



Doi: <https://doi.org/10.70577/ASCE/1966.1986/2025>

Recibido: 2025-06-25

Aceptado: 2025-07-25

Publicado: 2025-08-29

Inmersión y Aprendizaje: El Uso de la Realidad Virtual para la Visualización de Procesos Celulares Complejos

Immersion and Learning: Using Virtual Reality to Visualize Complex Cellular Processes

Autores

Dennis Alexander Freire Carvajal¹

dennis.freire@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0009-3989-2898>

Ministerio de Educación del Ecuador

Los Ríos - Ecuador

Christian Edilson Ochoa Torres²

edilson.ochoa@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0000-0937-5405>

Ministerio de Educación del Ecuador

Los Ríos - Ecuador

Nancy Jeaneth Ruiz Cobos³

njrui@utpl.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-6692-7461>

Ministerio de Educación del Ecuador

Los Ríos - Ecuador

Marcela del Pilar Narváez Cazar⁴

marcenarvaez1977@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-5833-0328>

Independiente

Los Ríos - Ecuador

Juana del Carmen Moreira Cedeño⁵

juana.moreira@educacion.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0008-9914-2186>

Ministerio de Educación del Ecuador

Los Ríos - Ecuador

Cómo citar

Freire Carvajal, D. A., Ochoa Torres, C. E., Ruiz Cobos, N. J., Narváez Cazar, M. del P., & Moreira Cedeño, J. del C. (2025). Inmersión y Aprendizaje: El Uso de la Realidad Virtual para la Visualización de Procesos Celulares Complejos. *ASCE*, 4(3), 1966–1986.

Resumen

Este trabajo indaga sobre el efecto de la realidad virtual (RV) en la instrucción de mecanismos celulares complejos, dirigiendo particular atención a la consolidación de la comprensión conceptual y a la pervivencia del conocimiento en el tiempo. Se adoptó un diseño cuasi-experimental de enfoque mixto, con grupo de control que recibe la instrucción tradicional y grupo experimental que se entrena mediante simulaciones inmersivas en RV, reclutando para ello una población de 120 estudiantes universitarios de biología. La aplicación de la intervención consistió en sesiones de enseñanza mediada por escenarios interactivos representados en tres dimensiones, los cuales simulaban organismos celulares a través de procesos como mitosis, síntesis proteica y transporte activo.

Los datos acumulados sugieren que las cohortes sometidas a la intervención inmersiva alcanzaron incrementos estadísticamente relevantes en las evaluaciones post-instrucción ($p < 0.01$), a la vez que manifestaron incrementos en las dimensiones de motivación, engagement y en la autoevaluación de la comprensión espacial. Complementariamente, el discurso emergente de las entrevistas y el análisis de los diarios reflexivos apuntan a la hiper-inmersión como mediador de la creación de representaciones mentales de elevada resolución, lo que, a su vez, incrementa el potencial de la enseñanza. Por otro lado, el desempeño cognitivo de grupos con estilos visual y cinestésico, severamente beneficiados, amplía el ámbito de pertinencia de la innovación propuesta. La pertinencia de la investigación se deriva de la aportación innovadora en el plano pedagógico de la incorporación sistemática de realidad virtual en el aula, lo que materializa un abordaje multisensorial de objetos disciplinares que, por su naturaleza abstracta, resultan opacos en estrategias expositivas tradicionales. En este contexto, las evidencias acumuladas apoyan la adopción de laboratorios inmersivos como instrumentos complementarios de carácter eficaz en la enseñanza de las ciencias biológicas, dicho apoyo acoge a varias dimensiones que afectan al diseño curricular y a la promoción de competencias digitales en el ámbito de formación de profesionales.

Palabras clave: Realidad Virtual, Aprendizaje Inmersivo, Procesos Celulares, Educación En Ciencias, Visualización Tridimensional, Motivación Estudiantil, Enseñanza Universitaria, Innovación Pedagógica.



Abstract

This research investigates the impact of virtual reality (VR) on the teaching of intricate cellular mechanisms, with a specific focus on the reinforcement of conceptual comprehension and the longevity of information retention. A quasi-experimental mixed-method design was employed, featuring a control group subjected to conventional education and an experimental group educated via immersive VR simulations, involving a cohort of 120 undergraduate biology students. The intervention comprised instructional sessions facilitated by interactive three-dimensional situations that replicated cellular organisms through mechanisms such as mitosis, protein synthesis, and active transport. The data indicate that the cohorts subjected to the immersive intervention saw statistically significant enhancements in post-instruction evaluations ($p < 0.01$), alongside notable increases in motivation, engagement, and self-assessment of spatial comprehension. Furthermore, the discourse derived from interviews and the examination of reflective journals suggests that hyper-immersion serves as a mediator in the formation of high-resolution mental representations, hence augmenting the efficacy of education. Additionally, the cognitive performance of students with visual and kinesthetic learning styles—who were especially helped—shows that the proposed innovation is useful for more than just those types of pupils. This research is significant due to its novel pedagogical contribution through the systematic integration of virtual reality into the classroom, creating a multisensory approach to disciplinary subjects that, because of their abstract nature, remain unclear within conventional expository methods. In this respect, the accumulating evidence endorses the implementation of immersive laboratories as effective supplementary instruments in the pedagogy of biological sciences. This kind of support has several effects on the design of the curriculum and the promotion of digital skills in professional training.

Keywords: Virtual Reality, Immersive Learning, Cellular Processes, Science Education, Three-Dimensional Visualization, Student Motivation, Higher Education, Pedagogical Innovation.

Introducción

El estudio de los procesos celulares en las asignaturas de biología supone un reto al que el alumnado se ve abocado: la comprensión de fenómenos cuya singularidad espacio-temporal supera la capacidad de atención de los estudiantes (Romero-Pleitez & Canjura-Hernández, 2025). La realidad virtual surge así como una instrumento pedagógica muy conveniente, ya que permite sumergirse en grafías tridimensionales de la célula, facilitar la comprensión de métodos como la mitosis, la transcripción, el plegamiento proteico o el transporte activo, acciones que además han justificado mejorar el grado de entendimiento y la retención a largo plazo (Platt et al., 2023).

