínas, lo que les permite comprender mejor su interconectividad con sus funciones respectivas.

El objetivo de la investigación fue determinar la percepción de estudiantes universitarios cursantes de Química sobre el uso de la realidad virtual en el aprendizaje de macromoléculas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se enmarcó en un nivel aprehensivo, con alcance descriptivo y un diseño de campo. En la investigación participaron 42 estudiantes cursantes de la asignatura Química en el primer semestre de las Facultades de Ciencias de la Salud de la Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil (UTEG), Ecuador. La estructura metodológica seguida consistió en tres aspectos, que comprendieron: 1. El diseño de la actividad de laboratorio virtual para el reconocimiento de compuestos químicos como estrategia didáctica para la conceptualización de macromoléculas consistió en la preparación de los equipos de laboratorio, 2. La realización de la actividad con los estudiantes, y 3. La medición de la percepción a través de un cuestionario modelo de aceptación tecnológica, el cual se construyó utilizando una escala Likert y modificando los instrumentos propuestos por (Fernández, 2017; Betancur, 2022). El cuestionario constó de 21 preguntas en cinco dimensiones: utilidad percibida, facilidad de uso, disfrute percibido, actitud hacia el uso e intención de usarla. Los resultados fueron

estudiados utilizando estadística descriptiva y un análisis de varianza realizando la prueba no paramétrica de Mann-Whitney U utilizando el software SPSS versión 26.0.

Como primera fase, se llevaron a cabo adecuaciones en las instalaciones del Laboratorio de Realidad Virtual de la Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil (UTEG), con el propósito de implementar una infraestructura tecnológica avanzada que elevara la experiencia educativa de los estudiantes. En consonancia con las tendencias educativas actuales, se integró la realidad virtual como una herramienta esencial para la enseñanza de conceptos complejos.

El núcleo de este laboratorio lo constituyen seis dispositivos Meta Quest 2 Advanced All-in-One Virtual Reality Headset, cada uno equipado con 128 GB de capacidad (Figura 1). Estos visores ofrecen una experiencia inmersiva de alta calidad, permitiendo a los estudiantes interactuar con entornos virtuales y llevar a cabo actividades prácticas de laboratorio sin restricciones físicas. Es importante resaltar que estos dispositivos funcionan de manera independiente, eliminando la necesidad de estar conectados a una computadora. Con potentes capacidades de procesamiento y gráficos integrados, los Meta Quest 2 brindan una experiencia de realidad virtual autónoma, permitiendo a los usuarios sumergirse en entornos virtuales sin ataduras físicas. Su diseño ergonómico y su capacidad de rastreo de movimiento proporcionan una interacción natural y envolvente, contribuyendo significativamente a la calidad de la experiencia educativa en el laboratorio de realidad virtual.

La conectividad y el rendimiento del laboratorio se respaldan mediante routers Linksys E8450 Dual-Band Wi-Fi 6, asegurando una conexión estable y de alta velocidad para facilitar actividades en línea y la conexión con pantallas dispuestas estratégicamente. Cada visor cuenta con una pantalla empotrada en la pared, siendo un televisor de 43 pulgadas con Android 11.0, Chrome Cast, Bluetooth 5.0, Google TV y Dolby Audio. Figura 1

Fig 1: Esquema del laboratorio de realidad virtual (RV)



Fuente: Elaboración propia

En términos de hardware de computación, el laboratorio dispone de una potente computadora dedicada para diseñar y ejecutar entornos virtuales de manera fluida. Esta cuenta con un procesador Intel Core i9-13900K de 13va generación, memoria RAM de 32 GB y una tarjeta gráfica NVIDIA RTX 3090 de 24GB DDR6, proporcionando un entorno de trabajo eficiente y optimizado.

En la segunda fase, se establecieron espacios de formación para inducir a los participantes, asegurando así el acceso y uso efectivo de la plataforma virtual por todas las personas involucradas en el proceso educativo.