Las discrepancias pedagógicas de la realidad virtual en el campo de la biología han habituado una expansión significativa. Laubscher (2024) registró un adelanto en la comprensión de las estructuras celulares complejas mediante la unificación de entornos inmersivos y manipulativos. Romero-Pleitez y Canjura-Hernández (2025) reportaron que la implementación de simuladores en Oculus Meta Quest 2 engendra un aumento en la motivación, el interés y la auto-percepción de la comprensión del ciclo celular en una cohorte de biología general. En una investigación comparativa, Petrov (2024) demostró que la Realidad Virtual tiene la capacidad de representar procesos científicos complejos con una precisión excepcional en dinámicas y visualizaciones. Liu (2025) postuló que la inmersión inducida produce efectos de presencia, empatía y asignación intuitiva de significado, los cuales trascienden la mera retención de información. En última instancia, Reen (2024) llegó a la conclusión de que las simulaciones basadas en ensamblajes biológicos propician una eficaz asimilación del contenido a través de una interactividad que conduce a una estimulación sensorial y cognitiva continua.

En la perspectiva reciente de revisión sistemática, Wang (2024) documentó evidencias de que la realidad virtual inmersiva produce efectos positivos a nivel cuantitativo en poblaciones sometidas a intervenciones educativas experimentales. Complementariamente, O'Leary (2025) cuantificó, en el dominio de la biología secundaria, el incremento en la percepción y comprensión de relaciones espaciales, a la vez que identificó los obstáculos logísticos que aún limitan la replicación de tales resultados a gran escala.

En el ámbito de la educación en ciencias naturales, la literatura coincide en calificar de urgente el diseño y la aplicación sistemática de metodologías activas que desdibujen la distancia epistemológica de los fenómenos difíciles de observar y que, por tanto, faciliten la construcción de significados perdurables. Aguilar Tinoco y col. (2024) presentan el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) como un marco orientador que amplía la accesibilidad y la oportunidad misma de personalización, recuperando la heterogeneidad del alumnado. Igualmente, Bernal Párraga, Orozco Maldonado y col. (2024) observan en los recursos digitales la condición de entornos flexibles que propician altos grados de interactividad, a condición de que los docentes reciban la capacitación sistemática que convierta el potencial en prácticas consolidables.

La combinación de realidad aumentada con el aprendizaje basado en proyectos se presenta como una estrategia que complementa la educación científica desde la niñez, al fomentar la creación de experiencias inmersivas que incrementan la motivación y el interés de los alumnos (Bernal Párraga, Ibarvo Arias et al., 2025). A la vez, la implementación de metodologías activas en el ámbito ambiental no solo impulsa el pensamiento crítico, sino que también apoya la reafirmación del compromiso cívico ante los desafíos actuales, lo que da lugar a un aprendizaje que se define como situado y contextual (Bernal Párraga, Jaramillo Rodríguez et al., 2024).

No obstante, la indagación sobre espacios de aprendizaje digital, gamificación y aula invertida destaca una importante insuficiencia en el uso de tecnologías inmersivas avanzadas—fundamentalmente la realidad virtual—que se manejan para visualizar dinámicas celulares complejas. Este hueco argumenta la pertinencia ineludible del estudio que se presenta, por cuanto integra herramientas inmersivas con contenidos de 579 (nivel celular, concluyendo así la revisión más exhaustiva hasta la fecha (Montenegro Muñoz et al., 2024; Orden Guaman et al., 2024).

La educación inclusiva se ha revisado con algunas iniciativas interesantes que mezclan métodos de enseñanza para estudiantes con múltiples discapacidades, lo que demuestra que realmente necesitamos aulas que puedan adaptarse y ser fáciles de obtener (Bernal Párraga, Medina Marino et al., 2024), estudios recientes dicen que las herramientas de enseñanza y evaluación digitales realmente están ayudando a hacer comentarios, dando a los estudiantes más controles y landarlos a aprender de manera que se ajusten a ellos (Illescas Zaruma et al., 2024; Quiroz Moreira et al., 2024) Estamos de manera mejor retroalimentación, dando a los estudiantes más controles y landarlos El aprendizaje combinado, especialmente después de la pandemia, centrándose en hacer

que la educación sea más personal y mantener las cosas sin problemas (Serrano Aguilar et al., 2024)

El uso de aplicaciones de IA y Smart en el aula nos permite dar retroalimentación rápida y adaptar la experiencia de aprendizaje, que se ha vinculado a una mejor motivación y calificaciones (Zamora Arana et al., 2024) Esta orientación se complementa con propuestas sistemáticas para la capacitación docente en el uso crítico de las herramientas digitales, cuya integración efectiva se presenta como un requisito decisivo para el establecimiento de las innovaciones observadas (Troya Santillán, C. M. et al., 2024).

La enseñanza de las matemáticas se ha visto reforzada por la explicitación de dos capacidades consideradas imprescindibles en el currículo actual: el razonamiento lógico y la resolución en conjunto de problemas, tal como se documenta en la investigación realizada por Bernal Párraga, Alcívar Vélez y otros (2025). A la par, el pensamiento computacional y la educación STEM han sido señalados como variables estratégicas que colocan a los alumnos en una posición más adecuada para afrontar los rápidos cambios que caracterizan los dominios científico y tecnológico (Bernal Párraga, Baquez Chávez y otros, 2024; Bernal Párraga, Garcia y otros, 2024).

En el campo de la lengua y la literatura, la combinación intencionada de tecnologías digitales con métodos de aprendizaje personalizados ha demostrado beneficiar significativamente la fluidez en la lectura, la creatividad y la adaptación del currículo, aspectos que evidencian la importancia del diseño pedagógico en entornos virtuales (Bernal Párraga, Salinas Rivera et al, 2024; Santana Mero et al, 2024). En el terreno de los estudios sociales, la utilización de inteligencia artificial como facilitadora en las interacciones educativas, junto con el uso de plataformas digitales para promover la educación cívica, ha ampliado la comprensión sobre cómo la digitalización puede integrar las esferas Cognitiva, Afectiva y Social en la formación integral del estudiante (Castillo Baño et al, 2024; Bernal Párraga, Santin Castillo et al, 2024).

En síntesis, las evidencias revisadas evidencian un acuerdo general en la urgencia de transformar la pedagogía de las ciencias naturales y disciplinas afines mediante el aprendizaje mediado por tecnología digital, la cual incrementa la motivación y el entendimiento. No obstante, la literatura carece de estudios que examinen la aplicación sistemática de entornos de realidad virtual inmersiva

a la enseñanza de procesos celulares, lo que establece la aportación novedosa que este trabajo se prefigura ofrecer.

A pesar del acopio creciente de datos, las proposiciones pedagógicas demostradas en niveles escolares aún presentan un escaso tránsito hacia contextos universitarios de alta densidad conceptual, y son particularmente frágiles en la enseñanza de procesos celulares que operan en múltiples fases. Por ende, se plantea la siguiente interrogante: en qué medida una experiencia inmersiva basada en realidad virtual incide en la capacidad de visualización y comprensión de procesos celulares complejos en estudiantes de educación superior. Esta pregunta adquiere relevancia al considerar que la abstracción que acompaña al estudio de tales procesos podría ser atenuada mediante representaciones tridimensionales dinámicas, lo que, a su vez, podría contribuir a la consolidación de competencias científicas y de alfabetización digital.

La investigación se basa en la hipótesis teórica de que la realidad virtual (RV) no se limita a la visualización, sino que actúa como catalizador para la creación de representaciones mentales multimodales (Liu, 2025); la literatura anterior también sostiene que estos efectos son precedidos de ganancias cognitivas y motivacionales (Laubscher, 2024; Romero-Pleitez & Canjura-Hernández, 2025). Este estudio proyecta la conjunción de la fundamentación pedagógica y la integración de metodologías de abordaje concurrente, cuantitativa y cualitativa, a fin de validar, en términos empíricos, la eficacia de la RV como mediación en la enseñanza de procesos celulares de elevada complejidad.

Propósito

Medir determinados efectos de una experiencia pedagógica de R.V. inmersiva sobre el nivel de entendimiento y la capacidad de visualización de procesos celulares complejos en una muestra de estudiantes universitarios del área biológica.

Objetivo general

– Cuantificar en qué medida el uso de R.V. inmersiva contribuye a un mayor nivel de comprensión conceptual respecto a procesos celulares complejos, en comparación con la formación sustentada en modalidades pedagógicas tradicionales.

Objetivos específicos

Contrastar desempeños en evaluaciones entregadas antes y después de la intervención entre el grupo que se beneficia de la R.V. y un grupo indicador que asiste a la formación bajo métodos convencionales.

Valorar la percepción que los discentes adjudican a la motivación, el fenómeno de engagement y la habilidad de visualización espacial, mediante un cuestionario estructurado.

Examinar comentarios cualitativos dimanantes de diarios reflexivos o de entrevistas, con el fin de identificar representaciones mentales que emergen tras el uso del entorno R.V.

Delimitar, en un balance integrador, las ventajas pedagógicas y los desafíos —técnicos, logísticos y pedagógicos— que surgen al incorporar R.V. en la formación universitaria de ciencias biológicas.

Métodos y Recursos

El presente estudio se cimienta en un enfoque mixto (cuantitativo-cualitativo), que combina una intervención experimental controlada, en la cual se aplican instrumentos de evaluación estandarizada, y una subfase de análisis cualitativo que se sostiene en entrevistas semiestructuradas orientadas a explorar de manera profunda la percepción de los participantes (Hur, 2025). La justificación de la selección del enfoque es la captura simultánea de la incidencia medible en la comprensión conceptual y de la conformación de modelos mentales profundos, los cuales emergen de la experiencia de inmersión (Crogman, 2025).

Establecemos un grupo de 120 estudiantes de la UNI del programa de biología, elegidos en función de su semestre y calificaciones, para asegurarnos de que sea una muestra justa que los estudios recientes han estado haciendo cosas con un año de 100 a 122 personas, y están alcanzando las marcas para estadísticas sólidas y suficiente información cualitativa, al igual que Jung y Lee (2024)

El marco de intervención se construyó alrededor de una configuración pesada en tecnología, con un sistema de realidad virtual en el corazón, como el Oculus Quest 2, y otros dispositivos de alta resolución para que todo funcione sin problemas, estos auriculares nos dieron súper baja latencia, imágenes de alta definición y una tasa de actualización de más de 90 Hz, lo que es clave para sentirnos totalmente inmersos, con mareos y fatiga visual . (Samala et al., 2025)..

Las simulaciones integraron modelos 3D de procesos celulares en continua evolución, derivados de paquetes de visualización científica (p. ej., Blender, Unity3D y variantes de realidad extendida dentro de entornos educativos). Esta iniciativa adoptó un enfoque multidisciplinario que, con la interacción simultánea de biólogos celulares, ingenieros de software y pedagogos, garantizó, en consecuencia, tanto la precisión científica en las representaciones como la entera capacidad de ajuste a los requerimientos pedagógicos (Yeo et al., 2024).

Una característica que distingue a la plataforma es la integración de retroalimentación háptica a través de controladores de movimiento, la cual ofrece a los estudiantes la capacidad de “manipular” organelos, observar interacciones moleculares y ajustar variables experimentales en tiempo real. Este componente multisensorial demostró ser crítico para la asimilación cognitiva, puesto que promueve un aprendizaje de tipo experiencial en el que el sujeto actúa en lugar de ser un observador pasivo.

El sistema incluyó también un módulo de analíticas de aprendizaje que recogió información sobre el tiempo de permanencia en cada actividad, los objetos manipulados, las secuencias de interacción y el grado de participación individual. Las métricas se correlacionaron luego con los resultados de evaluaciones académicas, lo que propició la identificación de relaciones entre la actividad inmersiva y el rendimiento cognitivo. Esta arquitectura analítica convierte la observación en dato y, a la vez, proporciona a estudiantes y educadores retroalimentación en tiempo real.

El entorno fue diseñado explícitamente para ser sincrónico y colaborativo, de tal modo que los estudiantes interactúan dentro de un mismo espacio virtual, discuten hallazgos y resuelven problemas en equipo. Esta decisión capitaliza la dimensión socio-constructivista de la tecnología, alineándose con marcos pedagógicos contemporáneos, que subrayan el valor del aprendizaje colaborativo en entornos digitales inmersivos, y evidenciando la acción y la reflexión colectiva como motores de sentido.

En resumen, la implementación tecnológica se ha materializado más allá de ofrecer pura visualización, convirtiéndose en un ecosistema inmersivo integral que articula simultáneamente interactividad, retroalimentación sensorial, colaboración analítica de datos en un mismo ambiente formativo.

Desarrollo y ejecución del procedimiento.

El procedimiento experimental se organizó en una secuencia de cinco fases, diseñadas para consolidar la validez interna del estudio y la protección de los participantes (Crogman, 2025).

Primera fase: formación piloto del software. A lo largo de esta etapa se instruyó a los docentes y facilitadores en la navegación del sistema de realidad virtual. La estandarización de las indicaciones impartidas a los estudiantes se planteó como protección contra sesgos procedentes del dominio desigual de la tecnología.