Posteriormente, el alumnado comenzó las sesiones en el laboratorio de realidad virtual según la programación de las actividades de la universidad, en correspondencia con el desarrollo del sílabo de la asignatura (Figura 2). Se integraron los contenidos de la **Unidad IV. Introducción a las biomoléculas** en tres sesiones de aprendizaje.

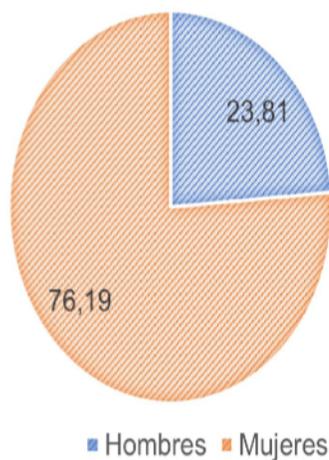
Se utilizó la plataforma de realidad virtual Nanome Visualiza, que diseña y simula compuestos químicos y proteínas para analizar su estructura y tener un mejor entendimiento de la relación entre estructura y funcionamiento,

Cada actividad resalta la participación del docente tutor y estudiantes e implica un encuentro en RV con el siguiente objetivo pedagógico: Configurar la estructura de biomoléculas como carbohidratos, proteínas y lípidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

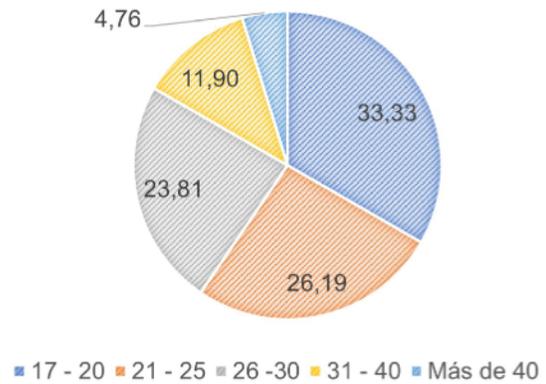
Los estudiantes que formaron parte del estudio correspondieron a estudiantes cursantes de la asignatura de Química en el primer semestre en la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil (UTEG). El 76,19% correspondieron a mujeres, mientras que el 23,81% fueron hombres Figura 2. En cuanto a la edad, 33,33% de los estudiantes corresponden al grupo entre 17 y 20 años Figura 3.

Fig. 2: Distribución de estudiantes por sexo



Fuente: Elaboración propia

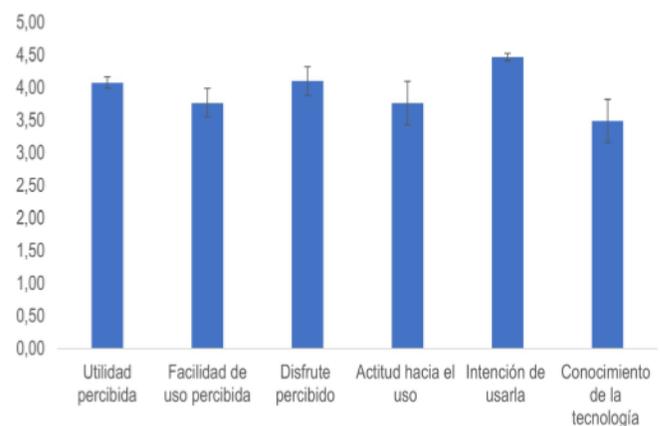
Fig. 3: Distribución de estudiantes por edades



Fuente: Elaboración propia

La Figura 4 muestra el nivel de percepción de los estudiantes con respecto al uso de la tecnología de la RV en el aula. La dimensión que presentó el mayor puntaje (4,46) fue la intención de usar la tecnología. Esta dimensión hace referencia a que el estudiante se siente motivado a continuar usando este tipo de tecnologías en la asignatura, e incluso en otras de su malla curricular. En relación con este tema, varios estudiosos de diversos campos académicos han llegado a un consenso en cuanto a que la utilización de tecnologías virtuales es responsable de fomentar una motivación y mentalidad constructiva que se manifiesta como un mayor entusiasmo hacia el proceso de adquisición de conocimiento (Cabrero y Fernández, 2018; Comas et al., 2017; Hernández et al., 2018).