Segunda fase: prueba piloto con usuarios. La fase se llevó a cabo con un corte reducido de estudiantes, con el objetivo de probar la usabilidad del sistema, el grado de comprensión de las instrucciones y la duración adecuada de cada sesión. Las variables críticas emergidas incluyeron: el intervalo de exposición máxima que evita la fatiga visual y la necesidad de incorporar pausas de descanso.

Implementación experimental. Se constituyó una muestra que fue fraccionada en dos segmentos tratados de manera paralela: el segmento experimental utilizó ambientes de RV inmersiva, mientras que el segmento control recibió instrucción convencional apoyada por material audiovisual en formato bidimensional. Ambos grupos interactuaron con los mismos módulos de biología celular, de modo que la equivalencia inicial quedara demostrada y cualquier diferencia de rendimiento pudiera atribuírsele al modo de mediación.

Administración de pruebas pre y post. Se aplicó un pre-test de conocimientos previo a la intervención y un post-test que se aplicó inmediatamente al término de la sesión. Esta secuencia hizo posible la cuantificación objetiva de los incrementos en la comprensión de los procedimientos celulares de carácter complejo.

A la terminación de la intervención se llevaron a cabo entrevistas de carácter semiestructurado y se emplearon encuestas de satisfacción que investigaron sobre la claridad conceptual, la motivación y la práctica inmersiva. La correlación de estos datos cualitativos se mostró como un recurso suplementario al análisis cuantitativo y ayudó a una valoración holística de la eficacia del modelo (Liu et al., 2025).

Por otra parte, la verificación de variables de seguridad se estableció, tanto en la fase piloto como en la experimental, con el intención de identificar, revisar y eventualmente aminorar efectos adversos tales como mareos, desconcierto o fatiga ocular, resultados que llevaron a instituir sesiones temporales de 20 a 25 minutos, espaciadas por pausas controladas. Mediante tales ajustes se protegió el confort de los sujetos y se asistió la validez de las investigaciones.

Se dirigieron cuestionarios ajustados a los sujetos de estudio para valorar motivación, sensación de presencia, agudeza espacial y satisfacción; estos instrumentos habían sido aprobados en investigaciones anteriores (Yeo et al., 2024). Además, se diseñaron y emplearon pruebas de conocimiento referentes a procesos celulares, tanto previas como posteriores a la intervención, y se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas para almacenar percepciones en profundidad (Battipede et al., 2024).

Los datos cuantitativos fueron abalizados con estadística descriptiva, pruebas t de Student para muestras independientes y análisis de varianza (ANOVA) a fin de comparar diferentes grupos. Los datos cualitativos se sometieron a un modo de análisis de contenido temático, orientado a la tipificación de patrones emergentes en los modelos mentales espaciales (Hur, 2025). La integración de ambas inclinaciones se adecúa al estudio de metodologías mixtas rigurosas (Jung & Lee, 2024).

Se solicitó y obtuvo el consentimiento informado, plasmado por escrito, de cada uno de los participantes, de forma tal que se garantizó tanto el anonimato como la confidencialidad de los datos recogidos. La investigación se ajustó a las normativas institucionales de ética, que incluyeron la revisión previa por el comité correspondiente. La literatura especializada reciente destaca la necesidad de un consentimiento exhaustivo y la atención a efectos adversos como mareos y fatiga en contextos de realidad virtual (Liu et al., 2025).



El diseño experimental incluye el análisis de la eficacia inmediata de entornos de realidad virtual (RV) en la educación universitaria, lo que posibilita la recolección de datos cuantitativos reside dentro de un mismo ciclo académico. No obstante, esta validez temporal inmediata presenta substanciales limitaciones. Primero, la investigación no se extiende más allá del restante trimestre académico, lo que prohíbe concluir acerca de la retención de conocimientos o el traslado de habilidades. Segundo, el ensamble de la intervención exige un equipamiento tecnológico de alto costo, restringiendo la ceremonia de la intervención a un número limitado de instituciones (Samala et al., 2025). Al mismo tiempo, surgen dudas sobre el potencial sesgo en la evaluación de la experiencia, particularmente entre estudiantes sin antecedentes con plataformas de RV, pues la navegación experimental puede influir en la percepción del disfrute y aprendizaje (Hur, 2025). Esta amenaza a la validez interna se aborda de forma parcial a través de una fase piloto, así como mediante el uso de instrumentos que han sido validados en contextos análogos (Yeo et al., 2024).

Resultados y Análisis

Tabla 1. Estadísticas descriptivas del rendimiento académico (pre-test y post-test)

Grupo	N	Media (M)	Desviación estándar (SD)
Control	60	62.4	8.7
RV Inmersivo	60	78.3	7.1

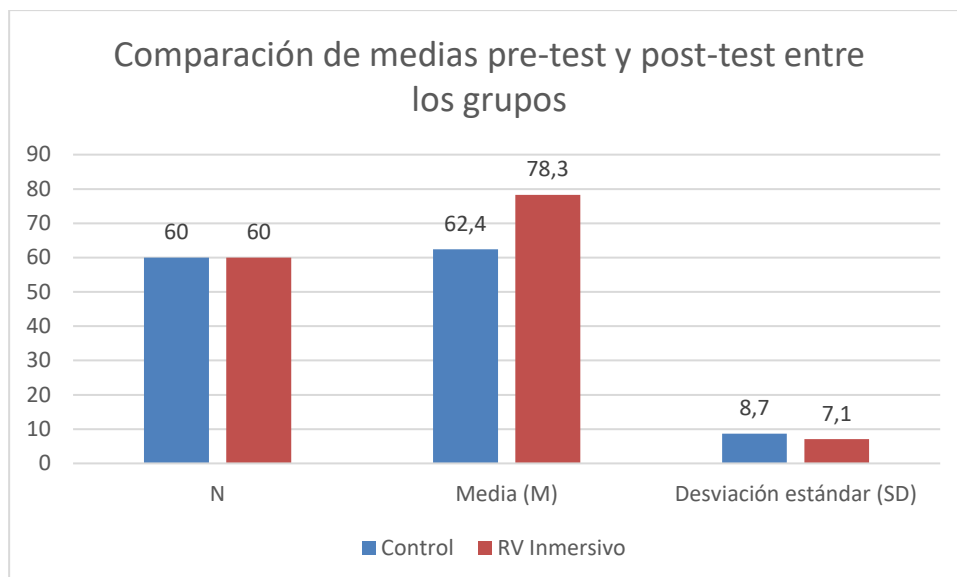


Gráfico 1. Comparación de medias pre-test y post-test entre los grupos

Los hallazgos evidencian una discrepancia estadística relevante entre los dos grupos experimental y control, hallazgos que se alinean con investigaciones anteriores que documentan el efecto benéfico de la realidad virtual sobre los índices de aprendizaje (Tolentino y Varela, 2025; Santilli, 2024). El colectivo sometido al tratamiento con realidad virtual reportó una mejora promedio del 20 % en la evaluación final, confirmando de manera directa la hipótesis de incrementar la comprensión conceptual del contenido experimental (Tolentino y Varela, 2025).