ig. 4: Comparación de las dimensiones evaluadas en el análisis de percepción de los estudiantes con respecto al uso de la tecnología de RV



Barras de error expresan la desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al resto de las dimensiones, Utilidad percibida y disfrute percibido presentaron calificaciones mayores a 4, por lo que los estudiantes estuvieron de acuerdo del beneficio de la RV en el proceso de aprendizaje de conceptos complejos como estructuras proteicas, y, además, manifestaron divertirse en el proceso. Resultados similares fueron encontrados por Zuñe et al. (2023), quienes demostraron un nivel notable de participación y comodidad para los usuarios de una experiencia de RV, el 94% de los estudiantes mostraron gran interés y afirmaron que la RV mejoraba el proceso educativo.

Las dimensiones que presentaron los menores valores medios fueron el conocimiento de la tecnología (3,49), facilidad de uso percibida (3,76) y actitud hacia el uso (3,76). Se obtuvo que los estudiantes conocen de la tecnología, pero no la asocian con una experiencia educativa de aprendizaje de ciencias exactas como Química. De igual manera, considera que es una tecnología costosa y que no está al alcance de todos. debido al costo. Al respecto, Silva et al. (2002) aseguran una falta de conciencia en los estudiantes sobre las implicaciones financieras de los cascos de realidad virtual (VR), que han disminuido significativamente debido a los avances en la tecnología. Desde la aparición de los auriculares autosuficientes que no requieren un ordenador de alto rendimiento, los gastos asociados a dichos dispositivos informáticos han disminuido.

En cuanto a la percepción estudiantil por sexo, la Tabla 1 muestra la comparación entre estudiantes hombres y mujeres. Se obtuvieron diferentes significativas en las dimensiones facilidad de uso y conocimiento de la tecnología. En los estudiantes varones se obtuvo una calificación de 4,20, superior a la reportada para las estudiantes mujeres que presentaron un valor medio de 3,10. Esta diferencia puede deberse a que los estudiantes hombres tienen mayor experiencia en el uso de videojuegos con este tipo de tecnologías. Ricoy y Ameneiros (2015) encontraron que los hombres presentan una mayor frecuencia en el uso de videojuegos, llegando a dedicar hasta siete horas diarias. Para el resto de las dimensiones no se encontraron diferencias significativas.

Tabla 1: Percepción estudiantil del uso de la tecnología de RV por sexo

Dimensión	TOTAL		MUJERES		HOMBRES		p
	Valor medio	DE	Valor medio	DE	Valor medio	DE	
Utilidad percibida	4.07	0.08	3,95	0,34	4,25	0,50	0,839
Facilidad de uso percibida	3.76	0.22	3,33	0,23	4,56	0,19	0,044
Disfrute percibido	4.10	0.22	3,93	0,30	4,33	0,08	0,689
Actitud hacia el uso	3.76	0.33	4,13	0,16	4,56	0,19	0,456
Intención de usarla	4.46	0.06	4,20	0,08	4,56	0,19	0,053
Conocimiento de la tecnología	3.49	0.33	3,10	0,30	4,20	0,08	0,032

DE=Desviación estándar. N=Número de estudiantes. $N_{total}=42$. $N_{mujeres}=32$. $N_{hombres}=10$. p=Valor p para un análisis de varianza realizado con prueba no paramétrica de Mann-Whitney U

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos del cuestionario aplicada para cada una de las proposiciones del cuestionario por dimensión evaluada. En un análisis particular para cada dimensión medida se obtuvo que los estudiantes expresaron estar de acuerdo con el uso de la RV en la asignatura. Se obtuvo que 80% de los estudiantes aseguraron que la integración de la realidad virtual (VR) en sus actividades educativas producirá resultados favorables en términos de comprensión y rendimiento en la disciplina de la Química. Al incorporar esta tecnología innovadora a su experiencia en el aula, se prevé que puedan comprender conceptos complejos como los enlaces, las estructuras químicas y las macromoléculas. Suno et al. (2023) han implementado la RV como herramienta educativa en química para la enseñanza de los orbitales atómicos del hidrógeno.