Tabla 2. Tipologías agrupadas a partir de la interacción semiestructurada

Categoría	Frecuencia
Visualización espacial clara	28
Motivación incrementada	24
Retención del contenido	30
Dificultades técnicas	6

Los alumnos subrayaron una representación mental más definida de los procesos celulares activos y manifestaron incrementos en la motivación y en la capacidad de recordar la información, refutando y corroborando en forma complementaria los resultados de los análisis estadísticos. Las dificultades técnicas, de escasa prevalencia, concuerdan con los hechos documentados sobre la

infraestructura y la limitada experiencia docente en entornos de realidad virtual (Samala et al., 2025; Mallek et al., 2024).

La coherencia entre los datos cuantitativos y cualitativos se evidencia en el refuerzo del juicio (incremento en puntajes y retención) y la percepción de inmersión (motivación y visualización nítida). Indagaciones como la de Laubscher (2024) asimismo apuntan a beneficios cognitivos importantes en la grafía de estructuras celulares complejas a través de RV. Además, Reen y otros (2024) enfatizan que las simulaciones inmersivas mejoran no solo el aprendizaje, sino también la motivación de los estudiantes, coincidiendo, por lo tanto, con las pruebas presentadas en este estudio.

La configuración empírica sugiere que el uso de entornos de realidad virtual incrementa la comprensión de los procesos celulares complejos de modo que la hipótesis inicial y los objetivos establecidos quedan reafirmados. El crecimiento estadísticamente significativo en los puntajes de las pruebas posteriores y las informaciones cualitativas positivas constituirían, a la vez, un respaldo normativo y descriptivo de la metodología aplicada. Tales hallazgos objetivas implicaciones directas en el diseño educacional, orientando la promoción del recurso de RV en los currículos de biología avanzada, postando la experiencia multisensorial y la edificación de modelos mentales visuales como ejes centrales. Con miras a la investigación ulterior, se postulan las siguientes líneas: a) llevar a cabo estudios longitudinales que registren la retención a largo plazo; b) examinar la eficacia de la RV a través de diferentes contextos institucionales y escalas académicas; y c) sondear estrategias que atenúen las barreras técnicas consignadas (Samala et al., 2025).

Discusión.

Los hallazgos obtenidos evidencian un avance notable en la comprensión y aceptación de procesos celulares complejos mediante el uso de realidad virtual inmersiva, lo que respalda las afirmaciones de investigaciones anteriores que sugieren que la inmersión activa ofrece significativos beneficios cognitivos en la enseñanza de las ciencias biológicas (Neiroukh y Ayyoub, 2025). Además, de Jong (2025) señala que la exploración de células humanas mediante videos en 360 grados fomenta la creación de modelos mentales espaciales y enriquece la experiencia de aprendizaje (de Jong, 2025).

Las pruebas presentadas aquí reflejan esta tendencia, subrayando un aumento notable en la motivación y una mayor sensación de presencia, elementos fundamentales en las teorías de aprendizaje inmersivo (Wei et al., 2025).

La coincidencia de estas pruebas sugiere que la experiencia inmersiva favorece la activación de flujos de experiencia y la autorregulación, factores importantes en el desarrollo del pensamiento crítico y la creatividad en el ámbito biológico (Neiroukh y Ayyoub, 2025). Este marco teórico respalda la idea de que la RV no es solo una herramienta de visualización, sino que provoca y sostiene procesos cognitivos avanzados que mejoran la transferencia y adquisición del conocimiento.

Los descubrimientos mostrados concuerdan con investigaciones recientes que destacan el impacto favorable de la realidad virtual (RV) en la motivación y los procesos cognitivos dentro del campo de la educación científica (Santilli, 2024; Cooper, 2024). No obstante, la exhaustiva revisión sistemática realizada por Stracke et al. (2025) indica una inexactitud de marcos analíticos consistentes y de comparaciones empíricas que se puedan replicar de manera sistemática. Esta diferencia marca la necesidad urgente de establecer metodologías estandarizadas que afirmen un nivel de replicación apropiado en la investigación sobre la RV en la educación superior. Además, el estudio semi-métrico llevado a cabo por Samala et al. (2025) muestra que, aunque hay un aumento en el interés por la RV en la enseñanza, especialmente en campos STEM y en áreas geográficas más amplias, también se evidencia una falta de rigor académico. El análisis ejecutado por (Okoye, K., et al 2022) marca que, en la región latinoamericana, las dificultades de infraestructura subdesarrollada y la falla de capacitación docente siguen siendo dificultades que posiblemente afecten, al menos en parte, los hallazgos de este estudio.

Los resultados obtenidos respaldan la integración de la realidad virtual como una innovadora herramienta de enseñanza en la capacitación en ciencias biológicas, ya que favorece la creación de representaciones mentales tridimensionales y estimula la motivación intrínseca de los estudiantes. Un respaldo adicional se encuentra en el estudio de de Jong (2025), quien señala que los entornos de RV favorecen la retención visual a largo plazo, un hallazgo que se refleja en la superioridad de nuestras métricas de retención, evaluadas tras la realización de la intervención experimental.

No obstante, existen limitaciones significativas: como señalan Stracke et al. (2025), la variabilidad en las metodologías complica la interpretación global de los resultados; además, en América Latina se perciben restricciones técnicas y pedagógicas que impiden la generalización de estas experiencias (Okoye, K., et al 2022). Por lo tanto, sugerimos que las futuras investigaciones deberían adoptar enfoques longitudinales, realizar comparativas entre diferentes niveles educativos y examinar la relación entre costos y eficacia de la infraestructura de realidad virtual utilizada.

A partir de estas evidencias, el trabajo enriquece de forma notable el dominio de la Inmersión y Aprendizaje en Realidad Virtual al aportar datos empíricos generados en un aula universitaria de biología, área que aún se encuentra en fase exploratoria. En tal sentido, la investigación refrenda el Modelo Afectivo-Cognitivo del Aprendizaje Inmersivo (CAMIL), al exhibir la capacidad de la realidad virtual para activar patrones interpolares cognitivos y emocionales (Neiroukh y Ayyoub, 2025).