Estos resultados son similares a los reportados por Viitaharju et al. (2023) quienes reportaron en un estudio de laboratorios con RV que la mayoría de los estudiantes estuvo de acuerdo con los múltiples beneficios que se alcanzaban con el uso de la RV. Este estudio demostró que más del 70% de los estudiantes afirmó que la comprensión general del trabajo mejoró después de asistir al laboratorio virtual, como también lo demuestran los hallazgos de Gautam et al. (2016).

Tabla 2. Percepción estudiantil para las dimensiones: Utilidad percibida, facilidad de uso percibida y disfrute percibido

Dimensión	Pregunta	Media	Desviación estándar	Valor máximo	Valor mínimo
Utilidad percibida	El uso de la RV mejorará mi aprendizaje y rendimiento en la asignatura Química	4,00	1,15	5	2
	El uso de este sistema de RV durante las clases me facilitaría la comprensión de conceptos como enlaces, estructuras químicas, y macromoléculas	4,14	1,07	5	2
	Creo que el sistema de RV es útil cuando se está aprendiendo	4,14	1,21	5	2
Facilidad de uso percibida	Con el uso de RV aumentaría mi rendimiento.	4,00	0,82	5	3
	Creo que el sistema de RV es fácil de utilizar	3,71	1,50	5	1
	Aprender a usar el sistema de RV no es un problema para mi	4,00	1,15	5	2
	Aprender a usar el sistema de RV es claro y comprensible	3,57	0,98	5	2
Disfrute percibido	Utilizar el sistema de RV es divertido	4,14	1,07	5	2
	Disfrute con el uso del sistema de RV	3,86	0,90	5	2
	Creo que el sistema de RV permite aprender jugando	4,29	1,11	5	2

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al disfrute percibido al usar la RV, 80% de los alumnos aseguraron que aprender a usar el sistema no sería un problema. De igual manera, 83% de los estudiantes consideraron que es posible aprender jugando. Al respecto, Viitaharju et al. (2023) reportó en un estudio similar que solo el 2% de los estudiantes encuestados (162) consideró aburridas las sesiones.

Con respecto a la facilidad de uso, 71% de los alumnos aseguraron que el uso del sistema de RV era claro y comprensible, y 80% consideraron que no representaría un problema aprender más sobre su uso.

La Tabla 3 presenta la comparación de los valores medios obtenidos para las dimensiones actitud hacia el uso, intención de usarla y conocimiento de la tecnología. El aspecto que presentó la mayor puntuación (4,53) fue el relacionado con el uso continuo de la tecnología en la Institución de Educación Superior. En este sentido, 91% por ciento de los estudiantes aseguraron que les gustaría que se incorporarán más actividades de RV, incluso para aprender otros conceptos de la química. (Ferrell et al., 2019; Pietikäinen et al., 2021) han utilizado la realidad virtual para presentar modelos moleculares 3D a los estudiantes para elaborar las estructuras y reacciones moleculares.

Tabla 3. Percepción estudiantil para las dimensiones: Actitud hacia el uso, intención de usarla, conocimiento de la tecnología.

Dimensión	Pregunta	Media	Desviación estándar	Valor máximo	Valor mínimo
Actitud hacia el uso	El uso de un sistema de RV hace que el aprendizaje sea más interesante	4,29	1,11	5	2
	No me he aburrido utilizando el sistema de RV	4,43	1,13	5	3
	Creo que el uso de un sistema de RV en el aula es buena idea.	4,43	1,13	5	2
Intención de usarla	Me gustaría utilizar en el futuro el sistema de RV si tuviera oportunidad	4,43	1,13	5	2
	Me gustaría utilizar el sistema de RV para aprender química con otros temas.	4,43	1,13	5	2
	Me gustaría que en mi instituto hicieran más actividades con Realidad Virtual Inmersiva	4,53	1,13	5	2