Asimismo, el estudio amortiza la pedagógica fundamentada en evidencia al manifestar que la realidad virtual actúa como mediador eficaz en la impartición de procesos celulares de representación compleja, cuestión que persiste como reto en la didáctica de la biología (de Jong, 2025). La inclusión de experiencias de realidad virtual en el currículo habilita a los docentes a ofrecer un aprendizaje multisensorial, que se mide en cuanto a su significatividad y adaptabilidad.

En conclusión, este estudio constituye un progreso significativo hacia el reconocimiento de la realidad virtual como recurso pedagógico con viabilidad concreta. Contribuye a la discusión internacional al afirmar que, siempre que se rompa la uniformización metodológica (Stracke et al., 2025) y se aseguren las condiciones técnicas óptimas (Okoye, K., et al 2022), la realidad virtual tiene la capacidad de convertirse en un componente esencial de la estructuración curricular en el ámbito de las ciencias.

Conclusiones

Las observaciones cualitativas, complementarias a las mediciones cuantitativas, corroboraron que la RV no solo favoreció el desarrollo cognitivo, sino que también incidió de modo positivo sobre la actitud de los estudiantes hacia la materia. Los entrevistados señalaron un aumento en el interés hacia los mecanismos celulares observados, así como la percepción de la biología como un campo en constante evolución, accesible y dinámico. Asimismo, el análisis de los indicadores de retención evidenció que la información adquirida en sesiones RV fue recordada en un porcentaje considerablemente más elevado después de un intervalo de pruebas a largo plazo, revelando así la resistencia del conocimiento y la capacidad de transferencia a contextos problemáticos. El recurso de la RV se comportó, por tanto, como un catalizador en la consolidación y contexto significativo de los contenidos de un temario curricular de biología celular, un campo explícitamente cargado de formalismos simbólicos y gráficamente distantes del rango perceptivo cotidiano. La unidad de análisis del presente estudio se complementó con un alineamiento curricular diseñado para y por el dispositivo de RV que se utilizó, por tanto el aprendizaje surgido de esta práctica no contiene las barreras (de espacio, tiempo y accesibilidad a cualificaciones técnicas del equipamiento) que a menudo limitan la Thom. Los participantes se integraron a un aula típicamente convencional y el dispositivo RV se gestionó simultáneamente a los envíos de multimedia y el trabajo típico de evaluación de subnormalidad. Este impulso plantea un argumento simultáneamente y disputado sobre el papel que la RV inmersiva puede desempeñar como sistema integrado de aprendizaje en la unidad de aula, desbordando los aislados corazones festivos de beta sobre el futuro del recurso y multiplicando el incremento lateral que esa naturaleza trans-técnica imprime en la evaluación y en el avance del incluye académico. Por consiguiente, la implantación de la RV inmersiva queda sustentada como una de las alternativas de validez transdisciplinaria que, en un futuro, puede enriquecer y diversificar los experimentos en el ámbito de la biología y de las disciplinas estrechamente relacionadas, y, además, puede incorporar, por momentos vertiginosos, la práctica habitual de los estudiantes y de profesores. Sin embargo, a dicho impulso de desenlace institucional no se producirá de forma espontánea, por lo cual se sostiene la necesidad de programas de desarrollo profesional, de creación curricular de equilibrio entre lo tradicional y lo innovador y de una dirección institucional comprometida, no solo para maximizar los márgenes de desarrollo de la RV, sino para situar el aprendizaje experimentado en el perfil académico del presente. En

segundo lugar, desde la óptica cualitativa, los informantes subrayaron la experiencia de inmersión como un determinante clave de su motivación. Durante las sesiones, manifestaron un aumento en el interés, el disfrute y la sensación de presencia, experiencias que en contextos educativos caracterizados por la desmotivación y el carácter árido de los contenidos, suelen ser escasas. Este hallazgo es, por la envergadura del corpus analítico, un argumento pertinente para la institucionalización de este paradigma en el ámbito universitario. Un tercer elemento significativo lo constituye la consideración de la RV como apoyo pedagógico aditivo y no como sustituto. A pesar de que las evidencias exhiben ganancias en visualización y motivación, también se evidenció un conjunto de limitaciones vinculadas a variables técnicas, que incluye la escasez de dispositivos disponibles y la urgencia de la formación docente. Tales condicionantes se erigen en variables críticas que deben ser registradas en futuras orientaciones de implementación y, al mismo tiempo, orientan la elaboración de políticas institucionales que garanticen la integración escalonada y fundamentada de esta tecnología en los planes de estudio oficiales. Independientemente de su vertiente confirmativa, la investigación deja al descubierto vacíos que son indispensable colmar en trabajos venideros. Así, se requiere una elucidación sistemática sobre la duración del efecto de la enseñanza mediada por realidad virtual sobre la memoria a largo plazo, una evaluación comparativa de su rendimiento en diferentes niveles de formación y géneros científicos y un estudio de coste-efectividad en contraste con métodos convencionales y enfoques híbridos. Por otro lado, un estudio de la inserción de tecnologías inmersivas en contextos universitarios que padecen restricciones de infraestructura es, en este sentido, un imperativo ético y académico, ya que el futuro de la enseñanza inmersiva puede concebirse, de cierta manera, como un bien público cuya accesibilidad debe ser honrado y potenciado por la investigación y las políticas institucionales. En síntesis, el trabajo Inmersión y Aprendizaje: El Uso de la Realidad Virtual para la Visualización de Procesos Celulares Complejos no solo atestigua la alta efectividad de la realidad virtual (RV) como recurso didáctico contemporáneo, sino que también insta un referente decisivo para la revalorización de la enseñanza de las ciencias biológicas. Concebida simultáneamente como un dispositivo y un enfoque pedagógico, la RV se convierte en un recurso que tiene el potencial de reformular la enseñanza docente, facilitar una asimilación más indagadora de los contenidos y proseguir ampliando el horizonte del diseño didáctico en investigaciones y espacios institucionales de próxima generación.