	Cuando me hablan del Metaverso comprendo de que se trata	3,29	1,11	5	2
	He oído hablar de la existencia de laboratorios virtuales de Realidad Virtual Inmersiva	3,71	1,11	5	2
Conocimiento de la tecnología	La tecnología de Realidad Virtual Inmersiva, por su alto precio, está solo al alcance de unos pocos	3,71	1,38	5	1
	Conozco la tecnología de Realidad Virtual Inmersiva	3,00	1,29	5	1
	La Realidad Virtual Inmersiva podría permitirme reunirme con mis amigos/as o compañeros/as sin estar juntos físicamente	3,71	1,50	5	1

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la percepción del aprendizaje, 86% de los alumnos que participaron en el estudio aseguraron que el aprendizaje con RV se hace más interesante. Al respecto, Su y Cheng explican que el uso de este tipo de tecnologías potencia la estimulación hacia el aprendizaje, es decir, la educación con RV virtual tiene un papel beneficioso en la motivación (Su y Cheng, 2019).

De todos los aspectos consultados, el que presento la menor calificación fue el relacionado con el conocimiento previo de la realidad virtual inmersiva. 40% de los estudiantes no conocían la RV antes de la experiencia. De hecho, 26% no había oído de esta tecnología y 34% no comprende el concepto de metaverso. Al respecto, Zuñe et al. (2023) afirman que el ámbito de la realidad virtual (VR) permanece relativamente inexplorado en el contexto de la educación superior. Varios estudiosos han destacado la insuficiencia de la investigación empírica sobre la practicidad de la realidad virtual en los entornos educativos (Garay et al., 2017), así como de la cantidad limitada de investigaciones que garantizan la estimulación comunicativa de los usuarios (Pérez y López, 2021), y el interés de la comunidad científica involucrada en la enseñanza usando RV ha ido en aumento (Mariscal et al., 2020).

En relación, al costo y acceso a los dispositivos de RV, 74% de los estudiantes consideraron que, debido a su costo exorbitante, solo unos pocos tienen acceso a esta tecnología de vanguardia. Sin embargo, los costos de producción de los dispositivos de RV han disminuido en los últimos años, lo que ha permitido que el público abierto logre usar la RV. Lara et al. (2019) explicaron que, con un precio minorista de 249 dólares para el Kinect, 399 dólares para el Oculus Rift, 499 dólares para el HTC Vive y 299 dólares por el PlayStation VR, la realidad virtual es una experiencia alcanzable como nunca antes.

Cabe destacar que para participar en una experiencia de RV con un nivel de inmersión satisfactorio, no basta con poseer una mera herramienta de software; es imprescindible poseer una colección de dispositivos esenciales que permitan el acceso. Sin lugar a dudas, el progreso de

los dispositivos de interacción para vehículos autónomos está intrínsecamente vinculado a los avances en el hardware, que han permitido aumentar los niveles de inmersión. En consecuencia, esta expansión ha ampliado aún más la ya amplia gama de posibles aplicaciones para la realidad virtual y otros entornos virtuales.

Se agradece al programa de fortalecimiento de iniciativas empresariales en universidades ecuatorianas (FSPI), de la Embajada de Francia en Ecuador y el Ministerio para Europa y de Asuntos Exteriores de Francia por el financiamiento de la investigación.

CONCLUSIONES

La realidad virtual motivó a los estudiantes y les facilitó la adquisición de conocimientos. Los estudiantes mostraron gran interés y afirmaron que el uso de la realidad virtual mejoraba el proceso educativo.

Se obtuvieron diferentes significativas entre la percepción de estudiantes varones y mujeres en las dimensiones facilidad de uso y conocimiento de la RV, debido a que hombres tienen mayor experiencia en el uso de videojuegos con este tipo de tecnologías.