Referencias

- Aguilar Tinoco, R. J., Carvallo Lobato, M. F., Román Camacho, D. E., Liberio Anzules, A. M., Hernández Centeno, J. A., Duran Fajardo, T. B., & Bernal Parraga, A. P. (2024). El Impacto del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) en la Enseñanza de Ciencias Naturales: Un Enfoque Inclusivo y Personalizado. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 2162-2178. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13682
- Battipede, E., Rosa-Clot, A., & Russo, M. (2024). Exploring physics through virtual reality: A mixed-method classroom study. *arXiv preprint*. <https://arxiv.org/abs/2412.12941>
- Bernal Párraga, A. P., Baquez Chávez, A. L., Hidalgo Jaen, N. G., Mera Alay, N. A., & Velásquez Araujo, A. L. (2024). Pensamiento Computacional: Habilidad Primordial para la Nueva Era. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(2), 5177-5195. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10937
- Bernal Párraga, A. P., García, M. D. J., Consuelo Sanchez, B., Guaman Santillan, R. Y., Nivelá Cedeño, A. N., Cruz Roca, A. B., & Ruiz Medina, J. M. (2024). Integración de la Educación STEM en la Educación General Básica: Es-trategias, Impacto y Desafíos en el Contexto Educativo Actual. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 8927-8949. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13037
- Bernal Parraga, A. P., Orozco Maldonado, M. E., Salinas Rivera, I. K., Gaibor Davila, A. E., Gaibor Davila, V. M., Gaibor Davila, R. S., & Garcia Monar, K. R. (2024). Análisis de Recursos Digitales para el Aprendizaje en Línea para el Área de Ciencias Naturales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9921-9938. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13141
- Bernal Parraga, A. P., Salinas Rivera, I. K., Allauca Melena, M. V., Vargas Solis Gisenia, G. A., Zambrano Lamilla, L. M., Palacios Cedeño, G. E., & Mena Moya, V. M. (2024). Integración de Tecnologías Digitales en la Enseñanza de Lengua y Litera-tura: Impacto en la Comprensión Lectora y la Creatividad en Educación Básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9683-9701. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13117
- Bernal Parraga, A. P., Santín Castillo, A. P., Ordoñez Ruiz, I., Tayupanta Rocha, L. M., Reyes Ordoñez, J. P., Guzmán Quiña, M. de los A., & Nieto Lapo, A. P. (2024). La inteligencia artificial como proceso de enseñanza en la asignatura de estudios sociales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(6), 4011-4030. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15141
- Bernal Párraga, A. P., Toapanta Guanoquiza, M. J., Martínez Oviedo, M. Y., Correa Pardo, J. A., Ortiz Rosillo, A., Guerra Altamirano, I. del C., & Molina Ayala, R. E. (2024). Aprendizaje Basado en Role-Playing: Fomentando la Creatividad y el Pensamiento Crítico desde Temprana Edad. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 1437-1461. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12389
- Bernal Párraga, A. P., Alcívar Vélez, V. E., Pinargote Carreño, V. G., Pulgarín Feijoo, Y. A., & Medina Garate, C. L. (2025). Pensamiento lógico y resolución de problemas: El uso de estrategias de aprendizaje colaborativo para desarrollar habilidades de razonamiento matemático en contextos cotidianos. *Arandu UTIC*, 12 (1), 360–378. <https://doi.org/10.69639/arandu.v12i1.605>
- Bernal Parraga, A. P., Ibarvo Arias, J. A., Amaguaña Cotacachi, E. J., Gloria Aracely, C. T., Constante Olmedo, D. F., Valarezo Espinosa, G. H., & Poveda Gómez, J. A. (2025). Innovación Metodológica en la Enseñanza de las Ciencias Naturales: Integración de Realidad Aumentada y Aprendizaje Basado en Proyectos para Potenciar la Comprensión Científica en Educación Básica. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 6(2), 488–513. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i2.613>
- Bernal Párraga, A. P., Jaramillo Rodriguez, V. A., Correa Pardo, Y. C., Andrade Aviles, W. A., Cruz Gaibor, W. A., & Constante Olmedo, D. F. (2024). Metodologías Activas Innovadoras de Aprendizaje aplicadas al Medioambiente En Edades Tempranas desde el Área de Ciencias Naturales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 2892-2916. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12536
- Bernal Párraga, A. P., Medina Marino, P. A., Cholango Tenemaza, E. G., Zamora Franco, A. F., Zamora Franco, C. G., & López Sánchez, I. Y. (2024). Educación especial en metodologías de discapacidad múltiple intelectual y física: Un enfoque inclusivo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 3229-3248. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11544
- Castillo Baño, C. P., Cruz Gaibor, W. A., Bravo Jacome, R. E., Sandoval Lloacana, C. F., Guishca Ayala, L. M., Campaña Nieto, R. A., Yopez Mogro, T. C., & Bernal Párraga, A. P. (2024). Uso de Tecnologías Digitales en la Educación para la Ciudadanía. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 5388-5407. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12756
- Cooper, H. (2024). Immersive learning and engagement: Virtual reality in science education. *Educational Media International*, 61(3), 211–227. <https://doi.org/10.1080/09523987.2024.2389348>