Los alumnos que participaron en el estudio aseguraron que el aprendizaje con RV se hace más interesante. Además, estuvieron de acuerdo del beneficio de la RV en el proceso de aprendizaje de conceptos complejos como estructuras proteicas, y, manifestaron divertirse en el proceso

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Betancur, W. (2022). *Percepción del aprendizaje de anatomía del neurocráneo con realidad virtual en los estudiantes de pregrado de primer semestre de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Institución Universitaria Escuela Colombiana de Rehabilitación*. [Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de: Magister en Morfología Humana. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia].

- Cabero, J. y Fernández, B. (2018). Las tecnologías digitales emergentes entran en la Universidad: la Realidad Aumentada y la Realidad Virtual. *RIED: Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 21(2), 119-138. [10.5944/ried.21.2.20094](https://doi.org/10.5944/ried.21.2.20094)
- Chang, S., Hsu, T., Kuo, W., Jong, M. (2019). Effects of applying a VR-based two-tier test strategy to promote elementary students' learning performance in a Geology class. *British Journal of Educational Technology*, 51(1), 148-165.
- Cheng, K., Tsai, C. (2020). Students' motivational beliefs and strategies, perceived immersion and attitudes towards science learning with immersive virtual reality: A partial least squares analysis. *British Journal of Educational Technology*, 51(6):2139-2158.
- Comas, Z. V., Echeverri, I. C., Zamora, R., Vélez, J., Sarmiento, R., & Orellana, M. L. (2017). Tendencias recientes de la educación virtual y su fuerte conexión con los entornos inmersivos. *Espacios*, 38(15).
- Coyne, L., Merritt, T., Parmentier, B. Sharpton, R., & Takemoto, J. (2019). The Past, Present, and Future of Virtual Reality in Pharmacy Education. *Am J Pharm Educ.*, 83 (3), 7456. <https://doi.org/10.5688/ajpe7456>
- De Vries, L. & May, M. (2019). Virtual laboratory simulation in the education of laboratory technicians-motivation and study intensity. *Biochem. Mol. Biol. Educ.*, 47(3): 257-262. <https://doi.org/10.1002/bmb.21221>
- Domingues, L., Rocha, I., Dourado, F., Alves, M., & Ferreira, E. (2010). Virtual laboratories in (bio) chemical engineering education. *Educ. Chem. Eng.*, 22-27. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2010.02.001>
- Fernández, B. (2017). *Aplicación del modelo de aceptación tecnológica al uso de la realidad aumentada en estudios universitarios*. [Tesis Doctorado. Universidad de Córdoba, España].
- Ferrell, J., Campbell, J., McCarthy, D., McKay, K., Hensinger, M., Srinivasan, R., Zhao, X., Wurthmann, A., Li, J., & Schneebeli, S. (2019). Chemical exploration with virtual reality in organic teaching laboratories J. *Chem. Educ.*, 96, 1961-1966 <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00036>
- Formella, S., Kleespies, M., & Dierkes, P. (2022). Motivation and technology acceptance in a neuroscience student lab—an empirical comparison between virtual experiments with and without hands-on elements. *Front. Digit. Educ.*, 7, <https://doi.org/10.3389/educ.2022.817598>
- Hernández, V. L., Fernández, K., & Pulido, J. E. (2018). La actitud hacia la educación en línea en estudiantes universitarios. *Revista de Investigación Educativa*, 36(2), 349-364. <https://doi.org/10.6018/rie.36.2.277451>
- Gani, R., Baldyga, J., Biscans, B., Brunazzi, E., Charpentier, J., Drioli, E., Feise, H. (2020). A multi-layered view of chemical and biochemical engineering. *Chem. Eng. Res. Des.*, A133-A145. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2020.01.008>
- Gautam, S., Qin, Z., & Loh, K. (2016). Enhancing laboratory experience through e-lessons. *Educ. Chem. Eng.*, 15, 19-22. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2016.02.001>