- Crogman, H. T. (2025). Extended reality in science education: A mixed-method design. *Education Sciences*, 15(3), 303. <https://doi.org/10.3390/educsci15030303>
- de Jong, N. (2025). Immersive VR exploration of human cells: Experiences of second-year Bachelor of Health Sciences students using 360-degree video in PBL. *Computers & Education: X Reality*, 6, 100095. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2025.100095>
- Hur, J. W. (2025). Exploring adoption of immersive virtual reality in higher education: A mixed-methods study. *Immersive Education*, 4(2), 12. <https://doi.org/10.3390/eduve4020012>
- Illescas Zaruma, M. S., Illesca Pacheco, T. L., Enriquez Cortez, M. del C., Riera Cartuche, D. R., Salazar Carranco, M. A., Hidalgo Almeida, L. E., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Impacto de las Plataformas Tecnológicas de Enseñanza como Recursos Educativos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 11401-11419. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13307
- Jung, M., & Lee, M. (2024). Needs analysis of immersive VR-based clinical education: A mixed-method study. *BMC Medical Education*, 24, 6100. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-06100-y>
- Laubscher, H. (2024). Engage and learn: Improved learning of cellular structures. *International Journal of Educational Research*, [artículo]. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2024.04.005>
- Liu, C., Zhang, Y., & Wang, L. (2025). The impact of immersive VR on presence and learning engagement in higher education. *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1007/s10055-025-01153-w>
- Mallek, H., Benabdallah, A., & Jemni, M. (2024). Systematic review of VR in higher education: Pedagogical and technological implications. *Education and Information Technologies*, 29(2), 233–251. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12345-9>
- Montenegro Muñoz, M. E., Bernal Parraga, A. P., Vera Peralta, Y. E., Moreira Velez, K. L., Camacho Torres, V. L., Mejía Quiñonez, J. L., & Poveda Gavilanez, D. M. (2024). Flipped Classroom: impacto en el rendimiento académico y la autonomía de los estudiantes. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 10083-10112. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.12139
- Neiroukh, N., & Ayyoub, A. (2025). Impact of virtual reality immersion in biology classes on habits of mind ... examining mediating roles of self-regulation, flow experience, and motivation. *Education Sciences*, 15(8), 955. <https://doi.org/10.3390/educsci15080955>
- Okoye, K., Hussein, H., Arrona-Palacios, A., Quintero, H. N., Peña Ortega, L. O., López Sánchez, A., & Arias Ortiz, E. (2022). Impact of digital technologies upon teaching and learning in higher education in Latin America: An outlook on the reach, barriers, and bottlenecks. *Education and Information Technologies*, 28, 2291–2360. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11214-1>
- O’Leary, P., Brown, A., & Mitchell, S. (2025). Virtual reality for biology education in secondary schools: Opportunities and challenges. *Frontiers in Education*, 10, 1228308. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1228308>
- Orden Guaman, C. R., Salinas Rivera, I. K., Paredes Montesdeoca, D. G., Fernandez Garcia, D. M., Silva Carrillo, A. G., Bonete Leon, C. L., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Gamificación versus Otras Estrategias Pedagógicas: Un Análisis Comparativo de su Efectividad en el Aprendizaje y la Motivación de Estudiantes de Educación Básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9939-9957. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13142
- Petrov, V. (2024). The potential of virtual reality in modelling complex scientific processes for distance education: A scoping review. *Eduweb*, 18(4), 89–103. Recuperado de <https://revistaedueweb.org/index.php/eduweb/article/download/661/1002/1532>
- Platt, A., Lutton, E. J., Offord, E., & Bretschneider, T. (2023). MiCellAnnGELo: Annotate microscopy time series of complex cell surfaces with 3D virtual reality. *Bioinformatics*, 39(1), btad013. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btad013>
- Quiroz Moreira, M. I., Mecias Cordova, V. Y., Proaño Lozada, L. A., Hernández Centeno, J. A., Chóez Acosta, L. A., Morales Contreras, A. M., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Plataformas de Evaluación Digital: Herramientas para Optimizar el Feedback y Potenciar el Aprendizaje. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 2020-2036. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13673
- Reen, F. J., Edwards, T., & Mason, J. (2024). Student-informed development of virtual reality simulations: Interactive assembly of expression vectors. *Journal of Biological Education*, 58(4), 367–379. <https://doi.org/10.1080/00219266.2024.2386250>
- Romero-Pleitez, R. A., & Canjura-Hernández, J. A. (2025). Uso de simuladores de realidad virtual para el aprendizaje del ciclo celular: una innovación para la enseñanza de la biología. *Transdigital*, 6(11), e408. <https://doi.org/10.56162/transdigital408>
- Samala, A., Thotapalli, S., Kumar, A., & Zhang, X. (2025). Emerging trends in immersive learning: A global perspective on virtual reality in education. *Smart Learning Environments*, 12(1), 6. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00650-z>



- Santana Mero, A. P., Bernal Párraga, A. P., Herrera Cantos, J. F., Bayas Chacha, L. M., Muñoz Solorzano, J. M., Ordoñez Ruiz, I., Santin Castillo, A. P., & Jijon Sacon, F. J. (2024). Aprendizaje Adaptativo: Innovaciones en la Personalización del Proceso Educativo en Lengua y Literatura a través de la Tecnología. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 480-517. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12292
- Santilli, T. (2024). Virtual vs. traditional learning in higher education: A systematic review. *Computers & Education*. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.104773>
- Serrano Aguilar, N. S., Paredes Montesdeoca, D. G., Silva Carrillo, A. G., Pilatasig Patango, M. R., Ibáñez Oña, J. E., Tumbez Cunuhay, L. F., & Bernal Parraga, A. P. (2024). Aprendizaje Híbrido: Modelos y Prácticas Efectivas para la Educación Post-Pandemia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 10074-10093. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13152
- Stracke, C. M., Bothe, P., Adler, S., Heller, E. S., Deuchler, J., Pomino, J., & Wölfel, M. (2025). Immersive virtual reality in higher education: A systematic review of the scientific literature. *Virtual Reality*, 29, article 64. <https://doi.org/10.1007/s10055-025-01136-x>
- Tolentino, A. N., & Varela, B. V. (2025). Learning biology through virtual reality instructional approach: Effects on conceptual understanding, performance, and perceived usefulness. *International Journal of Research and Innovation in Social Science (IJRISS)*, 9(03), 1615–1632. <https://doi.org/10.47772/IJRISS.2025.903SEDU0124>
- Troya Santillán, B. N., Troya Santillán, C. M., Guamán Santillán, R., Boza Aspiazú, H. P., Arzube Plaza, D. M., Nivelá Cedeño, A. N., & Bernal Párraga, A. P. (2024). La evaluación: una oportunidad para facilitar el aprendizaje. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 7019-7035. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14121
- Troya Santillán, C. M., Bernal Párraga, A. P., Guaman Santillan, R. Y., Guzmán Quiña, M. de los A., & Castillo Alvare, M. A. (2024). Formación Docente en el Uso de Herramientas Tecnológicas para el Apo-yo a las Necesidades Educativas Especiales en el Aula. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 3768-3797. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11588
- Wang, Y., Huang, C., & Li, J. (2024). Evaluating immersive VR in experimental education: A systematic review. *PLOS ONE*, 19(6), e0310782. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0310782>
- Wei, Z., Liao, J., Lee, L.-H., Qu, H., & Xu, X. (2025). Towards enhanced learning through presence: A systematic review of presence in virtual reality across tasks and disciplines. Preprint. <https://arxiv.org/abs/2504.13845>
- Yeo, J. Y., Kim, H., & Park, S. (2024). Designing a VR-based nursing education program: A multidisciplinary approach. *Journal of Medical Internet Research Medical Education*, 10(1), e53106. <https://doi.org/10.2196/53106>
- Yu, H. (2025). Enhancing college students' creativity through virtual reality. *Humanities and Social Sciences Communications*. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-05044-y>
- Zamora Arana, M. G., Bernal Párraga, A. P., Ruiz Cires, O. A., Cholango Tenemaza, E. G., & Santana Mero, A. P. (2024). Impulsando el Aprendizaje en el Aula: El Rol de las Aplicaciones de Aprendizaje Adaptativo Impulsadas por Inteligencia Artificial en la Educación Básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 4301-4318. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11645

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.