- Garay, U., Tejada, E., & Maiz, I. (2017). Valoración de objetos educativos enriquecidos con realidad aumentada: Una experiencia con alumnado de máster universitario. *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación*, 50, 19-31. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2017.i50.01>
- Glasse, J. & Magalhães, F. (2020). Virtual labs – love them or hate them, they are likely to be used more in the future. *Educ. Chem. Eng.*, 33, 76-77. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2020.07.005>
- Hu, W., Lei, Z., Zhou, H., Liu, G., Deng, Q., Zhou, D., & Liu, Z. (2017). Plug-in free web based 3-D interactive laboratory for control engineering education IEEE Trans. *Ind. Electron.*, 64, 3808-3818, <https://doi.org/10.1109/TIE.2016.2645141>
- Lara, G., Santana, A., Lira, A., & Peña, A. (2019). El Desarrollo del Hardware para la Realidad Virtual. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (31), 106-117. <https://doi.org/10.17013/risti.31.106-117>
- Mariscal, G., Jiménez, E., Vivas, M., Redondo, S., & Moreno, S. (2020). Aprendizaje basado en simulación con realidad virtual. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 21, 15-15. <https://doi.org/10.14201/eks.23004>
- Ouyang, S., Wang, G., Yao, J., Zhu, G., Liu, Z., Feng, C. (2018). A Unity3D-based interactive three-dimensional virtual practice platform for chemical engineering. *Comput. Appl. Eng. Educ.*, 26, 91-100, <https://doi.org/10.1002/cae.21863>
- Pérez, M. & López, N. (2021). Realidad aumentada y estimulación de la competencia socio-comunicativa en sujetos con TEA: Revisión de investigaciones. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 21(66). <https://doi.org/10.6018/red.454751>
- Pietikäinen, O., Hämäläinen, P., Lehtinen, J., & Karttunen, A. (2021). VRChem: a virtual reality molecular builder. *Appl. Sci.*, 11 (2021), 10767. <https://doi.org/10.3390/app112210767>
- Ramírez, J., Soto, D., López, S., Akroyd, J., Nurkowski, D., Botero, M., Bianco, N., Brownbridge, G., Kraft, M., & Molina, A. (2020). A virtual laboratory to support chemical reaction engineering courses using real-life problems and industrial software. *Educ. Chem. Eng.*, 36-44. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2020.07.002>
- Seifan, M., Dada, D., Berenjian, A. (2019). The effect of virtual field trip as an introductory tool for an engineering real field trip. *Educ. Chem. Eng.*, 27, 6-11. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2018.11.005>
- Silva, F., Fernández, J., & Carrillo, J. (2021). Uso de Tecnologías Inmersivas y su impacto en las actitudes científico-matemáticas del estudiantado de Educación Secundaria Obligatoria en un contexto en riesgo de exclusión social. *Educar*, 57(1), 119-138. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.1136>

- Silva, F., Vilchez, J., Marfil, R., & Carrillo, J. (2022). Percepciones del estudiantado de Bachillerato sobre uso de Realidad Virtual Inmersiva para la educación científica. *Memorias de los Encuentros Internacionales de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 843 – 848.
- Su, C., & Cheng, T. (2019). A sustainability innovation experiential learning model for virtual reality chemistry laboratory: an empirical study with PLS-SEM and IPMA. *Sustainability*, 11, 1-24.
- Suno, H., Ohno, N. (2023). Virtual Hydrogen, a virtual reality education tool in physics and chemistry. *Procedia Computer Science*, 225, 2283-2291.
- Viitaharju, P., Nieminen, M., Linnera, J., Yliniemi, K., & Karttunen, A. (2023). Student experiences from virtual reality-based chemistry laboratory exercises. *Education for Chemical Engineers*, 44, 191-199. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.06.004>
- Zuñe C. Romero, R., & Idrogo, E. (2023). Percepción estudiantil sobre el uso de una plataforma colaborativa de realidad virtual en el aprendizaje de asignaturas de ciencias. *Educación*, 32(63), 179-203. <https://dx.doi.org/10.18800/educacion.202302.a009>